

# climatización de edificios con muros cortina

JOSE LAORDEN, Dr. ingeniero de caminos

319 - 5



Fig. 1. Edificio del Banco Popular Español. en Madrid, calle Cedaceros. Arquitectos: César Ortiz Echagüe y Rafael Echalde.

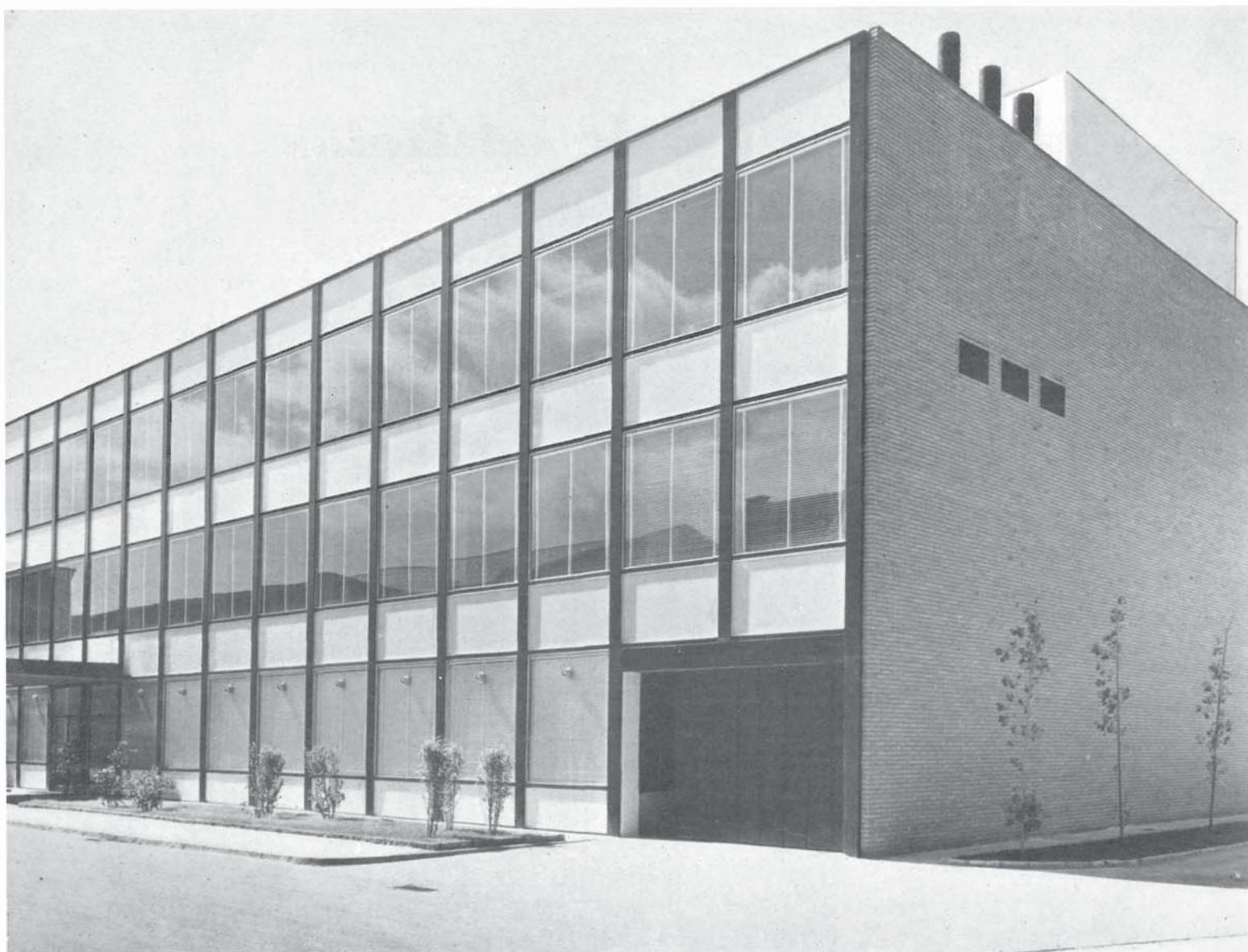
## sinopsis

Se analizan los problemas planteados en la climatización de los edificios con muros cortina debido, fundamentalmente, a que en el mismo instante puede ser necesario calentar una zona del edificio y enfriar otra. Se repasan los diversos sistemas de climatización clasificándolos en: sistemas convencionales de grandes conductos, sistemas de muebles individuales con ventilador, sistemas de unidades individuales para ventanas con compresor frigorífico incorporado, sistemas de muebles de inducción con dos o tres tuberías, y, finalmente, sistemas de doble conducto a alta velocidad con cajas de mezcla.

Se comparan entre sí los distintos sistemas y se dan algunos datos de costes españoles deducidos de un reciente concurso en que ha intervenido el autor de este artículo.

## Planteamiento del problema

Los edificios actuales con fachadas de muros cortina en los que la superficie acristalada representa un elevado porcentaje, obligan a montar en su interior instalaciones de climatización capaces de compensar las pérdidas o ganancias de calor del edificio con objeto de obtener unas condiciones confortables en el interior. Igualmente, la "vida al exterior" propia de estos edificios plantea el problema de ir com-



pensando en cada momento las condiciones exteriores y sus variaciones bruscas (sol, viento, temperatura), ya que una característica general de estos edificios con muros cortina es que, debido a su poca inercia térmica, les hace seguir muy rápidamente las oscilaciones exteriores.

