

# « El manejo de energía natural »



LUZ NATURAL • SOMBREADO • VENTILACIÓN • CALIDAD DEL AIRE • ENFRIAMIENTO

# INDICE

## Soluciones comprobadas y eficaces para construcciones exigentes .. 3

### 1. Construcción confortable: ciertos conceptos esenciales..... 4

¿Qué es el confort? .....	4
¿Cuales son los objetivos elementales del confort visual y térmico? .....	4
¿Qué papel juegan las paredes? .....	4
El confort: ¿a partir de qué temperatura y de qué flujo de luz? .....	4
¿Cómo controlar la homogeneidad de la temperatura? .....	4
¿Por qué la humedad relativa afecta significativamente el confort? .....	4
¿Cuál es el propósito de la renovación del aire? .....	4
¿Cuál es la temperatura operativa? .....	4

### 2. Las palancas del manejo natural del confort ..... 6

El ojo, testigo fiel del confort visual .....	6
El cuerpo, en contacto directo con el aire ambiental .....	6
La vestimenta, naturalmente tomándose en cuenta dentro de las calculaciones .....	6
La regulación, instrumento indispensable de los sistemas .....	6

### 3. Redescubrir el suministro de energía libre ..... 8

La luz .....	8
¿Construcción bioclimática! .....	8
Laterales o cenitales: ¿cuales son las soluciones para la iluminación natural? .....	8
Optimizar la superficie acristalada sobre paredes opacas .....	9
Componer con tres reglas de base .....	9
Diversa gama de herramientas para concebir el diseño .....	9
Controlar los aportes luminosos .....	10
Alumbrar naturalmente: ¿Cuál es el beneficio? .....	10
El aire .....	12
Una necesidad permanente de renovación de aire .....	12
¿Cuáles técnicas están disponibles para ventilar naturalmente? .....	13
Lo que está en juego con las preocupaciones medioambientales .....	14
Una flexibilidad y precauciones imperativas .....	15

### 4. Regulación, pilotaje, monitorización: una gama extensa de soluciones para aprovechar plenamente de los materiales ..... 16

Las soluciones posibles .....	16
La detección de presencia .....	16
Las sondas de temperatura, de humedad y de CO2 .....	16
Las administraciones de función .....	16
Para la ventilación natural .....	16
Para la iluminación natural .....	16
Para las fachadas y las cortinas .....	16
Las soluciones de gestión técnicas del edificio .....	16
Soluciones en nueva construcción o en renovación .....	16
Las aplicaciones de edificios llamados "clásicos" .....	16
¿Como seguir el rendimiento de sus instalaciones de gestión técnica? .....	17

### Para más información ..... 18

Reglamentación .....	18
Normativas .....	18
Obras .....	18
Sitios web .....	18

# Soluciones comprobadas y eficaces para construcciones exigentes



**Philippe Fritzinger**

Director general  
de Adexsi

**M**ientras persistan las preocupaciones energéticas dentro del edificio, el discurso se vuelve más global y sistémico. La razón a comprender es sencilla: las obras son concebidas y construidas para recibir ocupantes.

El confort, la productividad y la calidad de vida es lo que mantiene esencialmente a los ambientes creados, donde los criterios de calidad de vida están clasificados como temperatura, luz y aire interior. El reto es aportar soluciones naturales, sostenibles, robustas y versátiles que sean económicas y fáciles de unir, tanto a la inversión como a la operación.

Mientras se actualiza la futura Regulación Ambiental 2020 (RE 2020), las autoridades públicas y todos los interpretes de la construcción—industriales, propietarios, maestro de obra, organizaciones profesionales de constructores e instaladores—trabajan en base al sistema de referencia de prefiguración, “Energía positiva y reducción de carbono,” conocida con el acrónimo “E+C-”.

Este experimento de iniciativa voluntaria es apoyado por el “Ministerio de Transición Ecológica y Solidaria” en Francia el cual quiere promover la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases y efecto invernadero en el ciclo de vida de la estructura (50 años) y animar el despliegue de energía renovable.

¿Están las soluciones naturales dentro del alcance de este experimento? Sí, porque cumplen con los principios de ahorro energético en edificios y eficiencia de los sistemas en cuanto a su flexibilidad y capacidad de los ciclos y eventos naturales. Este es el caso del suministro de energía libre—mediante una orientación solar directa o una doble fachada que desempeña el papel de “escudo térmico” y garantiza el precalentamiento del aire—así como para el uso de soluciones de ventilación natural, conocida desde la antigüedad y adaptada a las exigencias contemporáneas bajo los nombres de “free cooling” o enfriamiento gratuito, enfriamiento nocturno, y enfriamiento adiabático. La guía destaca la importancia de adaptar la regulación, el control y el comando en estos dispositivos.

¿Cuál es el interés de estas alternativas de manejo de luz natural y ventilación frente a las soluciones hiper-técnicas propuestas de forma clásica a los constructores? Básicamente, ofrecen la posibilidad de apropiarse intuitivamente del funcionamiento de los principales órganos técnicos de una construcción a la vez que se mejora el bienestar de los ocupantes. Sobre todo, satisfacen la demanda fundamental de la RT 2012: un diseño bioclimático, la reducción del consumo de energía y el control para una temperatura de confort veraniega en el interior.

De ahora en adelante, estas soluciones generalmente tendrán menores costos de inversión, instalación y operación, ya que el medio ambiente y la economía se han convertido en dos conceptos complementarios. Estos son argumentos para alcanzar los objetivos de desempeño que las empresas y sus gerentes están buscando.

# 1 CONSTRUCCIÓN CONFORTABLE: CIERTOS CONCEPTOS ESENCIALES

## ¿Qué es el confort?

Es el equilibrio entre los seres humanos y la atmósfera (visual, térmica, aerúlica y acústica), en espacios ocupados. Esto requiere controlar seis factores: luz (Figura 1.1), temperatura, humedad, movimiento del aire, resplandor o brillo y actividad física.



Figura 1.1 - La luz, uno de los factores importantes del confort.

## ¿Cuales son los objetivos elementales del confort visual y térmico?

La iluminación tiene como objetivo aprehender el espacio interior, lo que significa mantener un nivel de iluminación adaptado a las necesidades de los ocupantes, evitar el deslumbramiento y ayudar a reconocer el entorno (volúmenes, formas, tintes ...).

La apropiación del espacio se debe en gran medida a las diversas propiedades de la iluminación natural. En términos de salud, es reconocido por su acción fisiológica positiva: regulación del reloj biológico (en vela, sueño, despertar...), seguridad en la ejecución de tareas, mejoramiento de la concentración y el aprendizaje, y mejoramiento de las cualidades estéticas de los locales.

Técnicamente, la luz natural puede beneficiarse de entradas externas que evitan el uso de luz artificial, reduciendo así el consumo de energía de los edificios.

La consideración ambiental de los edificios sintetiza estos beneficios.

En cuanto al confort térmico, su objetivo es mantener la termorregulación, el calor interno del cuerpo a 36,7°C, la temperatura de la superficie de la piel de 33 a 34°C y garantizar la calidad del aire interior por su renovación para evacuar la humedad y los contaminantes (dióxido de carbono, olores, compuestos orgánicos volátiles [COV] ...).

## ¿Qué papel juegan las paredes?

Las paredes, la carpintería exterior y el techo forman la envoltura de protección contra los elementos naturales: calor, frío, viento, lluvia. Pero esta función puede verse frustrada por los efectos de la pared fría en invierno, el sobrecalentamiento (en cualquier estación, dependiendo de la exposición), la acumulación de calor con el cambio de fase nocturna en verano, la humedad ...

## El confort: ¿a partir de qué temperatura y de qué flujo de luz?

En invierno, la temperatura de calefacción se fija en 19°C mediante los textos reglamentarios (artículos R. 241-25 a R. 241-29 del Código de Energía). En verano, las molestias comienzan a 26°C durante cinco días consecutivos. Este umbral de temperatura el interior de confort (TIC) está incluido en la RT 2012 (Artículos R. 131-29 y R. 131-30 del Código de Construcción y Vivienda).

El flujo luminoso mínimo debe ser del orden de 200 lux. Sin embargo, se recomienda alcanzar los 300 lux durante el 50% del tiempo y el 90% de las superficies.

## ¿Cómo controlar la homogeneidad de la temperatura?

Para cumplir con los requisitos fisiológicos, la estratificación horizontal de la temperatura debe ser inferior a 1°C/m, y tener un máximo de 3°C entre el suelo y el techo (a 2,5 m). El efecto de la pared fría, o la estratificación vertical, se siente tan pronto como la diferencia entre la temperatura de la superficie de las paredes y el aire ambiente alcanza y supera los 5°C, y tan pronto como la diferencia entre la temperatura de la superficie de las paredes acristaladas y el aire ambiente alcanza o supera los 10°C. La molestia se produce físicamente, desde el escalofrío hasta el estornudo.

## ¿Por qué la humedad relativa afecta significativamente el confort?

Los ambientes deben mantenerse en un rango estrecho: 40 a 60% de humedad relativa, o incluso 30 a 70% de HR (Figura 1.2):

- Una frecuencia baja, menos del 30%, provoca un aire seco, con un aumento de polvo, molestias respiratorias ...
- Una tasa alta, más del 70%, degrada la calidad de la atmósfera: crecimiento microbiano, desarrollo de hongos, insectos, interacciones químicas ...

## ¿Cuál es el propósito de la renovación del aire?

La ventilación tiene tres objetivos:

- Mantener el marco eliminando la humedad para evitar la degradación de los materiales por condensación y el desarrollo de moho;
- Garantizar la calidad del aire interior (CAI) suficiente para la salud de los ocupantes: al respirar y transpirar, una persona produce al menos 50g de agua por hora ... Además de las actividades diarias: cocinar, higiene (baños, duchas, lavandería...);
- Mejorar la calidad del aire interior: los espacios interiores están más contaminados que el aire exterior porque el CO2 producido por los residentes es la primera fuente de contaminación del aire interior ...

Para mantenerse cómodo, el «barrido» de ventilación de la habitación debe ser de 0,2m/s. La incomodidad asociada con velocidades más altas es real en condiciones invernales, especialmente durante los períodos de calentamiento con temperaturas inferiores a 25°C.

Esto o aplica para temperaturas más altas. En este caso, al facilitar la evapotranspiración y eliminar el «humedecimiento de la piel», las velocidades de aire más altas en la piel mejoran la comodidad: este es el llamado efecto «brisa de verano».

Por ejemplo, si la velocidad del aire es igual a 1m/s, la temperatura entonces se sentirá igual a la temperatura ambiente menos -4°C. Los ocupantes pueden, sin embargo, aceptar variaciones estacionales y adaptación fisiológica.

## ¿Cuál es la temperatura operativa?

Para estimar la temperatura ambiente, es necesario calcular una temperatura denominada «resultante seca» o «operativa». Tiene en cuenta la temperatura del aire y la de la radiación o brillo de todas las paredes. Su fórmula simplificada es: Temperatura de funcionamiento = (temperatura del aire + temperatura de la pared) / 2

$$to = \frac{(ta + t_{mr})}{2}$$

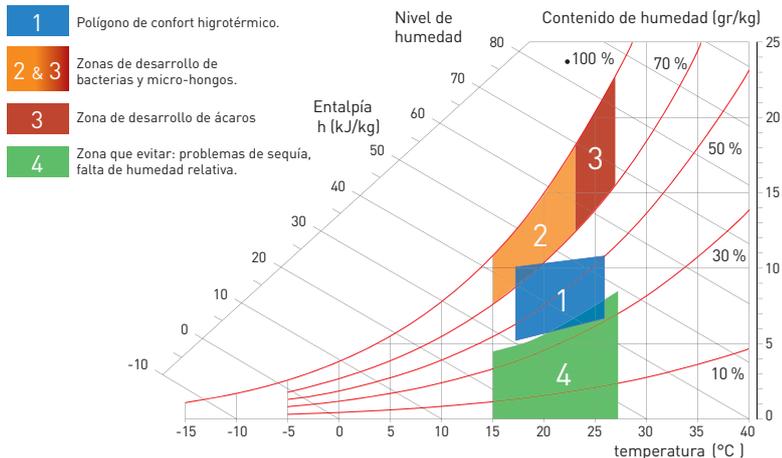


Figura 1. 2 - Relación entre la temperatura ambiental y la humedad para identificar la zona de confort.

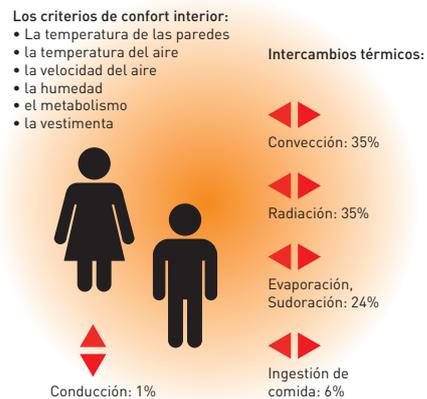
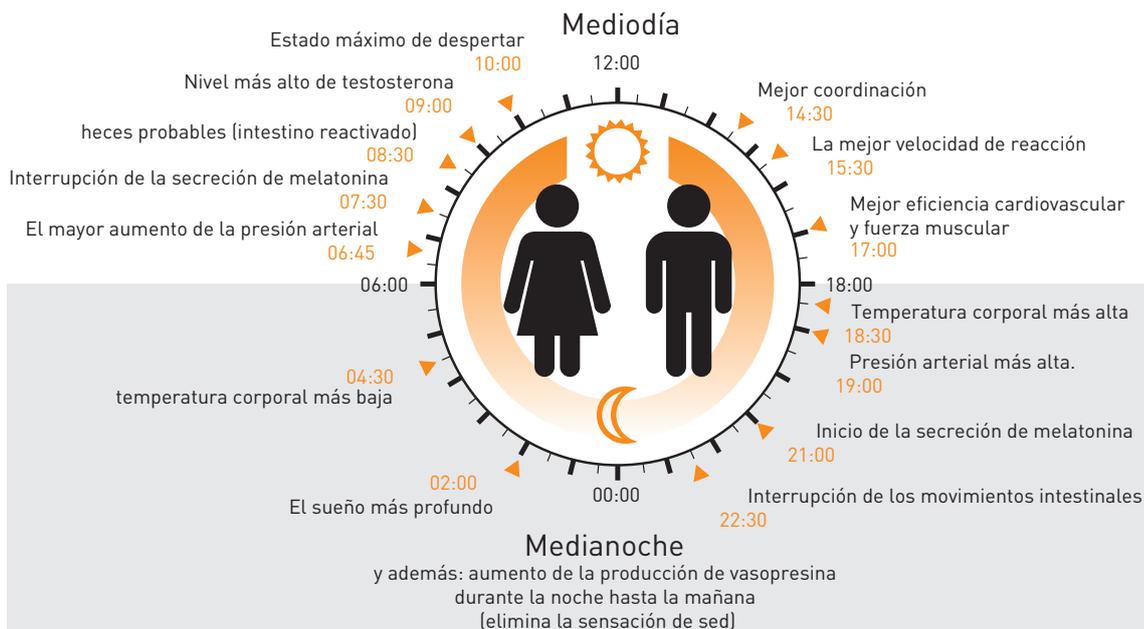


Figura 2.2 - Los ocupantes y su ambiente interior



### El ritmo circadiano: la exposición a la luz natural permite respetar los ritmos biológicos

Destacado a finales de la década de 1970, el ritmo circadiano define el ritmo fisiológico y biológico de los organismos vivos—plantas y animales—durante 24 horas. Se caracteriza principalmente por la alternancia entre el sueño y la vigilia, y durante los períodos de despertar, distingue los períodos de puntos máximos, niveles medios y huecos. Esto permitió destacar las variaciones de vigilancia.

La investigación ha puesto de relieve el impacto del medio ambiente en este ciclo, incluidas las variaciones de luz. La luz natural juega un papel importante de referencia, y la luz artificial, debido a la diferencia en las longitudes de onda emitidas con respecto a la sensibilidad del ojo humano, ahora se reconoce como disruptiva. Por lo tanto, el tono azul de los LED interrumpiría la producción de melatonina, la llamada hormona del sueño, y afectaría el sueño natural.

Esta teoría ha avanzado estudios adicionales sobre las diferencias de horarios y los efectos profundos en la salud: se extienden desde el estrés hasta la depresión estacional y pueden explicar una predisposición a las enfermedades cardiovasculares.

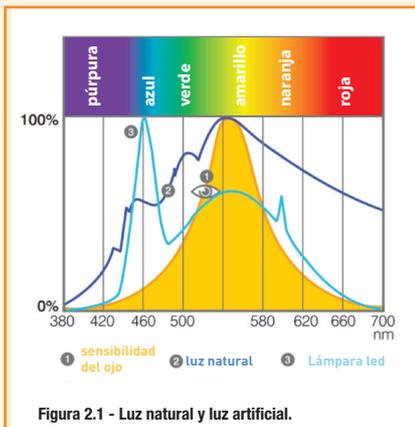
# 2 LAS PALANCAS DEL MANEJO NATURAL DEL CONFORT

## El ojo, testigo fiel del confort visual

Nuestros ojos perciben colores que van del violeta al rojo, es decir, aquellos con valores de longitud de onda de 400 a 700 nm. El «punto máximo» de la visión se encuentra en el verde-amarillo, alrededor de 550 nm.

La luz natural sigue una curva de distribución de tintes emitidos muy cerca de la del ojo, con un punto máximo de luz que cruza el de la sensibilidad máxima del ojo sea una adaptación total (Figura 2.1).

Por otro lado, las luces emitidas por las fuentes artificiales divergen totalmente: las viejas lámparas incandescentes emitieron longitudes de onda fuertemente en las anaranjadas y las rojas, y las actuales lámparas LED frías llamadas "cool white" emiten, en



azules ( $\pm 450$  nm). La reducción de la exposición a estas fuentes limita los efectos sobre el comportamiento: fatiga ocular, estados melancólicos ...

## El cuerpo, en contacto directo con el aire ambiental

Más de la mitad de las pérdidas de calor del cuerpo humano se deben a la convección con el aire ambiente. Para casi el 35%, esta transferencia se realiza por radiación de la superficie de la piel, evaporación y sudoración (Figura 2.2) ...

En trabajos ligeros, la temperatura máxima de confort se centra en  $20-22^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ; sedentarios y sin actividad, la temperatura máxima de confort es de  $26^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ; al dormir, esta temperatura de confort es de  $18^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  ...

Para controlar el tema del «metabolismo térmico» (Mth), los termistas se refieren a varias situaciones. Por lo tanto, el nivel estándar se fija en la posición

sedentaria, en reposo: la «potencia térmica» del cuerpo se evalúa en  $58.2 \text{ W/m}^2$  de piel, o 1 met, unidad específica relacionada con el metabolismo.

**Tomar en cuenta:** un individuo de 1,70 m y 70 kg tiene un área de piel de aproximadamente  $1,8 \text{ m}^2$  (o aproximadamente 100 W) por 1 met.

En reposo y al acostarse, el cuerpo emite aproximadamente  $45 \text{ W/m}^2$ ; sedentarios y en actividad ligera, alcanzamos  $70 \text{ W/m}^2$ ; de pie y en actividad ligera, esta potencia térmica aumenta a  $95 \text{ W/m}^2$ ; de pie y en una actividad más intensa, por ejemplo en una máquina, la emisión del cuerpo es de  $115 \text{ W/m}^2$ ; de pie y en actividad sostenida, esta potencia se estima en  $175 \text{ W/m}^2$ , o 3 met. ¿Otro ejemplo? En un club nocturno, el poder térmico de una persona que se mueve bailando un baile «moderado» sería de  $250$  a  $265 \text{ W/m}^2$  ...

## La vestimenta, naturalmente tomándose en cuenta dentro de las calculaciones

En locales residenciales o laborales, los ocupantes se adaptan a los ambientes con vestimenta apropiada a las actividades. Debe recordarse que la ropa crea una resistencia térmica entre la piel y el ambiente.

Los termistas calibraron los niveles de la ropa de acuerdo con la unidad «clo» (1 clo equivale a una resistencia térmica de superficie de  $0.155 \text{ m}^2\text{C/W}$ ) (Tabla 2.1).

- 1 clo corresponde al interior de invierno, con pantalón, camisa y suéter;
- 1.5 clo se otorga a un atuendo tradicional de la ciudad;
- por el contrario, 0.7 clo caracteriza el atuendo de trabajo ligero; 0.5 clo, el traje de verano; 0.3 clo, un traje de verano para la relajación - shorts y blusa ... -; 0.1 clo, vistiéndose en shorts; y 0 clo, para un cuerpo desnudo.

## La regulación, instrumento indispensable de los sistemas

La comodidad está en la encrucijada de tres cuestiones: El cuerpo y su fisiología, comportamientos (actividades, vestimenta ...) y las técnicas utilizadas (calefacción, ventilación, iluminación ...).

La satisfacción de los ocupantes de un edificio supone «darles la mano» en los diferentes sistemas: Calefacción, ventilación, iluminación, ventilación a través de ventanas ...

Los experimentos señalan una apreciación muy diferente de un ocupante a otro, un concepto muy claramente expresado en la norma internacional EN ISO 7730 sobre la evaluación de la sensación térmica.

Esta norma propone dos índices de satisfacción:

- el PMV, para «Predicted Mean Vote» u opinión promedio de un grupo sobre una situación de comodidad;
- el PPD, para «Predicted Percentage Dissatisfied» o porcentaje predicho de ocupantes insatisfechos.

La práctica indica que con un PMV igual a cero, hay un 4% insatisfechos (PPD) ...

Instrumentos de control: válvulas de radiador, gestión descentralizada conectada a sondas de medición ... -deben ser reactivos, o incluso capaces de anticipar eventos climáticos: evolución a las 24 o 48 horas (para precalentar edificios en invierno, «terminar» en verano ...), fachadas de luz solar para animar la protección solar, variación rápida de la temperatura, higrimetría, luminosidad y viento en caso de tormenta.

Para ser eficaces, estos equipos deben ser comprendido por los ocupantes para que puedan utilizarlos.

Tabla 2.1: Metabolismo energético para diferentes tipos de actividad [extracto de la norma ISO 7730: 2005] de energía

Activity	Energetic metabolism	
	W/m <sup>2</sup>	met
Descanso, acostarse	46	0,8
Descanso, sentado	58	1,0
Actividad sedentaria [oficina, hogar, escuela, laboratorio]	70	1,2
Actividad ligera, de pie [compras, laboratorio, industria ligera]	93	1,6
Actividad media, de pie [vendedor, trabajo domestico, trabajo a maquina]	116	2,0
Caminar a pie:		
- 2 km/h	110	1,9
- 3 km/h	140	2,4
- 4 km/h	165	2,8
- 5 km/h	200	3,4

En la norma NF EN ISO 8996 se proporciona información adicional sobre el metabolismo energético. Cabe señalar que las personas mayores pueden tener una actividad media más baja que las personas más jóvenes.