Las figuras 1, 2, 3 y 4 presentan algunos edificios españoles con muros cortina en los que se ve claramente la ligazón del edificio con el exterior.

Fig. 2. Edificio de laboratorios de la Fábrica Seat, en Barcelona. Arquitectos: César Ortiz Echagüe y Rafael Echaide.

### **Consideraciones sobre los edificios y sus cargas térmicas**

Para proteger a los edificios con muros cortina de las cargas térmicas exteriores se fundaron grandes esperanzas en los cristales coloreados, pero, aunque se disminuye sensiblemente la radiación directa, el calentamiento del vidrio coloreado por absorción produce un molesto cuerpo radiante en el dominio infrarrojo. Actualmente se investiga con vidrios con revestimientos metálicos de un fuerte poder reflector para la radiación térmica sin reducción sensible de su transparencia.

Igualmente, se intenta proteger a los edificios mediante persianas, toldos u orejeras, que cuanto más exteriores más eficaces serán. Las persianas interiores con láminas de aluminio producen una sensible protección contra el sol exterior, pero, sin embargo, llegan a convertirse en paneles radiantes con temperaturas de unos 37°C cuando están pintadas de esmalte color claro. Unas láminas con aluminio pulido reducen esa temperatura a unos 27 grados centígrados.

**Fig. 3. Edificio en construcción de las Oficinas de Iberia en Madrid. Arquitecto: Francisco Bellosillo.**



**Fig. 4. Centro de Estudios Hidrográficos, Ministerio de Obras Públicas. Madrid. Arquitecto: Miguel Fisac. Sistema con doble conducto. (Fotografía del instalador ACOY-SA.)**

Es muy interesante analizar las cargas térmicas variables a que se encuentra sometido un edificio con grandes cristalerías. Un estudio americano, que hemos representado en la figura 5, adaptándolo a un edificio español, nos indica la gigantesca variación de estas condiciones, que llegan fácilmente a exigir calefacción en un despacho mientras en el contiguo se necesita refrigeración. Para marcar más claramente este contraste de condiciones, hemos resumido en la figura 6 la temperatura exterior en que se debe cambiar la calefacción de un despacho pasando a refrigeración, según los factores térmicos en acción.

Consideramos también interesante, para ambientarnos en la gran influencia de las ventanas, presentar en la tabla 1 un resumen de los datos térmicos de una serie de edificios de varios países.

La conclusión a que nos llevan los datos hasta ahora presentados, es que una instalación de climatización para un edificio de oficinas muy acristalado tiene necesariamente que ser muy flexible y capaz de calentar y enfriar simultáneamente.