## Testimonio

### Involucrar a los usuarios en la construcción

«La luz natural y la ventilación contribuyen a la comodidad de la vida tanto terciaria como residencial. La luz natural se busca y se considera agradable, energizante y es asociada con toda terminología positiva. Las dificultades surgen en el verano con los aportes solares, los efectos del sobrecalentamiento, especialmente en locales bien aislados. La protección solar y la manipulación de las aberturas es esencial, pero no siempre posible.

En las regiones del sur de Francia, estos comportamientos de protección diurna y ventilación nocturna se adquieren culturalmente; en las regiones del norte, es distinto. Puede haber restricciones de ruido o seguridad que no permiten abrir las ventanas, especialmente para la ventilación nocturna.

Muy claramente, la ventilación, en el sentido de la aireación, siempre se ha practicado en los edificios. Las dificultades radican en la conciencia técnica de los circuitos de ventilación. Concretamente, en los últimos años, sin duda hemos logrado mucho en términos de la ventilación. Esta función se ha vinculado fuertemente a la optimización energética de los edificios. Este «sueño de ingeniería» ha causado problemas en términos de uso: cierre de ventilaciones, defectos de mantenimiento de filtros...

Probablemente sea mejor utilizar soluciones de ventilación natural más simples que tomen en cuenta la acción del usuario para renovar el aire o refrescar el ambiente interior.

En este respecto, la automatización es otra cuestión importante en las funciones de iluminación y ventilación en los edificios. La automatización, según la presencia o la contaminación del interior, puede parecer facilitar la vida. ¡En realidad, esto a veces no tiene sentido! Se tiene que dejar algo de control a los ocupantes para evitar dificultades con estas herramientas técnicas. Al mismo tiempo, no se puede esperar que los usuarios estén dedicados «en tiempo completo» en la administración de los edificios: ¡tienen otras cosas que hacer!

Estos hiatos sostienen la promoción de la tecnología o la regulación. Más bien deberíamos estar escuchando a los residentes u ocupantes. Este enfoque se inició con los «folletos de bienvenida», pero no son suficientes para guiar. Hoy en día, los propietarios sociales, los desarrolladores de locales terciarios o residenciales, los sindicatos de condominios y los arquitectos van más allá y optan por una «construcción participativa»: escuchamos las necesidades de los usuarios, luego los diseñadores caminan con ellos. Claramente, en lugar de explicar el funcionamiento de los proyectos de equipos posteriores, los profesionales conservan las opciones técnicas basándose en las necesidades con el objetivo de que los ocupantes se apropien de los recursos disponibles. Es un movimiento inteligente, pero tomará una generación a implementarlo de todos modos.»

**Gaëtan Briseperrière,**

Sociólogo especializado en transición energética, hábitat y medio ambiente.

## Etiquetas medioambientales muy exigentes

La mayoría de las etiquetas ambientales para edificios de alto rendimiento enfatizan el uso de la luz natural mediante el uso de indicadores específicos.

Así:

- La etiqueta **BREEAM** establece el indicador «Hea 01 Visual comfort» como un factor de luz del día. Se requieren dos criterios: la iluminación promedio en luz diurna y la iluminación mínima en un punto en luz diurna. La FLJ se conserva generalmente del 1,8% al 80% de la superficie, la autonomía anual de iluminación natural de 2650 horas a 200 lux, uniformidad de iluminación con respecto a la profundidad de la habitación. Esta etiqueta ofrece tres tipos de autonomía de iluminación: «iluminación natural», «iluminación natural ejemplar» e «iluminación natural internacional».

- La etiqueta **LEED** establece el indicador «IEQ credit 8.1» para la simulación del cálculo de iluminación. Requiere niveles de iluminación de 270 lux a 5,400 lux, a las 9:00 am y 3:00 pm, en un día de cielo despejado en el equinoccio. El logro de esta condición para el 75% de la superficie ocupada confiere 1 punto, 2 puntos para el 90%.

- El referencial de la etiqueta **HQE** publicado en 2016 establece dos objetivos: el primero es el factor de la luz del día (FLJ) entre 0.7 y 2% sobre 80 a 90% de las superficies, y dependiendo del nivel de desempeño ambiental que se este buscando; el segundo es la autonomía de la luz del día: la proporción diaria de iluminación de la luz del día sobre el 80% de una superficie de referencia debe ser al menos igual al nivel recomendado para la actividad realizada según la norma EN 12464-1

- El **WELL Building Standard**, o el estándar de construcción WELL, define siete factores para el bienestar de los empleados, incluida la luz. Su sistema de referencia tiene como objetivo reducir la interrupción del ritmo circadiano del cuerpo. Los requisitos se relacionan con el amplio conocimiento adquirido en los últimos años sobre los impactos de la luz al cuerpo: diseño de iluminación, rendimiento del acristalamiento, teniendo en cuenta los colores del interior, la distribución y control de la iluminación artificial y natural para mejorar el estado de ánimo y la productividad de los ocupantes ...

- Las etiquetas de la asociación **Effinergie** (BBC, Bepos y Bepos+) se basan en las regulaciones de la RT 2012 y están reforzadas por las normas de la norma E+C- que prefiguran la futura regulación ambiental, RE 2020. Esta será la transposición en la legislación nacional de la directiva europea sobre el rendimiento energético de los edificios (directiva 2018/844 de 30 de mayo de 2018). Si bien estos textos dan protagonismo a la ventilación mecánica, vale la pena mencionar los requisitos reforzados que tienen un impacto directo en la ventilación y el consumo de iluminación:

- En una casa unifamiliar, un Bbio max reducido en un 20% (0,8 coef) y un Cep max -20%;
- En viviendas colectivas, una modulación del Bbio max de un coeficiente de 0.6 a 0.8 según la compacidad de la estructura, y un Cep max -20%;
- En terciario, un Bbio max -20% y un Cep max -40%.

En residencial, el control de ventilación se lleva a cabo de acuerdo con las normas de Promovent y se acompañan de verificaciones funcionales.

En terciaria, conservamos un control visual, verificaciones funcionales y una medida de la hermeticidad de las redes.

# 3 REDESCUBRIR EL SUMINISTRO DE ENERGÍA LIBRE

Con el inicio regular de las regulaciones térmicas, las contribuciones de energía libre en los edificios han retomado sus marcas junto con los sistemas de envoltura y equipaje.

**¿Qué cubren los términos de las contribuciones de energía libre? Se trata de las cargas externas e internas de las construcciones. Ya tomados en cuenta en las calculaciones, sus impactos, por otro lado, han aumentado considerablemente con el refuerzo de las reglas de aislamiento y estanqueidad de las paredes.**

**Dos medidas de la RT 2012 imponen para especificar la calculación.**

**El primero: el requisito de acceso a la iluminación natural para utilizar un área de ventana de la bahía mínima de 1 m<sup>2</sup> para 6 m<sup>2</sup> de espacio habitable; el segundo: limitar el consumo de energía de los cinco usos principales, incluida la iluminación y la ventilación, a 50 kWh / m<sup>2</sup> / año.**

Aplicable desde hace cinco años, este reglamento ha allanado el camino para el bioclimatismo.

De hecho, los diseñadores toman en consideración los elementos típicos de las construcciones tradicionales vernáculas: orientación, forma, impacto de edificios vecinos, condiciones externas (clima, vegetación y relieve), características de los materiales utilizados, dimensiones y ubicación de la carpintería, tipos de ocupación (número de personas, actividades, vida cotidiana) ...

Por lo tanto, el equilibrio térmico puede ser refinado de todas las cargas externas: el suministro de calor por radiación solar por las paredes, el techo o el techo y el suelo; por radiación solar sobre acristalamiento; por la renovación del aire y las infiltraciones.

Las herramientas de calculación también toman en cuenta las cargas internas, como la entrada de calor de los ocupantes y la iluminación artificial.

## LA LUZ

### ¡Construcción bioclimática!

«La arquitectura bioclimática es la que optimiza el funcionamiento del edificio sobre los recursos (o molestias) que ofrece su entorno externo (temperatura, sol, luz, aire ...). Este extracto de la guía de biotecnología «Confort d'été passif», o "Confort de verano pasivo" producido por l'Arene Île-de-France y el ICEB, toman las bases para reflexionar. Los diseñadores buscarán aprovechar las fuentes naturales de energía—luz, calor, viento—para uso en calefacción, refrigeración, ventilación e iluminación natural. La aplicación de RT 2012 requiere tener en cuenta los datos climáticos, las características del edificio y los escenarios de uso para calcular el coeficiente bioclimático del edificio, llamado Bbio, un verdadero indicador de la calidad del diseño y la implementación del proyecto en cuanto a sus necesidades energéticas. Su fórmula agrega requisitos de calefacción (por un factor de 2), requisitos de enfriamiento ( $\times 2$ ) y requisitos de iluminación ( $\times 5$ ). El resultado, sin unidad, debe ser menor que el Bbio de referencia en el área geográfica del edificio.

### Laterales o cenitales: ¿cuales son las soluciones para la iluminación natural?

industriales o logísticos:

#### • Los ventanales y las fachadas

Los ventanales (ventanas o puertas-francesas) se elegirán con la máxima claridad de cristal para evitar obstruir el paso de la luz. Los diseñadores recurrirán a los tipos de acristalamiento disponibles: claro, tintado, reflectante; individual, doble o triple según los requisitos térmicos y la gestión de la entrada de calor directa.



Figura 3.3 - Las cubiertas permiten obtener volúmenes de almacenamiento intermedio que son provechosas en términos térmicos.

¿Cuál es su grosor y cuál será la implementación de la carpintería: en tabla o aplique?

¿Con qué forma de fuga (derecha, abierta)?

¿A qué altura del dintel? ... No hace falta decir que la elección de los ventanales también se estudia tomando en cuenta las paredes opacas –muros– en los que se instalan.

Las muchas fachadas ligeras disponibles en el mercado se ofrecen generalmente con argumentos técnicos cuantificados con respecto al potencial de iluminación natural.

#### • Las soluciones cenitales

Han existido durante mucho tiempo en muchas formas. Las mas simples y comunes son las ventanas del techo. Colocados en las enredaderas, son particularmente adecuadas para iluminar las habitaciones del ático. Los arquitectos y las oficinas de diseño también suelen usar tragaluces. Las fórmulas técnicas disponibles (reflector o difusores) redistribuyen la luz natural en longitudes de onda adaptadas a la vista y provechas en términos de confort general.



Figura 3.1a - Las cubiertas y los tragaluces son adecuados para grandes volúmenes: centros comerciales, sitios de almacenamiento ...

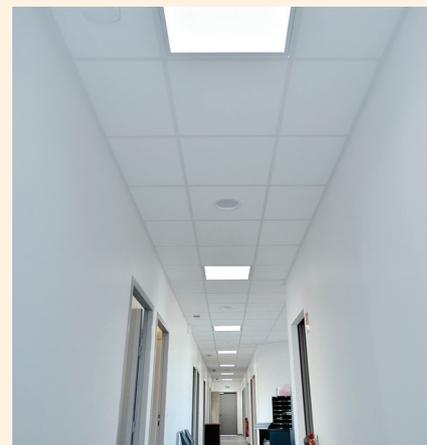


Figura 3.1b - Los modelos de tubos de luz son numerosos y están adaptados a diferentes situaciones.

En locales terciarios, logísticos, comerciales o industriales, los tragaluces de techo único o plano (Fig. 3.1a y Fig. 3.2) son soluciones técnicamente simples y estéticas. Las soluciones propuestas por los proveedores ahora incorporan problemas de deslumbramiento y aislamiento térmico. De la misma manera, gracias a importantes proyectos de renovación, como el Hôtel-Dieu en Lyon, las cubiertas (Fig. 3.3) conocen una renovación por su calidad de iluminación y protección contra los elementos. Recuerde que se encontraban en el origen del comercio moderno a mediados del siglo XIX, con su uso en los pasillos parisinos ...



Figura 3.2 Los tragaluces son un clásico del equipo industrial y terciario para techos

En cuanto a los cobertizos, equipos característicos de los edificios industriales, tienen como principal interés poder orientarse hacia el norte, para controlar totalmente el deslumbramiento, y recibir cualquier tipo de relleno.

#### Optimizar la superficie acristalada sobre paredes opacas

Si la regulación térmica requiere una relación mínima de 1 m<sup>2</sup> de pared acristalada por 6 m<sup>2</sup> habitables, el objetivo de aprovechar al máximo estas contribuciones luminosas deja una mayor creatividad para ofrecer un confort óptimo.

Una fórmula simple permite a los diseñadores desarrollar un enfoque satisfactorio: el factor de la luz diurna o FLD.

Determinada para un punto interior específico, sobre el plan de trabajo de una oficina, en el suelo ..., es la relación entre la iluminación natural recibida en la iluminación exterior por cielo cubierto:

$$FLD = \frac{E_{\text{interior}}}{E_{\text{exterior}}} \times 100\%$$

#### Componer con tres reglas de base

Calidad de transmisión de luz, uniformidad de iluminación, autonomía de iluminación natural ... estas solicitudes pueden satisfacerse respetando un enfoque simple y riguroso:

1. Alcance el umbral mínimo de 300 lux para el 50% de la ocupación y el 90% de la superficie.

Recomendado durante muchos años a nivel internacional, este nivel de autonomía de la luz natural está claramente indicado en la nueva norma EN 17 037 relativa a la «iluminación natural de edificios».

Para gestionar la variación de la luz según la ubicación, es posible usar bases de datos geográficas, por ejemplo, la información difundida por el sitio [www.satel-light.com](http://www.satel-light.com).

Sin embargo, recordemos que la luz disponible en el exterior varía según la situación geográfica.

Tendremos en cuenta el nivel de luz requerido de acuerdo con la actividad del edificio y su ubicación para determinar la superficie de iluminación necesaria y el tipo de relleno (vidrio, pantalla, policarbonato ...).

2. Unificar la iluminación natural con materiales.

Difundidos o transparentes, ayudan a homogeneizar la distribución de la luz en los edificios y a resolver situaciones de incomodidad clásica: deslumbramiento, sombras ... La protección solar puede asociarse con ella.

3. Calcular el área geométrica de luz, o AGL, porque esta relación se basa en el factor de luz del día relacionado con el factor de transmisión de luz del relleno (desde vidrio transparente hasta material opalescente), llamado «TV». Permite determinar la superficie de apertura, esencialmente en el techo. Su fórmula es:

$$AGL = \frac{2.3 \text{ FLD}}{TV}$$

#### Diversa gama de herramientas para concebir el diseño

Las herramientas de ayuda para los propietarios de edificios permiten optimizar, analizar y simular la orientación del edificio que se va a construir o equipar. Los diseñadores tienen a su disposición herramientas de ubicación geográfica, eventos de la historia del clima ... Es posible, entonces, pre-dimensionar los proyectos. La reciente «Guía para la luz natural cenital», producida por grupos de la industria en el grupo GIF Lumière (ver «Para más información»), presenta un enfoque con algunas herramientas (fórmulas de cálculo, tablas, ejemplos) que identifican opciones realistas.

## Testimonio

### Proporcionar un gran confort de trabajo

«Cuando trabajamos en estructuras nuevas o renovadas, como gimnasios, talleres de fábricas o almacenes, consideramos importante que el propietario esté al tanto del uso del depósito de luz natural. Para todos aquellos que trabajan allí, se trata de su comodidad visual. Con la experiencia, sabemos que va más allá: es una forma de devolver a los ocupantes el bienestar, la energía y tener en cuenta ciertas formas de fatiga en el trabajo.

En construcciones nuevas bajo RT 2012, para reducir el coeficiente bioclimático de Bbio, la iluminación natural tiene ventajas importantes: debe tenerse en cuenta que, en la fórmula de cálculo, el consumo de energía por iluminación artificial se ve afectado por un coeficiente de 5! El aumento de las superficies de apertura, en fachada o en techo, mejora el resultado en general.

Pusimos este tipo de iluminación en práctica con un fabricante francés, en un taller de soldadura manual de componentes electrónicos, que requiere mucha precisión. La iluminación natural ha sido objeto de un estudio esencial para evitar el deslumbramiento. Realmente proporciona una gran comodidad de trabajo a los operadores.

Nuestra protección contra estas soluciones es, ante todo, evitar el deslumbramiento a toda costa trabajando en la simulación; colaboramos con diseñadores de iluminación, y también hay herramientas de visualización gratuitas, y en segundo lugar, para tratar los riesgos térmicos, el sobrecalentamiento o la pérdida. Entre todas las soluciones disponibles, apreciamos particularmente los túneles verticales con una concentración de luz. Estos dispositivos tienen un interés tanto en términos de iluminación como de aislamiento térmico del edificio: nunca difunden la luz directa porque la concentración está asociada con una difusión y la columna de aire entre la emergencia externa del lugar y la salida interna garantiza una baja transmisión térmica.

Esta característica es para la comodidad del invierno, pero también para la comodidad del verano, ya que estos tubos de luz evitan el sobrecalentamiento.»

**Joséphine Ledoux,**  
ingeniera, cogerente de la oficina de estudios  
Enera Conseil

Las oficinas de diseño tienen muchos programas de software para tener en cuenta la forma y la altura de los edificios en cuestión.

Podemos citar :

- Heliodon, que realiza un diagrama solar y el cálculo de la luz solar directa por ubicación, fecha y hora;
- DL-Light y DL-Instant, extensiones de la herramienta Sketchup para evaluar la luz natural en estructuras y complejos urbanos;
- Relux, Dial + Radiance o Archiwizard para un enfoque profundo de los proyectos.

Como tal, el GIF Lumière realiza algunas reglas de ajuste para herramientas de visualización para reducir la brecha entre la simulación y la realidad después de la construcción:

Informar a las bases de datos de los factores de reflexión de las paredes, indicar con precisión las propiedades translúcidas o de difusión de las aberturas y realizar la simulación en un edificio vacío, es decir, sin muebles.

Las herramientas de simulación térmica dinámica (STD, por sus siglas en inglés), como Pleiades-Comfie, Design-builder, Virtual Environment ..., o las sombras en un ciclo anual que utilizan aplicaciones BIM 3D también son adecuadas para esta necesidad ...



Recordar: el dato más importante es el factor de luz natural promedio (LRF) en una superficie de referencia.

### Controlar los aportes luminosos

El rendimiento de la luz natural en los locales de trabajo o en las instalaciones residenciales se debe al control de variaciones que pueden afectar la comodidad de los ocupantes, principalmente el deslumbramiento y el sobrecalentamiento. El enfoque básico de los diseñadores se basa en la orientación de las construcciones y la simulación de las elecciones técnicas: tamaño y adaptación de las aberturas, elección de los empastes de vidrio para optimizar la transmisión de luz, factor solar (ventanas transparentes, con control solar, reflectivo).

Los contratistas deben completar la estructura con dispositivos de protección. Por esto, es necesario distinguir varios niveles de solución:

- Integración ambiental: la vegetación o el relieve se utilizan para proteger o iluminar fachadas según las estaciones;
- La animación arquitectónica de la fachada utilizando gorras, pantallas solares fijas horizontales o verticales, una malla exterior o techos y fachadas verdes; los edificios más gruesos pueden beneficiarse de patios, tragaluces o atrios ... Estas soluciones permiten expresar una fuerte parte am-

biental y romper la monotonía de las fachadas producidas por una lectura estricta de la regulación térmica;

- El equipo de carpintería que utiliza persianas con listones ajustables, persianas interiores o exteriores (a veces reflectantes), salientes, toldos, incluso persianas venecianas e interiores con empastes de doble acristalamiento; Las ventanas electrocromáticas, que aseguran el oscurecimiento por activación electrónica, también están comenzando a desarrollarse.

En el techo, cobertizos, tragaluces puntuales y de escorrentía, las ventanas del techo pueden equiparse con rellenos difusores, persianas de lona, verticales u horizontales ...

### Alumbrar naturalmente: ¿para qué benefició?

La iluminación natural tiene un impacto tanto humano como técnico y financiero:

- Al elegir iluminar las instalaciones con un recurso solar optimizado y controlado, los propietarios del edificio favorecen el respeto de las necesidades fisiológicas básicas de los ocupantes. La longitud de onda de la luz natural centrada en 550 nm respeta la visión; las fuentes de luz artificial (LED o fluorescente) generalmente se desplazan en el espectro visible, especialmente hacia el azul; estas luces ahora son reconocidas por interrumpir el ciclo de sueño-vigilia.

Finalmente, generalmente asociada con una visión del panorama externo, la iluminación natural contribuye al bienestar de los ocupantes al combinar efectos visuales, biológicos y emocionales. Las observaciones reportan una disminución en el ausentismo, una mejora en la concentración ...

- El aprovechamiento de las entradas luminosas y térmicas impacta las estaciones técnicas de calefacción e iluminación.

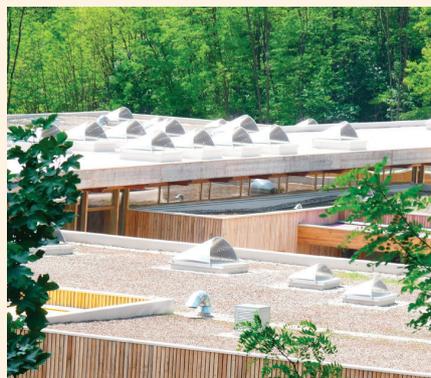


Figura 3.4 - Entradas de luz por tragaluz en el techo.

En un edificio comercial, los requisitos de iluminación varían de 7 a 40 W / m<sup>2</sup>, o incluso de 7 a 10 W / m<sup>2</sup>.

Tener en cuenta la luz natural reduce la necesidad de suministro de electricidad y, por lo tanto, limita la entrada de calor interno. También debe tenerse en cuenta que el decreto del 22 de marzo de 2017 sobre la regulación térmica de los edificios existentes requiere, para las nuevas instalaciones de iluminación en estructuras no residenciales:

- Gradación de iluminación artificial según la iluminación natural;
- Una potencia máxima de 1,6 W / m<sup>2</sup> de iluminación artificial y una iluminación promedio de 100 lux. Una oportunidad para complementar las necesidades con insumos naturales ...

- Por último, el impacto financiero de la iluminación natural se puede analizar desde diferentes ángulos: un aumento de la productividad, una reducción de los accidentes laborales, una mejora en la calidad de la producción, una reducción del consumo de energía para el medio ambiente para la iluminación y para la calefacción.

Además, el respeto de 300 lux de luz natural durante el 50% de la ocupación permite, desde el diseño, reducir el coeficiente de consumo de energía primaria (Cep) del 10 al 20%. Y si la ampliación de las superficies de los ventanales se traduce legalmente por un aumento de las pérdidas, concretamente, la iluminación natural y las contribuciones térmicas libres reducen las necesidades de energía del 20 al 60% ...