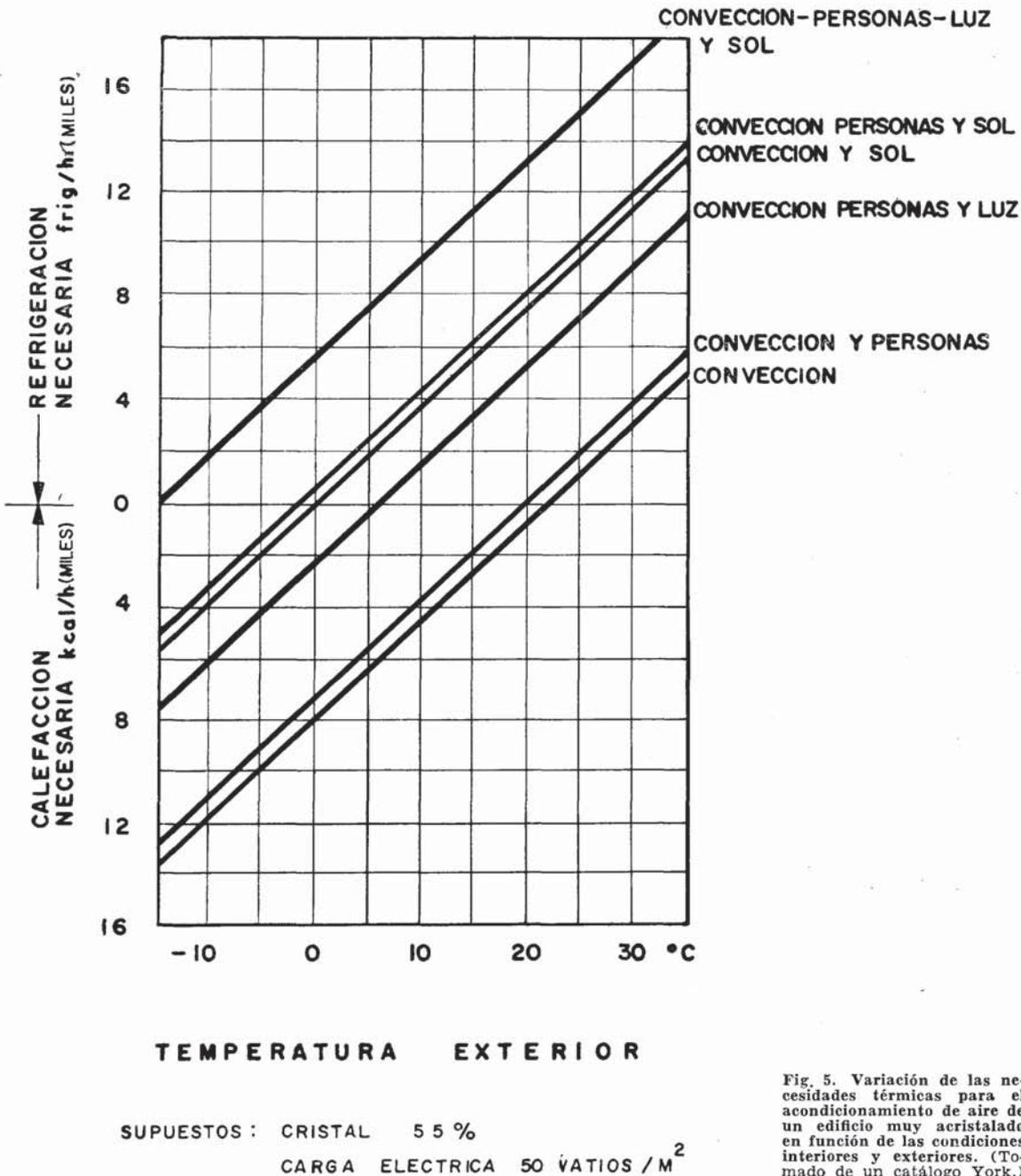


Fig. 5. Variación de las necesidades térmicas para el acondicionamiento de aire de un edificio muy acristalado en función de las condiciones interiores y exteriores. (Tomado de un catálogo York.)

**Fig. 6. Temperatura exterior para cambio de calefacción a refrigeración, según los factores térmicos en acción:**

CASO Núm.	FACTORES TÉRMICOS EN ACCIÓN				Temperatura exterior de cambio °C	CONDICIONES TÍPICAS
	Convección	Personas	Luces	Sol		
1	×				23	Sin ocupar, sin luces En sombra
2	×	×			21	Ocupado, sin luces En sombra
3	×	×	×		8	Ocupado, con luces En sombra
4	×			×	0	Sin ocupar, sin luces Con sol
5	×	×		×	-2	Ocupado, sin luces Con sol
6	×	×	×	×	-10	Ocupado, con luces Con sol

### **Generalidades sobre los sistemas de climatización y forma de compararlos entre sí**

Un sistema de climatización es una instalación mecánica capaz de producir en el interior de un edificio un clima artificial confortable caracterizado por un control de:

Temperatura del ambiente.

Humedad del ambiente.

Radiación del ambiente.

Pureza del ambiente (filtrado).

Ausencia de olores y ruidos.

Ventilación adecuada.

Ausencia de corrientes de aire.

En los edificios de oficinas con climatización artificial se ha constatado un aumento mínimo general del rendimiento en el trabajo del orden del 10 por 100, debido, principalmente, a la disminución de ausencias por enfermedades y al aumento de rendimiento en el trabajo.

Los problemas fundamentales de un sistema de climatización no son de orden técnico (resueltos con las técnicas actuales), sino de orden económico y financiero, debido al coste de instalación y, sobre todo, al coste de funcionamiento.

**TABLA 1. EDIFICIOS ALTOS DE OFICINAS**

(Tomada de la revista "Sulzer" y completada con otros edificios españoles.)

EDIFICIO	1	2	3	4	5	6
% ocupado por ventanas ... ..	69	60	55	35	35	31
Volumen total climatizado, m <sup>3</sup> ... ..	14.200	13.000	9.100	25.000	10.000	6.800
Carga frigorífica, frig./hr y m <sup>3</sup> ... ..	44	17	15	21	26	18
Descomposición de la carga frigorífica:						
1. Transmisión, % ... ..	10	15	14	6	6	12
2. Ocupantes e iluminación, % ... ..	10	20	18	8	8	51
3. Irradiación por ventanas, % ... ..	80	65	68	86	86	37
Persianas ... ..	inter.	inter.	exter.	inter.	inter.	exter.

En el edificio 6 hay que anotar que la fachada principal está orientada al norte.

Como en muchos otros problemas de ingeniería, se tiene que aceptar un compromiso entre las condiciones teóricamente perfectas y las necesidades mínimas con objeto de no exceder las posibilidades económicas.

En el momento actual el coste, tanto de instalación como de funcionamiento de una instalación de climatización, depende, fundamentalmente, del grado de ventilación asegurada y del control automático de temperaturas y humedades, especialmente en primavera y otoño.

Debemos recordar que el ruido, el polvo, los gases de escape de los vehículos y las corrientes de aire se oponen a una ventilación mediante la apertura de las ventanas.

El gran problema de la instalación de climatización de edificios de oficinas, tanto técnico como económico, es el control, manual o automático, de las variables condiciones requeridas en los aparatos de climatización de cada despacho.

Para comparar entre sí los diversos sistemas de climatización y llegar a una decisión apropiada para cada caso particular, creemos es conveniente considerar en cada sistema los puntos siguientes:

Campo normal de aplicación.

Control individual de temperatura en verano, invierno y estaciones intermedias.

Capacidad del sistema para enfriar y calentar simultáneamente en distintas oficinas.

Control de humedad.

Servicios necesarios en cada oficina para atender a los elementos del sistema (electricidad, tuberías, conductos).

Coste de instalación.

Coste de funcionamiento.

Experiencia sobre el comportamiento del sistema a lo largo de todo el año.

Comodidad de conservación.

Posibilidad de usar el aire exterior para enfriar en primavera u otoño.

Tamaño de conductos requeridos.

Equipo montado en cada habitación.

Capacidad de diluir los olores.

Ruido producido.