## La iluminación, 1ª estación de energía de un edificio de oficinas RT 2012

En el manual «Diseño de oficinas bioclimáticas», Cegibat cita las cifras proporcionadas por la oficina de diseño Effilios sobre el consumo de energía de los edificios existentes, nuevos y realizados bajo la RT 2012. En edificios antiguos, la iluminación representa el 18% del consumo; en un nuevo edificio, en lo que respecta a la reducción del consumo de equipos técnicos (calefacción, refrigeración ...) y el mantenimiento de la automatización de oficinas, la proporción de mitades de iluminación.

Sin embargo, en un edificio RT 2012, este artículo de consumo representa el 38% del consumo, contra el 14% para calefacción, el 21% para refrigeración y el 27% para auxiliares. Un nivel vinculado, según Cegibat, a «la duración de la operación, un elemento difícil de controlar y estimable, siempre que sea una función del comportamiento de los ocupantes».

## El vocabulario para entender la luz y las cantidades fotométricas.

1. El **flujo luminoso**: potencia luminosa emitida por una fuente. La unidad es el lumen (lm). Un **lumen** es el flujo de un radio de 555 nanómetros (nm) que corresponde a una energía de 1/683 W.

2. La **intensidad luminosa**: flujo luminoso de una fuente en una dirección dada. La unidad es la **candela** (cd).

3. **Iluminación**: flujo luminoso recibido por una superficie. La unidad es lux (lx). Un **lux** corresponde a 1 lumen sobre 1 m<sup>2</sup>.

4. La **luminancia**: la intensidad luminosa de una fuente en una dirección dada. La unidad es la **candela por metro cuadrado** (cd / m<sup>2</sup>).

5. La **reflexión**: cambio de dirección de la luz que llega a una superficie. Distinguimos

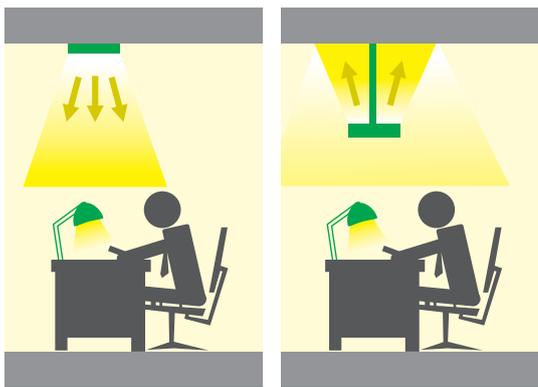
- La **reflexión especular**, donde la radiación se refleja en una superficie en un ángulo idéntico al rayo incidente;

- La **reflexión difusa** donde, en una superficie irregular, los rayos reflejados no son paralelos al rayo incidente.

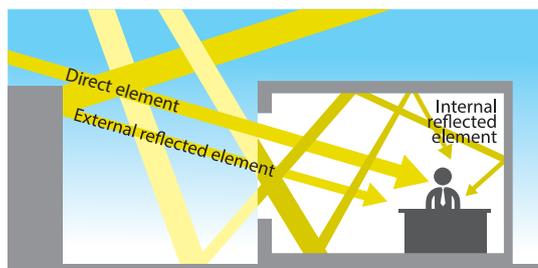
- El **factor o coeficiente de reflexión de la luz** de una superficie expresa la relación de la energía de la luz reflejada con respecto a la recibida. La unidad es **p** (rho).

6. La **transmisión de luz**: flujo luminoso que atraviesa un material. Se distingue la transmisión de luz direccional, de un ángulo igual al del rayo incidente, la transmisión difusa (o especular).

El **coeficiente de transmisión de luz** (TL) es la relación entre el flujo de luz transmitido y el flujo incidente. Su unidad es **τ** (tau).



Luz artificial: explota la luz directa e incidente



Luz natural: dominar el confort mediante la eliminación resplandor y sombras fuertes.

## Iluminando los locales: Requisitos regulatorios y normativos.

> La iluminación de las áreas de trabajo está especificada por la **circular ministerial del 11 de abril de 1984**, que especifica los Decretos Nos. 83-721 y 83-722 del 2 de agosto de 1983.

Esta circular requiere una **iluminación mínima por tipo de actividad**:

- **200 lux** para mecánica media, mecanografía, trabajo de oficina;
- **300 lux** para el trabajo de salas pequeñas, oficinas de dibujo, mecanografía;
- **400 lux** para mecánica fina, grabado, combinación de colores, dibujos difíciles, la industria de la confección;
- **600 lux** para mecánica de precisión, electrónica fina, varios controles;
- **800 lux** para tareas muy difíciles en industria o laboratorios.

> Más reciente, la norma **EN 12464-1 sobre iluminación e iluminación en el lugar de trabajo**, lanzada en 2006 y reformulada en 2011, permite definir la iluminación y su distribución en el área de trabajo de manera diferente. Se aplica a oficinas, talleres, colegios, hospitales y empresas.

1. Define **tres zonas de iluminación**:

- El área de trabajo: el plano del escritorio, el piso ... la superficie donde se realiza la tarea visual;
- El área circundante inmediata, una banda de 50 cm alrededor del área de trabajo; la luz se reducirá en un factor de 1.5 a 1.66;
- La zona inferior, es decir, una franja de 3 m alrededor del área circundante inmediata ... dentro de los límites del espacio (paredes, tabiques, muebles ...); La iluminación puede ser un tercio de la de la zona anterior.

2. Prescribe **niveles medios de iluminación según la actividad**:

- **200 lux** en el local del archivo;
- **300 lux** para locales comerciales, almacenes, instalaciones deportivas, áreas de recepción, oficinas (mostradores, archivo, etc.);
- **500 lux** en talleres de ensamblaje o mecanizado de precisión, en bibliotecas o salas de lectura, en cocinas, en salas de conferencias o escuelas, en oficinas donde se utiliza el teclado y la pantalla;
- **750 lux** en las oficinas de diseño industrial ...

3. Desarrolla **dos medidas contra el deslumbramiento**:

- La tasa de deslumbramiento unificada (**UGR**), controla el deslumbramiento de la combinación de múltiples luminarias. Esta tasa varía de 10, no deslumbrante, a 30, muy deslumbrante. La UGR está relacionada principalmente con el flujo luminoso, la superficie de iluminación y la distribución de la iluminación.
- El ángulo de **desplazamiento**, que es un ángulo máximo definido según la luminancia de la lámpara: 15 ° para aquellos <50 kca / m<sup>2</sup>, 20 ° para aquellos de 50 a <500 kca / m<sup>2</sup>, 30 ° para aquellos >500 kca / m<sup>2</sup>.

## La iluminación representa el 12% del consumo anual de electricidad

De los 475 TWh de energía eléctrica que se consumen anualmente en Francia, 56 TWh son absorbidos por la iluminación:

- la parte residencial es de 11 TWh;
- el de alumbrado público exterior es de 7 TWh;
- La iluminación pública interior (salud, educación, deporte, cultura y administración) representa 15 TWh;
- La iluminación interior privada (oficinas, cafés, hoteles, restaurantes, tiendas e industria) tiene un consumo de 23 TWh.

Fuente: RTE, Ademe, Lighting Union.

## EL AIRE

### Una necesidad permanente de renovación de aire

Todos los edificios deben estar ventilados. Los ambientes interiores desocupados experimentan naturalmente el desarrollo de microorganismos, una degradación de los materiales orgánicos y olorosos ...

Los volúmenes construidos y ocupados también acumulan el vapor liberado por el cuerpo humano (de 50 a casi 400 g / h según la actividad), el CO2 producido por la respiración, los compuestos orgánicos volátiles emitidos por los productos y las diferentes actividades: Muebles, impresoras, procesos industriales ... La renovación del aire contribuye a mantener un aire sano y agradable en estos entornos.

Dependiendo de su destino, las instalaciones están sujetas a diferentes regulaciones.

### > Decreto de 24 de marzo de 1982 modificada el 28 de octubre de 1983

Los constructores de viviendas individuales o colectivas se refieren al decreto del 24 de marzo de 1982 enmendado el 28 de octubre de 1983. Prescribe un desglose general y permanente (Tabla 3.1).

Otros locales (terciarios, industriales, comerciales, deportivos) cumplen con las normas de salud departamentales (RSDt) o el Código de Trabajo.

### > Normativa Departamental de Salud (RSDt) y Código del Trabajo

En habitaciones con contaminación no específica, se debe introducir un flujo de aire fresco mediante ventilación mecánica de acuerdo con el RSDt (Tabla 3.2).

El reglamento sanitario departamental estándar también impone:

- Un límite de concentración de CO2 de 1,000 ppm (con una tolerancia de hasta 1,300 ppm) en instalaciones para no fumadores;
- Una ventilación mínima fuera de la ocupación, sin alcanzar nunca la concentración máxima de CO2, también se puede modular o interrumpir;
- Interrupción de la ventilación después de la ocupación y después de la reducción de la contaminación por CO2.

En habitaciones con contaminación no específica, como oficinas y lugares de trabajo, la ventilación natural a través de ventanas u otras aberturas está autorizada por el Código de Trabajo (Artículo R 4222-5):

- Si el trabajo físico es ligero, el volumen por ocupante de la habitación debe ser igual o superior a 15 m<sup>3</sup>;
- De lo contrario, debe ser de 24 m<sup>3</sup>.

En cuanto a las salas de reuniones, entretenimiento, clubes, casas, ventas o restaurantes ..., el RSDt admite ventilación al introducir aire fresco a través de las aberturas externas (puertas y ventanas) sujetas a un volumen Mínimo de 6 m<sup>3</sup> por ocupante (Tabla 3.2).

En salas de contaminación específicas, los diseñadores determinan la tasa de ventilación según la naturaleza y la cantidad de contaminantes. Estos son sitios que pueden contener fuentes de microorganismos patógenos o emisiones dañinas, al menos molestas (olores ...), en forma gaseosa, aerosoles o líquidos. Sin embargo, para baños, duchas, inodoros y cocinas, el flujo de aire se especifica en la norma de salud departamental estándar (RSDt) (Tabla 3.4).

La ventilación natural a través de puertas y ventanas (Tabla 3.3) también está permitida bajo condiciones:

- un área de baño mínima de 5 m<sup>3</sup> por ocupante potencial;
- y, para locales comerciales:
  - no es necesario capturar contaminantes en el punto de producción-emisión (humos de soldadura, pintura ...), debido al riesgo de inversión del flujo de aire,
  - y que el caudal de aire extraído es inferior a 1 l / s / m<sup>3</sup> de espacio.

Las regulaciones están establecidas por los artículos R 4212-1 a R 4212-7 y R 4222-4 a R 4222-9 del Código del Trabajo.

Estos textos preguntan:

Tipo de alojamiento	Caudal mínimo total		Cocina		Sala de baño		WC	
	Sistema de flujo continuo	Sistema de modulación de tarifas y asesoramiento técnico.	Flujo mínimo	Flujo pico principal	primario	Otro cuarto de baño	Si unico	Si múltiple
T1	35	10	20	75	15	15	15	15
T2	60	10	30	90	15	15	15	15
T3	75	15	45	105	30	15	15	15
T4	90	20	45	120	30	15	30	15
T5	105	25	45	135	30	15	30	15
T6	120	30	45	135	30	15	30	15
T7	135	35	45	135	30	15	30	15

Tabla 3.1: Flujo mínimo de aire extraído (en m<sup>3</sup> / h) de las viviendas según el decreto del 24 de marzo de 1982, modificado el 28 de octubre de 1983

Destinación de los locales		Flujo de aire fresco en m <sup>3</sup> / h por ocupante
Espacio de enseñanza clases	salas de estudio, laboratorios (excluyendo aquellos con contaminación específica) guardería, escuela primaria y secundaria	15
	salas de estudio, laboratorios (excluyendo aquellos con contaminación específica) escuela secundaria y universidad	18
	Clases, salas de estudio, laboratorios (excluyendo aquellos con contaminación específica), talleres	18
Alojamiento: habitaciones colectivas (más de 3 personas), dormitorios, celdas, gimnasios		18
Oficinas y locales similares: áreas de recepción, bibliotecas, oficinas de correos, bancos		18
Salas de reuniones: salas de reuniones, entretenimiento, clubes, clubes, chimeneas		18
Locales gastronómicos: cafeterías, bares, restaurantes, comedores, comedores		22
Instalaciones deportivas	por deportista en una piscina	22
	por deportista en otros locales	25
	por el espectador	18
Locales con presencia episódica (almacenes, archivos, salas ...); Locales que no permiten ventilación por habitaciones adyacentes		0,1 l/s/m <sup>2</sup>

Tabla 3.2: El flujo de aire fresco se introducirá en salas de contaminación no específicas de acuerdo con la norma de salud departamental estándar

- Garantizar «la renovación del aire en todos los puntos del local»;
- No causar, en áreas de trabajo, molestias resultantes en particular de la velocidad, la temperatura y la humedad, el ruido y las vibraciones;
- No causar un aumento significativo en los niveles de ruido resultantes de las actividades planificadas en el local «.

Los caudales requeridos para la renovación de aire higiénico en oficinas y locales comerciales son:

- Oficinas, locales sin trabajo físico: 25 m<sup>3</sup> / h por ocupante;
- Locales de alimentos, locales de ventas, salas de reuniones: 30 m<sup>3</sup> / h por ocupante;
- Talleres y locales con trabajo físico ligero: 45 m<sup>3</sup> / h por ocupante;
- Otros talleres y locales: 60 m<sup>3</sup> / h por ocupante.

Para evacuar la carga de calor, la tasa de intercambio de aire debe ser mucho mayor: de 8 a 10 volúmenes por hora.

Por lo tanto, para una oficina de 20 m<sup>2</sup> y techo de 2,5 m de altura, o 50 m<sup>3</sup>, el tipo de cambio de aire será de 400 a 500 m<sup>3</sup> / h.

#### > Otra fuente

En espera de la evolución de los textos reglamentarios, el Iceb (Instituto para el Diseño Sostenible de Edificios o Institut pour la conception écoresponsable du bâti) recomienda, en su guía Bio-Tech titulada «Ventilación Natural y Mecánica», un cambio significativo en los flujos para la renovación del aire con fines higiénicos:

- En el clásico no residencial (oficinas, enseñanza): al

menos 30 m<sup>3</sup> / h.persona y 1 volumen / hora;

- Residencial: al menos 30 m<sup>3</sup> / h.persona y 0,5 volumen / hora.

#### ¿Cuáles técnicas están disponibles para ventilar naturalmente?

El uso de la ventilación natural tiene la ventaja de poder combinar equipos convencionales y soluciones técnicas que son baratas y no muy restrictivas en términos arquitectónicos.

#### > Equipo de paredes y techos

Estas soluciones ahora están ampliamente desarrolladas en catálogos de proveedores:

- Rejillas de fachada (algunas, a cualquier altura de la sala) y marcos de ventilación para ventilación cruzada, aprovechando la presión y el flujo ejercido por los vientos dominantes.
- Carpinterías equipadas con cajas de control de apertura proporcionadas,
- Chimeneas de ventilación que utilizan el principio de tiro térmico (algunos modelos pueden estar asociados con tubos de luz verticales),
- Bocas en carpintería, etc.,
- Tragaluces con control de apertura manual o automatizado ...

#### > Ventilación natural híbrida

También conocida como «ventilación natural asistida y controlada», la ventilación híbrida mezcla los principios de la ventilación natural, la extracción del aire de escape por convección, y la contribución técnica de la ventilación mecánica, el mantenimiento del flujo con la ayuda de un extractor

Su interés es técnico, energético y financiero:

- Los flujos de aire están asegurados mientras están parcialmente controlados;
- Se reducen los costos de instalación y operación;
- El equipo está limitado al extractor y su control, no hay una funda específica para instalar y se reduce el mantenimiento;
- El consumo de energía del equipo es bajo: alrededor de -30 a -35% en comparación con una ventilación mecánica de flujo simple ...

#### > Delaminación

El aire caliente sube, el aire frío baja ... Esta solución de tratamiento de aire de elaboración de maceración es bien conocida: Se utiliza para tratar grandes salas (aeropuertos, teatros, gimnasios ...).



Figura 3.5 - Los ventiladores dedicados a la delaminación se han demostrado en la industria y la logística.

Superficie del local en m <sup>2</sup> .	Área de apertura en m <sup>2</sup> .
10	1,25
50	3,6
100	6,2
150	8,7
200	10
300	15
400	20
500	23
600	27
700	30
800	34
900	38
1000	42

Tabla 3.3: Área de las aberturas según la superficie de la sala (a excepción de los locales de enseñanza) según la norma de salud departamental estándar

Tipo de habitación	Flujo	
Habitaciones para uso individual	Baño o duchas	15 m <sup>3</sup> /h/local
	Cuarto de baño compartido o aseo con inodoro de	15 m <sup>3</sup> /h/local
	Lavabo	15 m <sup>3</sup> /h
Salas colectivas	Lavabo	30 m <sup>3</sup> /h
	Baño o ducha aislados	45 m <sup>3</sup> /h
	Cuarto de baño compartido o ducha con inodoro	60 m <sup>3</sup> /h
	Baños, duchas y baños agrupados	(30 + 15 × N*) m <sup>3</sup> /h
	Lavabos de grupo	(10 + 5 × N*) m <sup>3</sup> /h
Cocina colectiva	Cuarto de lavado, secado y planchado de ropa	5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
	Despacho, relé	15 m <sup>3</sup> /h/repas
	<150 comidas servidas simultáneamente	25 m <sup>3</sup> /h/repas
	150 a 500 comidas servidas simultáneamente	20 m <sup>3</sup> /h/repas
	501 a 1,500 comidas servidas simultáneamente	15 m <sup>3</sup> /h/repas
> 1,500 comidas servidas simultáneamente	10 m <sup>3</sup> /h/repas	

Tabla 3.4: Flujo mínimo de aire fresco que debe introducirse para los inodoros, las cocinas colectivas y sus espacios libres de acuerdo con la norma de salud departamental estándar

\* N: número de equipos en la sala. © Bernard Reinteu

Consiste en practicar un soplado capaz de causar amplio movimiento de aire desde el techo hasta las paredes exteriores y luego hacia el piso. Esto da como efecto a homogeneizar la temperatura del aire ambiente y reducir los efectos de la pared fría, sin que los ocupantes dejen de sentir la corriente de aire. Para talleres y sitios industriales o logísticos, los proveedores ofrecen ventiladores de techo con diámetros muy grandes, ¡de 2 a 10 m! - y rotación lenta (fig. 3.5). Su eficacia está probada.

### > El pozo climático (canadiense o provenzal)

Este principio ancestral consiste en atemperar el aire exterior circulando en una vaina impermeable en el suelo. Esta red colocada entre 1 y 3 m de profundidad cierra la temperatura del aire fresco en comparación con la del aire exterior. En invierno, esta instalación permite elevar la temperatura del aire fresco unos cuantos grados y, en verano, reducirla con la misma cantidad. Este equipo requiere considerables trabajos de diseño, ingeniería civil y mantenimiento.

### > Ventilación adiabática o enfriamiento evaporativo

Utilizando equipos independientes o en combinación con una unidad de tratamiento de aire de flujo simple o doble, es una técnica muy útil tanto para la ventilación como para la refrigeración (Fig. 3.6). El principio consiste en humedecer los medios filtrantes colocados en la corriente de aire para alcanzar las temperaturas requeridas y la higrometría en el volumen.

Es necesario soplar continuamente aire fresco para controlar las temperaturas interiores en verano, controlar la humedad relativa (Fig. 3.7), entre 50 y 60%, y reducir los costos de energía del enfriamiento. Sus aplicaciones se extienden a muchos campos: industria, logística, áreas de ventas, locales terciarios, centros deportivos, escuelas, etc.



Figura 3.6: Los sistemas de ventilación adiabática proporcionan una ventilación permanente efectiva y una función de enfriamiento de costo general muy bajo.

### > Fachada ventilada, atrios y zonas de amortiguamiento

Estas soluciones arquitectónicas son espacios sin calefacción en contacto con el relleno del edificio o locales climatizados. La fachada ventilada permite recortar las temperaturas exteriores, en verano y en invierno, por el efecto del movimiento del aire en los volúmenes creados.

Los diseñadores distinguen:

- Espacios donde el aire fresco solo cruza este volumen, sin ingresar al espacio interior, esto siendo el caso de los áticos;
- Espacios donde el aire fresco introducido en el volumen total se absorbe en el espacio interior: fachadas ventiladas, verandas ...

Del mismo modo, debido a la diferencia de las contribuciones, es necesario distinguir los espacios:

- Solarizada, cuya envoltura está compuesta, en su totalidad o en parte, por bahías (fachadas dobles, ventanas dobles, verandas, atrios, invernaderos, jardines de invierno) y que, por lo tanto, se benefician de un doble suministro libre, por aire y por radiación solar. (Figura 3.8);
- No solarizadas porque están compuestas de paredes opacas (por ejemplo, áticos, garajes y aparcamientos, bodegas, circulaciones, salas técnicas ...) y usan las aportaciones libres por vía aérea.

Estas soluciones tienen un triple sentido:

- **Térmicas** porque corrigen los coeficientes de transmitancia térmica y lineal de las paredes de las habitaciones con calefacción y permiten reducir las pérdidas y prevenir los fenómenos de condensación en la superficie de las paredes (precursor del desarrollo de moldes);
- **Aerúlicas y térmicas**, ya que el aire se precalienta en invierno: de este modo, en las zonas climáticas del norte de Francia, el rendimiento en términos de usos libres es mayor que el de las zonas del sur debido a la mayor duración de el período de calentamiento - y es templado en verano ... siempre que la protección solar este presente, para no arriesgar el sobrecalentamiento;



Figura 3.8 - Las bahías serán elegidas por su máxima claridad de acristalamiento.

- Acústico, porque estos espacios reducen el nivel de ruido exterior en las habitaciones ocupadas.

### Lo que está en juego con las preocupaciones medioambientales

Un poco alejado de los reflejos de los diseñadores de edificios, y muy a menudo ignorados por los aplicadores, la ventilación natural, sin embargo, ha continuado desarrollándose.

Como se vio recientemente, la elección del arquitecto Renzo Piano para el diseño de la estructura de más de 200 m de largo y tres niveles de la futura École normale supérieure de Paris-Saclay (fig. 3.9): la losa del concreto de cada nivel es compuesta de cajas gruesas para proporcionar ventilación natural en salas de enseñanza, oficinas y en el atrio central.



Figura 3.9 - L'ENS de Paris-Saclay en construcción. En la fachada, las hojas regulan la ventilación natural de la mayor parte de esta estructura (Renzo Piano Arquitecto).