Posibilidad de transmisión de olores y gérmenes entre habitaciones.

Espacio ocupado.

Humidificación en invierno.

Trabajos auxiliares en el edificio.

Necesidad de conocimientos técnicos.

Estabilidad del sistema.

Los veinte puntos citados arriba se han resumido en la figura 7, aplicándolos a diversos sistemas.

### **Descripción de diversos sistemas de climatización y coste aproximado**

De una forma general y simplificada podemos enumerar los siguientes sistemas de climatización, empezando por el más simple y terminando por el más amplio:

Sistemas convencionales de grandes conductos.

Sistemas de muebles con ventilador.

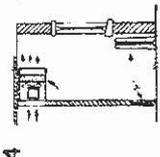
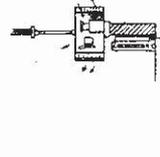
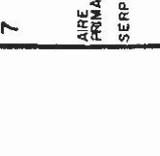
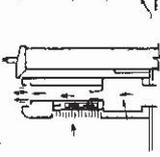
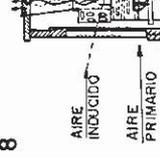
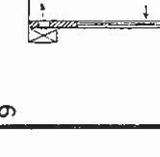
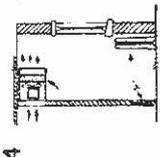
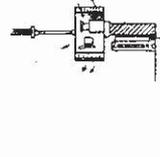
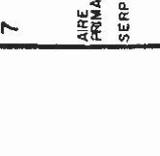
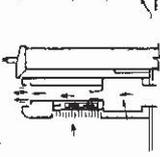
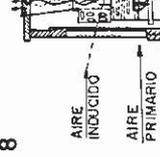
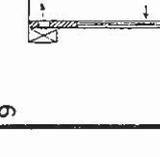
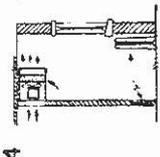
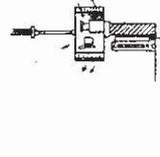
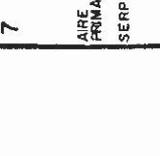
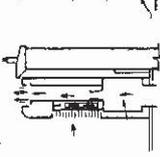
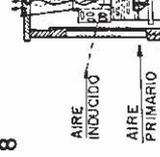
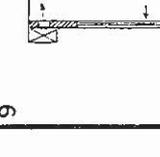
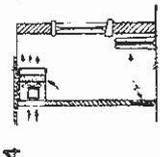
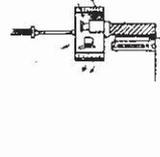
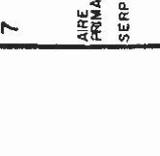
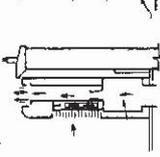
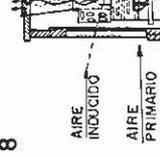
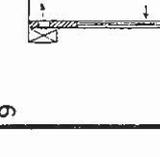
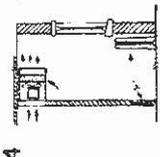
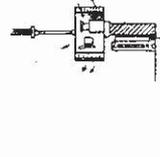
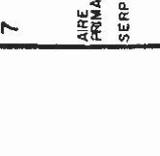
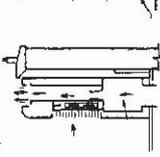
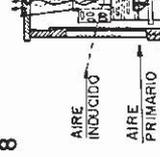
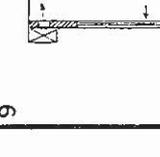
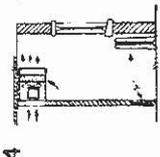
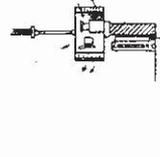
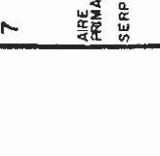
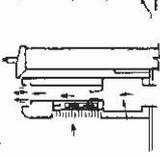
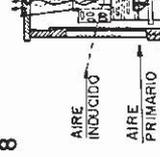
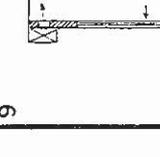
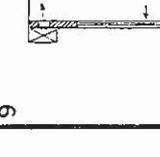
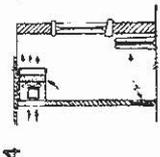
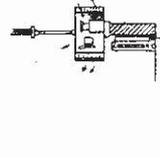
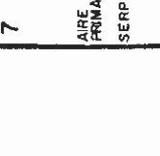
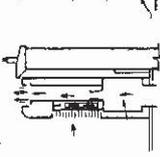
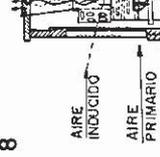
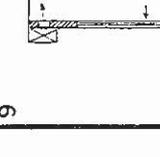
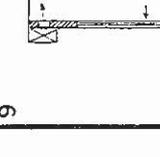
Sistemas de unidades de ventana con compresor.

Sistemas de muebles de inducción.

Sistemas de doble conducto o de triple tubería fría o caliente.

FIGURA 7 CARACTERISTICAS DE DIVERSOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION

MADRID DE CORRECT PRACTICE IN AIRCONDITIONING BUILDINGS - GEORGE W. WEEK - KEENEY PUBLISHING CO. - NORTH MICHIGAN AV. - CHICAGO 2 - ILLINOIS - U.S.A.