El propósito de este modo de ventilación es reducir el costo de energía de la ventilación y el tratamiento del aire, ya sea eliminando o reduciendo el consumo de energía relacionado con los equipos de la caja de ventilación, o optimizando el funcionamiento de la ventilación central de doble flujo con una unidad complementaria adiabática ... Estas soluciones permiten trabajar con altas temperaturas exteriores, e incluso con puertas y ventanas abiertas ...

En muchos casos, estas soluciones pueden evitar el uso de aire acondicionado, sistemas de expansión directa u otros, que tengan intereses energéticos y ambientales:

- Los equipos—carpinterías, ventiladores, cajas adiabáticas ...—son técnicamente fáciles de instalar, operar y mantener;

- Los coeficientes de rendimiento de los sistemas más avanzados, como el adiabático, pueden alcanzar niveles muy altos, generalmente por encima de 50 kW de enfriamiento por 1 kW absorbido, y hasta 100/1 cuando se agregan un sistema de ventilación existente;
- Los bajos requisitos de energía ayudan a controlar mejor el costo de suscripción y compra electricidad;
- Los flujos de aire se pueden controlar mediante controles y motores de velocidad variable;
- Los operadores se liberan de los problemas del gas refrigerante al elegir fluidos comunes: aire y, en soluciones adiabáticas, agua, a veces incluso agua de lluvia. El agua utilizada no está perdida ni contaminada por el principio natural de evaporación. Estas técnicas de ventilación también son adecuadas para mantener la calidad del aire interior. El control del intercambio de aire mediante el barrido de volúmenes tratados garantiza la eliminación de la contaminación «básica» (humedad, CO2) pero también de partículas, compuestos orgánicos volátiles ...

### Una flexibilidad y precauciones imperativas

¿Cómo calcular los sistemas de ventilación natural en sinergia con el relleno del edificio? Este tema anima a la comunidad de ingenieros desde hace casi 20 años. Ya en el 2003, el CSTB (Centro científico y técnico para la construcción o Centre scientifique et technique du bâtiment) produjo una guía técnica sobre «Sistemas de aire acondicionado de bajo consumo de energía» [CSTB Cahier n° 3454]. El capítulo «Soluciones técnicas» de la Guía de biotecnología «Ventilación natural y mecánica» de Arene IdF e ICEB (2016) reúne elementos de diseño técnico para edificios residenciales y terciarios. Recientemente, el programa PACTE—ex RAGE (Règle de l'art Grenelle de l'Environnement)—ha permitido revisar muchos temas para tener en cuenta los requisitos reglamentarios y la pericia ([www.programmepacte.fr/catalogue](http://www.programmepacte.fr/catalogue)) (ver detalles en la sección «Para más información»).

### > Diseño de edificios adaptados a la ventilación natural

Según la guía Bio-Tech de Arene IdF e ICEB (consulte «Para más información»), la ventilación natural está restringida:

- Por la geometría de las habitaciones
  - Para una ventilación mono-expuesta:
- > con una sola abertura en la fachada, la profundidad debe limitarse a 2 veces la altura del techo;

> con dos aberturas a diferentes alturas, la profundidad debe limitarse a 2,5 veces la altura del techo, con una diferencia de altura entre la entrada y la salida de 1,5 m;

(NB: Los autores de la Guía Bio-Tech «Ventilación Natural y Mecánica» proponen fórmulas de estimación de flujo).

- Para ventilación con orientaciones opuestas: con una abertura en una fachada y una abertura en otra fachada, la profundidad de la habitación debe ser menor o igual a 5 veces la altura del techo;
- Por la orientación de las fachadas y el potencial eólico;
- Por el entorno del edificio (rugosidad del terreno, efectos de máscara ...).

Para limitar las pérdidas térmicas, los diseñadores también toman en cuenta la operación en invierno.

### > Apreciar la inercia del edificio

Los efectos de la ventilación natural y la estrategia de control difieren según las características de inercia térmica de las paredes de las estructuras. Este comportamiento se evalúa de acuerdo con varios criterios: la temperatura externa e interna, la instrucción interna y las entradas internas y libres.

Una fuerte inercia, relacionada con el uso de materiales pesados y con un aislamiento térmico grueso, resulta en una regularidad de la temperatura interior con respecto a las variaciones durante el día o la noche; este tipo de construcción evita el sobrecalentamiento en verano y permite beneficiarse de contribuciones libres en media temporada e invierno. La baja inercia se debe principalmente al uso de materiales con baja capacidad de absorción de flujo de energía (madera, materiales aislantes) y una fuerte variación en función de estos flujos; requiere una regulación fina para mantener una temperatura in-

terior más uniforme.

### > Elección de soluciones adecuadas de ventilación natural

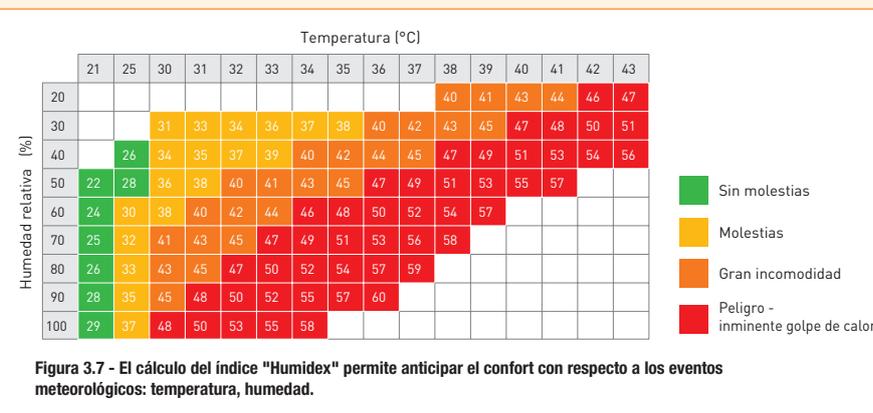
Los diseñadores deben considerar constantemente los requisitos conflictivos. A saber: garantizar el confort térmico, la calidad del aire interior y controlar el consumo de energía ... Y siempre según las preocupaciones técnicas y económicas ...

Carpintería de fachada personalizada, doble fachada, tragaluz, mezcla de aire, chimeneas, atrio, extractor para operación híbrida, enfriamiento adiabático ...

Las elecciones técnicas se calcularán y simularán por computadora en función de los flujos a alcanzar y los criterios de comodidad. Los ingenieros se preocupan por la consideración general de la estructura (el relleno, el equipo y sus ocupantes) para ofrecer una garantía de resultados.

Es común decir que «el aire es perezoso», que escapa por infiltraciones parasitarias que perturban los flujos ... Los diseñadores y fabricantes deben respetar las reglas de hermeticidad, equilibrio y rendimiento.

Se hace en una simulación rigurosa de la instalación para tratar posibles casos de incomodidad: condensación en verano, inercia de la envoltura, dificultad para descargar el calor durante largos períodos de ola de calor, posibilidad de libre - enfriamiento (free-cooling) en media temporada, enfriamiento nocturno—también llamado ventilación intensiva provisional—en verano para descargar el calor almacenado durante el día y beneficiarse del cambio de fase del enfriamiento acumulado durante la noche 8 a 12 horas más tarde, el precalentamiento del aire en invierno ... Una de las respuestas concretas a esta necesidad de calidad es la definición de un esquema.



# 4. REGULACIÓN, PILOTAJE, MONITORIZACIÓN: UNA GANANZA PLENAMENTE DE LOS MATERIALES

La iluminación natural y la ventilación declaran muchos beneficios: el confort de los ocupantes, la elección de medios técnicos actuales y de fácil acceso, una reducción de los costos de inversión y mantenimiento ...

Su interés también radica en su flexibilidad de uso y en la apropiación de su operación por parte de los usuarios y operadores. Dependiendo del edificio y su nivel de equipamiento, todas las soluciones de regulación y control son propuestas.

## Las soluciones posibles

### > La detección de presencia

Conectar una protección solar y una iluminación artificial a este tipo de sonda es el estándar del equipo de construcción. La sonda de detección de presencia se puede asociar con la iluminación y el sombreado, así como con la atenuación de la luz artificial, a fin de mantener el nivel de iluminación del área de trabajo en el punto de ajuste (300 o 500 lux).

### > Las sondas de temperatura, de humedad y de CO2

Al igual que los sistemas de ventilación mecánica, varios modos de ventilación natural (híbrido, adiabático) funcionan de manera óptima con una regulación adaptada a estos criterios básicos de confort.

## Las administraciones de función

### > Para la ventilación natural

La «ventilación natural inteligente» se puede aplicar a la ventilación natural, la ventilación híbrida y la ventilación adiabática. Su propósito es usar los medios técnicos existentes para la seguridad contra el humo e incendios, que siguen siendo prioridades, para mejorar el confort interior: temperatura, higrometría, eliminación de COV y CO2 ... Sin grandes inversiones, esta sinergia de medios abre posibilidades naturales de refrigeración y calefacción (enfriamiento libre, calefacción libre, enfriamiento libre nocturno). El funcionamiento de una base de datos meteorológicos anuales permite anticipar la posición de las aperturas.

### > Para la iluminación natural

La «solución de sombreado inteligente» permite automatizar equipos solares (persianas, parasoles externos, etc.) y la iluminación artificial.

Para mejorar el rendimiento de ahorro de energía según la ocupación de las instalaciones, este administrador tiene un horario diario, semanal y anual.

### > Para las fachadas y las cortinas

Para ser efectivos en términos de iluminación, ventilación y confort térmico, estas pieles dobles (Fig. 4.1) deben estar equipadas con automatizaciones de control de obturador para tener una «fachada bioclimática inteligente»: usar los aportes libres en invierno y en temporada baja, evitar el sobrecalentamiento en verano ... Su interés puede ser reforzado por la asociación con las dos funciones de administración anteriores, en la versión multizona y con la administración mediante un navegador para el sitio web.

## Las soluciones de gestión técnicas del edificio

### > Soluciones en nueva construcción o en renovación

El control de las funciones técnicas de los edificios, sea cual sea su tamaño, se basa en una gestión general. Kits completos con calculadora simplifican las instalaciones:

- Ejemplo 1: una estación meteorológica conectada a un conjunto de sondas (temperaturas interior y exterior e higrometría, medición de CO2 y COV, detectores de presencia, lluvia y viento) controla las aberturas de la fachada;

- Ejemplo 2: dedicado a los edificios de ventilación y luz natural con un atrio, un sistema combina una centralización de «lluvia y viento», varias sondas de temperatura en interiores y exteriores, algunas con comunicación por radio y otras por cableado - para controlar paneles de apertura y cajas de cadenas. Esta solución tiene la ventaja de gestionar la deslaminación en estos volúmenes.

- Ejemplo 3: diseñada para instalaciones industriales y logísticas, esta solución alternativa adopta los mismos métodos de medición (estación meteorológica, sensor de temperatura e higrometría) para controlar los tragaluces de control de humo, las torres con persianas o la apertura en cobertizos como todos los tipos de sistemas de sombreado. Es robusto (no es propenso a averías) y es muy sensible a los fenómenos meteorológicos. Basado en equipos convencionales en este tipo de construcción, también es económico en inversión y operación, al tiempo que mejora el confort y reduce los costos de energía para la iluminación.

### > Las aplicaciones de edificios llamados “clásicos”

Estos modos de operación también encuentran soluciones convencionales de control-comando en instalaciones no residenciales:

- Soluciones inalámbricas y sin energía con el estándar EnOcean, especialmente para renovación;

- Bajo protocolos de comunicación estándar, BacNet o Modbus, para integrar estas funciones de iluminación natural y ventilación en el alcance del control general del edificio.