SISTEMAS DE VENTANAS CON COMPRESOR		MUEBLES DE INDUCCION			SISTEMAS DE PASILLO Y RADIADOR			
4	 SISTEMA DE VENTILADOR EN PASILLO COMO 3	 ACONDICIONADOR PORTATIL DE VENTANA APROPIADO PARA UNA OFICINA O GRUPO DE OFICINAS. SOLO PARA UNAS CUANTAS OFICINAS EN EL TOTAL DEL EDIFICIO	 TIPO ESPECIAL PARA EDIFICIOS ALTOS PARA GRANDES OFICINAS, HOTELES O APARTAMENTOS.	 AIRE DE LA HABITACION EDIFICIO DE OFICINAS GRANDES Y PEQUEÑAS, HOTELES, BANCOS	 AIRE PRIMARIO SERPENTIN SI, MEDIANTE CONTROL DEL AIRE PRIMARIO O AGUA CALIENTE DE RECALENTAMIENTO.	 AIRE INDUCIDO AIRE PRIMARIO 4 PARTAMENTOS, OFICINAS, HOSPITALES, HOTELES SI, MEDIANTE CONTROL DEL CAUDAL DE AGUA. SI, MEDIANTE CONTROL DEL AGUA	 PARA EDIFICIOS YA EXISTENTES SI, REGULANDO EL CAUDAL DE AGUA. SI, MEDIANTE CONTROL DEL RADIADOR.	
5	 SI, PERÓ SOLO "MARCHA-PARADA" SI, MEDIANTE EL CONTROL DEL SISTEMA SEPARADO DE CALEFACCION O MEDIANTE CICLO INVERTIDO O RESISTENCIAS ELECTRICAS EN ZONAS TEMPLADAS.	 EXCELENTE	 COMO 5	 NORMALMENTE EXCELENTE, SI SE DESPONE DE AGUA CALIENTE EN VERANO.	 MUY BUENO	 MUY BUENO	 SI	
6	 NO, A MENOS DE MONTAR UN SISTEMA CENTRALIZADO INDEPENDIENTE. LOS PROBLEMAS DE CONGELACION Y CONSERVACION, PROHIBEN EL USO DE BANDEJAS DE AGUA.	 EXCELENTE	 COMO 5	 MUY BUENO	 MUY BUENO	 SI	 SI	
7	 NO, EN MODELOS ENFRIADOS POR AGUA.	 SE NECESITA UNA TOMA EN CADA MUEBLE	 COMO 5	 MUY BUENO	 MUY BUENO	 SI	 SI	
8	 TALADRO EN EL MURO EXTERIOR	 TALADRO EN EL MURO EXTERIOR.	 TALADRO EN EL MURO EXTERIOR.	 TALADRO EN EL MURO EXTERIOR.	 TALADRO EN EL MURO EXTERIOR.	 SI	 SI	
9	 NO, EXCEPTO SI SE INSTALA CONTROL AUTOMATICO EN CADA HABITACION.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.	 TUBERIAS ENFRIADOS POR AGUA.
10	 SI, PERÓ SOLO "MARCHA-PARADA" SI, MEDIANTE EL CONTROL DEL SISTEMA SEPARADO DE CALEFACCION O MEDIANTE CICLO INVERTIDO O RESISTENCIAS ELECTRICAS EN ZONAS TEMPLADAS.	 EXCELENTE	 COMO 5	 NORMALMENTE EXCELENTE, SI SE DESPONE DE AGUA CALIENTE EN VERANO.	 MUY BUENO	 MUY BUENO	 SI	 SI

A) Preparación del agua caliente o fría: 1. Enfriador de agua.—2. Calentador de agua con válvulas K1 y K2 de cambio.—3. Bomba de circulación.

B) Cámara de preparación del aire primario (ventilación): 4. Rejilla aire exterior.—5. Filtro.—6. Serpentin precalentador.—7. Humidificador.—8. Serpentin de calefacción o refrigeración con válvula de control R1.—9. Serpentin recalentador.—10. Ventilador.—11. Cámara de reducción del sonido.—12. Conductos de aire primario.

C) Muebles de inducción: 13. Cámara de reducción del sonido.—14. Serpentin de calefacción o refrigeración.—15. Válvula de control.—16. Chorros de descarga.

Fig. 8. Sistema climatizador con muebles de inducción y dos tuberías. (Tomado del Catálogo Bronswerk AC-6410 60e).

Características: Ventilación, Filtración, Humedad. Control de temperatura en cada mueble mediante regulación del caudal de agua.

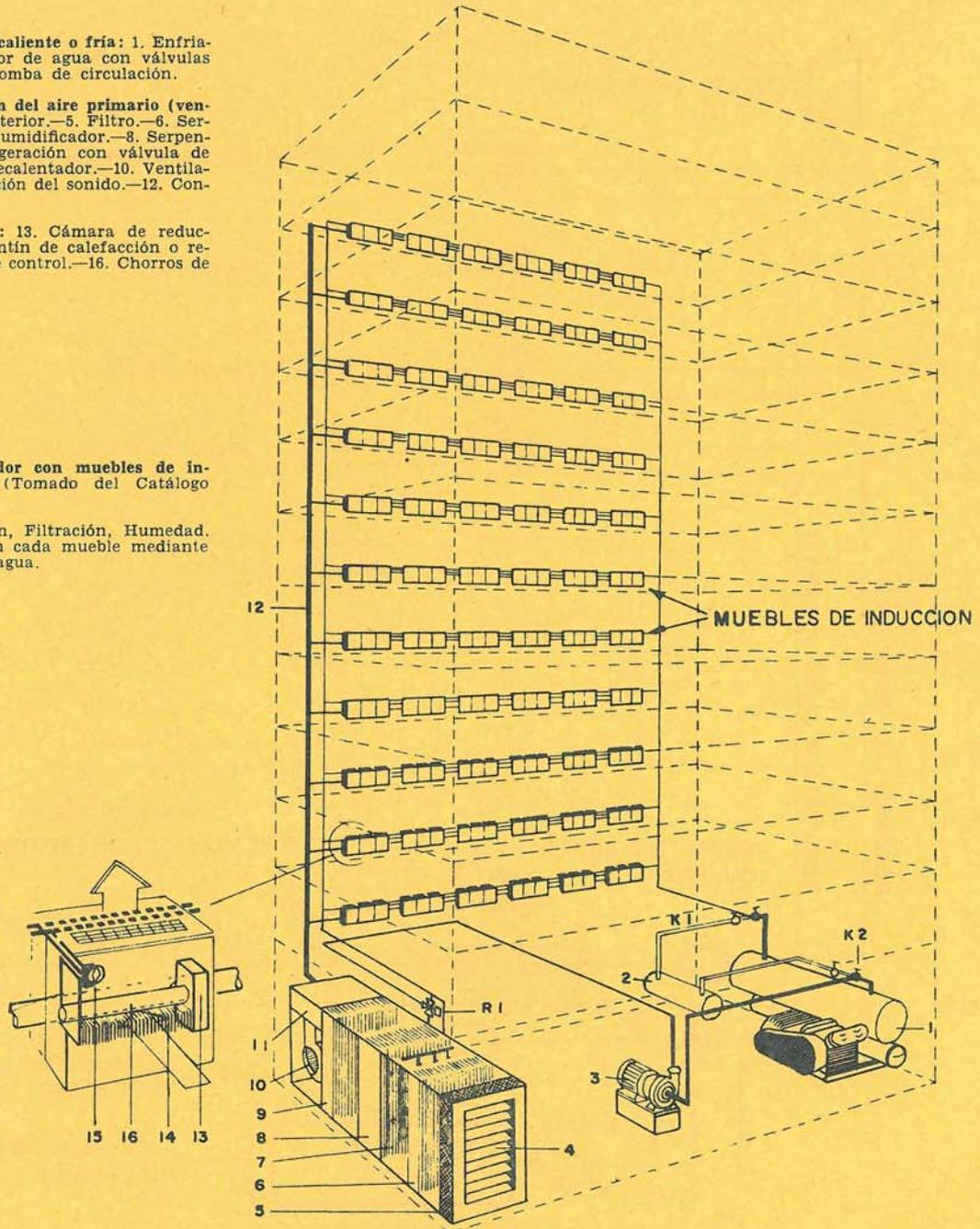
Los últimos sistemas son los más capaces técnicamente, sin que esto quiera decir que son los más idóneos para cada caso particular.

En las figuras 8, 9 y 10 hemos presentado el esquema de los sistemas de climatización con muebles de inducción con dos o tres tuberías, y los sistemas de doble conducto (frío + caliente) con cajas mezcladoras.

En la figura 11 presentamos un resumen de los sistemas climatizadores, capaces de proporcionar calefacción y refrigeración simultáneamente y que por dicha capacidad son los apropiados para edificios muy acristalados. Con todas las reservas que proceden de usar datos de un caso concreto, que pueden ser muy distintas en otros casos concretos, pero con toda la utilidad de unos valores aproximados y comparativos, nos atrevemos a dar, a continuación, unos precios medios de diversos tipos de instalaciones de climatización:

Muebles con ventilador ... ..	1.300	ptas./m <sup>2</sup>	de planta climatizada.
Inducción con dos tuberías ... ..	1.500	"	"
Inducción con tres tuberías ... ..	1.800	"	"
Doble conducto ... ..	1.700	"	"

Los precios indicados incluyen el total de la instalación, comprendida planta frigorífica y planta calorífica, y no son del todo comparables, ya que por proceder de diversos instaladores tendrán incluidos diversos factores de gastos generales, asistencia técnica, beneficio, etc. Igualmente, como ya se ha hecho notar, las calidades técnicas de la instalación van aumentando al aumentar su precio.