Estas soluciones permiten que la ventilación y la iluminación natural se integren completamente en la gestión técnica de los edificios. Brindan a los diseñadores la oportunidad de integrar equipos de proveedores globales (Sauter Saurer's Energy Management o Ecos 5, controladores programables, sensores y sondas de Carel, PLC Saia de Honeywell, controladores de temperatura Siemens Synco ...).

## > ¿Cómo seguir el rendimiento de sus instalaciones de gestión técnica?

Sea cual sea la solución técnica elegida, el operador y el usuario desean tener control sobre sus equipos y controlar su operación ... A distancia, los servidores web proporcionan acceso a datos, sinópticos, alarmas y fallas. Después de integrar los controles inalámbricos e inteligentes y las herramientas web, las soluciones de confort natural también adoptan los estándares de los objetos conectados. Una forma indispensable de difundir ampliamente sus beneficios.

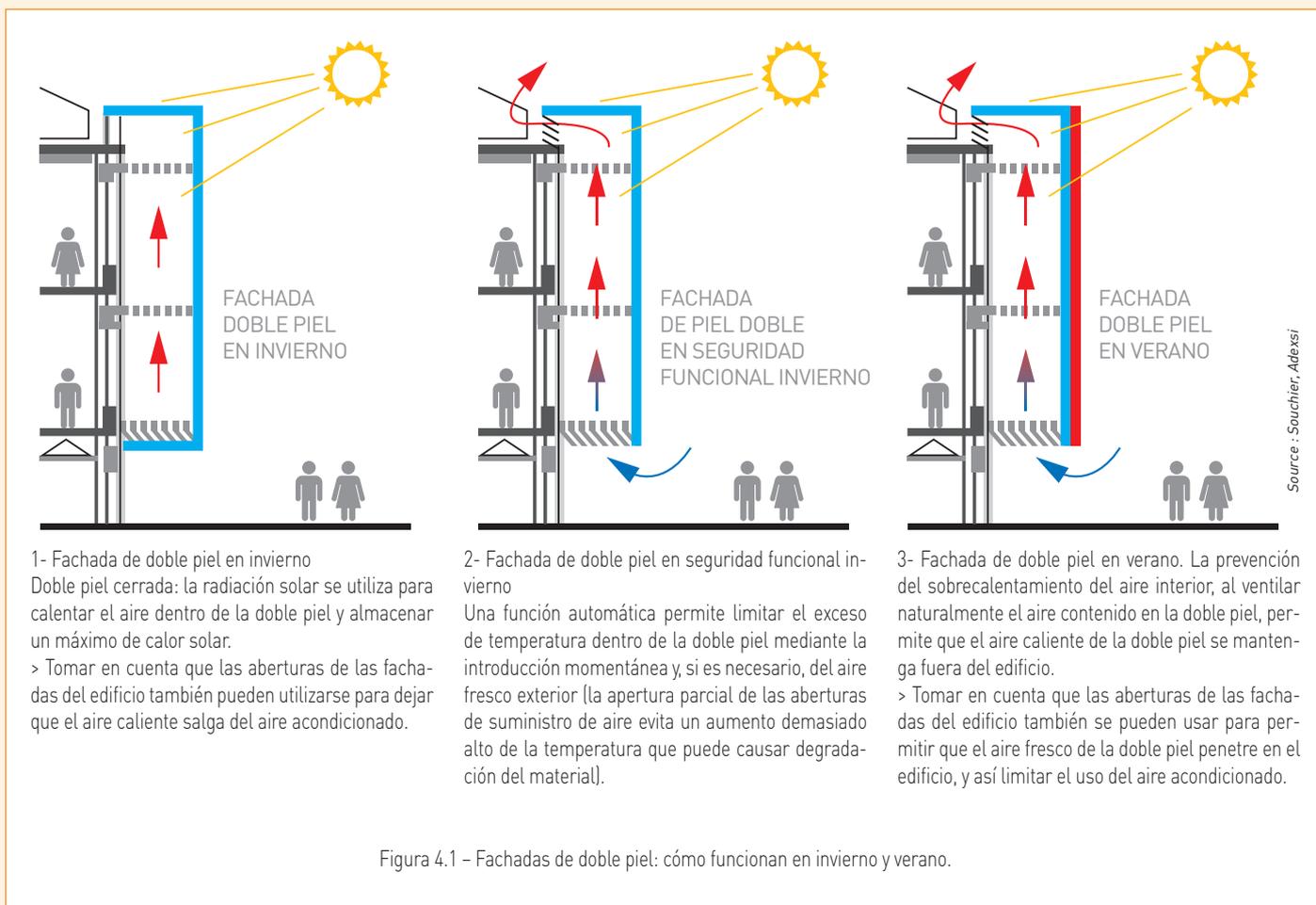


Figura 4.1 – Fachadas de doble piel: cómo funcionan en invierno y verano.

# PARA MÁS INFORMACIÓN

## Reglamentación

- Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, que modifica la Directiva 2010/31 / UE sobre el rendimiento energético de los edificios y la Directiva 2012/27 / UE sobre eficiencia energética, DOUE de 19 de junio de 2018.
- Decreto No. 83-721, de 2 de agosto de 1983, que complementa el Código del Trabajo (Parte 2) en lo que respecta a la iluminación de los lugares de trabajo, DO de 5 de agosto de 1983.
- El Decreto N° 83-722, de 2 de agosto de 1983, que complementa el Código del Trabajo (Parte 2) y establece las normas relativas a la iluminación de los lugares de trabajo que debe cumplir la autoridad contratante que se encarga de la construcción o edificios destinados al ejercicio de una actividad industrial, comercial o agrícola, DO de 5 de agosto de 1983.
- Decreto n ° 2011-1728 del 2 de diciembre de 2011 relativo al monitoreo de la calidad del aire interior en algunos establecimientos que reciben del público, JO del 4 de diciembre de 2011.
- Orden de 22 de marzo de 2017 que modifica la orden de 3 de mayo de 2007 sobre las características térmicas y el rendimiento energético de los edificios existentes, DO de 25 de marzo de 2017.
- Circular ministerial de 11 de abril de 1984 relativa al comentario técnico sobre los Decretos n. 83-721 y 83-722, de 2 de agosto de 1983, relativo a la iluminación de los lugares de trabajo, DO de 11 de mayo de 1984.
- Circular DRT n ° 90/11 del 28 de junio de 1990 relativa a la iluminación natural y la vista hacia el exterior.
- Circular DRT n ° 95/07, de 14 de abril de 1995, relativa a los lugares de trabajo (texto no publicado en el DO).

## Normas

- ISO 7730: 2005 (noviembre de 2005): Ergonomía del entorno térmico: determinación e interpretación analítica del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de confort térmico local.
  - NF EN 17037 (septiembre 2016): Iluminación natural de edificios.
  - NF EN 12464 1 (julio de 2011): Iluminación y alumbrado. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
  - NF EN ISO 7730 (marzo de 2006): Ergonomía del entorno térmico: determinación e interpretación analítica del confort térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y según los criterios locales de confort térmico.
- A seguir: el trabajo del estándar experimental NF X 35 103 sobre los principios de ergonomía aplicables a la iluminación de los lugares de trabajo, tomando en cuenta la edad de los ocupantes, la tarea visual y las situaciones de riesgo.
- NF EN ISO 8996 (febrero de 2005): Ergonomía del entorno térmico. Determinación del metabolismo energético.

## Obras

- La guía de iluminación natural cenital para edificios industriales, comerciales y terciarios, un trabajo colectivo de GIF Lumière, creado en colaboración con Adexsi y el

sindicato de iluminación, coordinado por Bernard Lepage, abril de 2018.

- La ventilación natural en la práctica, por Jacques Gandemer, Instituto Arquitectura Tropical, PDF publicado en línea en noviembre de 2015.
- Diseño de oficinas bioclimáticas, guía técnica producida por Cegibat, la asociación ICO y Unfsa, Cegibat Publishing (2016).
- Guías de Bio-Tech escritas por Arene Île-de-France y Iceb, publicadas en 2014 (<http://www.asso-iceb.org/documents/guide-biotech/>).
- Rendimiento energético:
  - Volumen 1: Materiales y procesos de aislamiento, por S. Bouché y A. Delaire, CSTB Éditions (2013).
  - Volumen 2: calefacción, ECS, electricidad, ventilación, trabajo colectivo CSTB, Ediciones CSTB (2016).
- Tratamiento de construcción sostenible, bajo la dirección de Daniel Bernstein, Éditions Le Moniteur (2007).
- La Guía para una vivienda saludable: los efectos en la salud de cada elemento del edificio, por Suzanne y Pierre Déoux, Médiéco Publishing (2002).

## Sitios de internet

### > Consejos básicos para el diseño de edificios de alto rendimiento:

- El sitio web de Agence Qualité Construction, y en particular el sistema «REX Bâtiments performants»: <http://www.programmepacte.fr/dispositif-rex-batimentsperformants>. El lector se centrará en los informes temáticos de observaciones, en particular el de la atmósfera luminosa, y hacia el caso de la enseñanza: <http://mallette-pedagogique-bp.programmepacte.fr>
- El sitio web del programa PACTE (Programa de Acción para la Calidad de la Construcción y la Transición de la Energía): [www.programmepacte.fr/catalogue](http://www.programmepacte.fr/catalogue)

Para consultar en este sitio:

- la recomendación profesional «Verrières» de septiembre de 2013;
- la guía de «ventanas dobles» de abril de 2014;
- la guía de "ventilación híbrida" de marzo de 2015;
- la guía «Fachada múltiple» de febrero de 2014;
- Las guías sobre el «Pozo climático» de marzo de 2015 (diseño, dimensionamiento, instalación, implementación y mantenimiento);
- el cuaderno de obra «Pozo climático en viviendas individuales y terciarias» a partir de enero de 2017.
- El sitio web de la asociación Effinergie para descargar las reglas técnicas de la BBC, Bepos Effinergie y Bepos + Effinergie asociado con la experimentación de E + C-: <https://www.effinergie.org/web/association>
- el sitio Energy Plus, una herramienta de apoyo creada por el Departamento de Arquitectura y Clima de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica: <https://www.energieplus-lesite.be>
- el sitio web «Guía de construcción sostenible» desarrollado por Bruxelles Environnement en colaboración con las oficinas de diseño especializada:

<https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/>

- el sitio web del grupo Adexsi, y la présentation de sus

actividades:

<https://www.adexsi.fr>

### > Regulación térmica:

- Regulación térmica en construcción nueva y antigua: <https://www.rt-batiment.fr>
- La política de reducir el consumo de energía y la comodidad en el edificio: <https://www.ecologiquesolidaire.gouv.fr/politiques/batiments-et-regles-construction>
- El sitio de prefiguración para la próxima regulación ambiental de E + C-: <http://www.batiment-energiecarbone.fr>, incluidos los módulos de capacitación incluidos en el «paquete de enseñanza» dedicado [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc0KtXR-5PgobvupB0ZpCQK102\\_3sjrdsW4lYQeRunyFXqD6WQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc0KtXR-5PgobvupB0ZpCQK102_3sjrdsW4lYQeRunyFXqD6WQ/viewform)

### > Luz natural:

- El sitio web de GIF Lumière: <https://www.gif-lumiere.com>
- El sitio web de la Asociación Francesa de Iluminación (AFE): <http://www.afe-eclairage.fr>