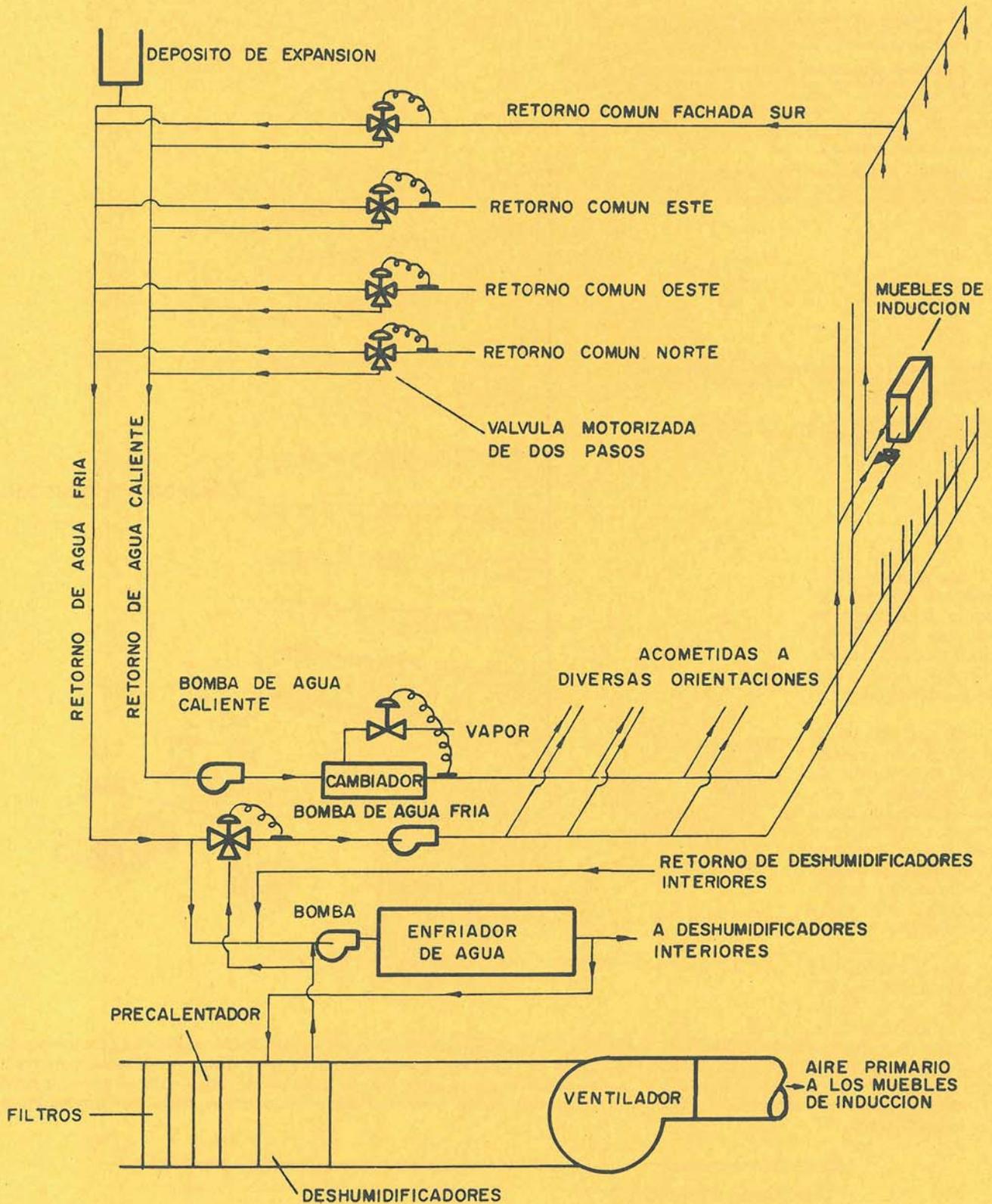


Fig. 9. Sistema climatizador con muebles de inducción y tres tuberías. (Tomado del catálogo York EM 59-2114.)

CARACTERISTICAS: Ventilación, filtración, humedad. Completo control automático de temperatura en cada mueble. Las acometidas de agua helada y de agua caliente vienen moduladas previamente por zonas mediante termostato exterior.

Fig. 10. Sistema climatizador con doble conducto y cajas de mezcla.

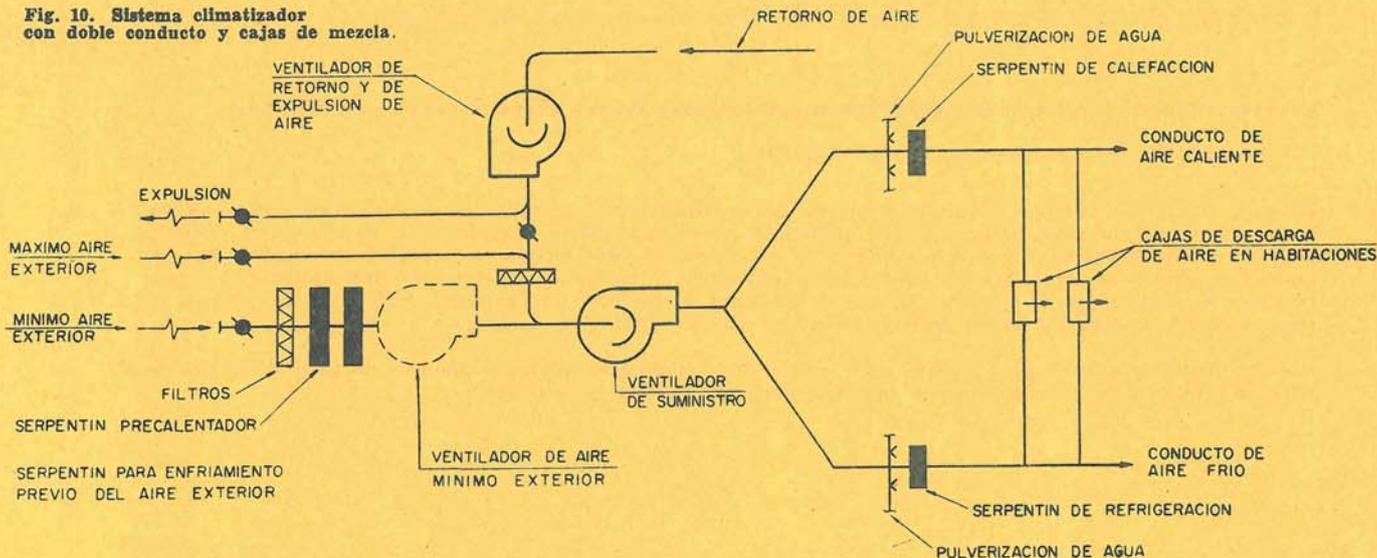


Fig. 11. Sistemas simultáneos de calefacción y refrigeración.

N.º	CLASE DE SISTEMA	Refrigeración de la habitación con	Calefacción de la habitación con
1	Doble conducto	Aire	Aire
2	Recalentamiento adicional	Aire	Agua, Vapor, Electricidad
3	Inducción. 2 tuberías. Verano	Agua	Aire
4	Inducción. 2 tuberías. Invierno	Aire	Agua
5	Muebles con ventilador y conducto 2 tuberías. Verano	Agua	Aire
6	Muebles con ventilador y conducto 2 tuberías. Invierno.	Aire	Agua
7	Inducción. 3 tuberías	Agua	Agua
8	Muebles con ventilador. 3 tuberías	Agua	Agua

Si estos precios los referimos a frigoría/hora requerida por el edificio, obtenemos los siguientes valores aproximados:

Muebles con ventilador .....	16 ptas. cada frig./hr.
Inducción con dos tuberías .....	18 " " "
Inducción con tres tuberías .....	22 " " "
Doble conducto .....	20 " " "

### Condiciones mínimas para determinar una instalación de climatización

Examinados de una manera somera los problemas planteados por el edificio y las posibles soluciones, sólo nos queda indicar a continuación aquellos factores que tendrán que ser fijados por el propietario o su representante técnico con objeto de definir la instalación de climatización. A nuestro modo de ver, estos factores, entre otros, son los siguientes:

- Grado de ventilación en oficinas y aseos (un mínimo de 25 m<sup>3</sup>/hr y persona es necesario para despachos sin fumadores, y 50 m<sup>3</sup>/hr y persona en el caso de fumadores. Igualmente, un mínimo de 100 m<sup>3</sup>/hr y plaza de inodoro es una cifra muy normal).
- Forma de realizar el control individual del ambiente de cada despacho, bien manualmente o automáticamente.
- Zonificación mínima del edificio, atendiendo a fachadas, horarios de ocupación, destino de locales, etc.
- Situación de los elementos de calefacción y refrigeración; ventanas, techos, zonas interiores, etc.
- Grado de centralización de los elementos generales de producción de calor y frío, considerando las economías de primera instalación con un elemento único contra la seguridad de servicio con elementos múltiples.
- Instalación de torres de refrigeración para recuperación de agua.
- Materiales de los conductos de aire.
- Aislamiento térmico de los diversos elementos de la instalación.

Con este rápido repaso creemos haber aportado algunas ideas generales al tema de la climatización de edificios con muros cortina.

## **Climatisation des édifices comportant des murs-rideaux**

José Laorden, Docteur ingénieur des Ponts et Chaussées.

Dans cet article sont analysés les problèmes posés par la climatisation des édifices comportant des murs-rideaux, problèmes dus, fondamentalement, au fait qu'il peut être nécessaire de chauffer une zone et d'en refroidir une autre simultanément. Les divers systèmes de climatisation sont relatés et classifiés en systèmes conventionnels de grands conduits, systèmes de meubles individuels à ventilateur, systèmes d'unités individuelles, pour fenêtres, à compresseur frigorifique incorporé, systèmes de meubles d'induction à deux ou trois conduits et, finalement, des systèmes à double conduit de grande vitesse à boîtes de mélange.

Les différents systèmes sont comparés entre eux et sont énumérées quelques données de prix de revient espagnols déduits d'un concours récent auquel a participé l'auteur de cet article.

---

## **Airconditioning in buildings enclosed with curtain walls**

José Laorden, dr. civil engineer.

This paper analyses the problems involved in the airconditioning of buildings with walls. These problems are not easy, since it may be necessary, at a given time, to heat a part of the building and cool another part of it. The various systems of airconditioning are reviewed. These can be classified into those making use of large ducts; those employing small, moveable units with fans; individual units fitted in windows, including a cooling compressor; induction units with two or three pipes; and finally double duct high speed systems with mixing boxes.

The various systems are compared, and some information is given on costs in Spain, as inferred from a recent competition in which the author has taken part.

---

## **Klimatisierung von Gebäuden mit Vorhangwänden**

José Laorden, Dr. Bauingenieur.

Es werden die bei der Klimatisierung der Gebäude mit Vorhangwänden aufgeworfenen Probleme analysiert, hauptsächlich infolge davon, dass es im gleichen Augenblick notwendig sein kann, einen Teil des Gebäudes zu erwärmen und einen anderen abzukühlen. Es werden die verschiedenen Systeme von Klimaanlage durchgegangen und eingeteilt in hergebrachte Systeme mit langen Leitungen, Systeme mit einzelnen mit Lüftungsvorrichtungen versehenen Einrichtungen, Systeme mit verschiedenen Einheiten für Fenster mit eingebautem Kalt-Druckluftherzeuger, Systeme mit Zuführungseinrichtungen mit zwei oder drei Rohren und schliesslich Systeme mit doppelter Leitung für hohe Geschwindigkeit mit Mischbehältern.

Es werden die verschiedenen Systeme miteinander verglichen, und es werden einige Daten der spanischen Kosten angegeben, welche von einem neuen Wettbewerb abgeleitet wurden, an dem der Verfasser dieses Artikels teilgenommen hat.