



# LA HABITABILIDAD ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE OFICINAS.

Vicente Hernández  
Chávez.

Tesis Doctoral.

Otoño de 2002.

# LA HABITABILIDAD ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE OFICINAS.

Tesis presentada por:  
VICENTE HERNÁNDEZ CHÁVEZ.

Para obtener el título de:  
DOCTOR EN ARQUITECTURA.

Tutor y Director:  
Dr. RAFAEL SERRA I FLORENSA.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE  
CATALUNYA.

Escola Tècnica Superior  
d'Arquitectura de Barcelona.  
Departament d'Construccions  
Arquitectòniques I.  
Programa Àmbits de Recerca en  
l'Energia i el Medi Ambient a  
l'Arquitectura.



Departament de Construccions  
Arquitectòniques I

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Barcelona, Otoño de 2002.

## << DEDICADO >>

A las personas que siempre han creído en mi, que me han apoyado y me han enseñado a luchar en la vida y que han tenido que padecer entre otras cosas mi ausencia; a las personas más importantes de mi vida: mis padres, **Pepe Garnica** y **Roncha**; a mis hermanos: **Pepe**, **Yaya** y **Dany**; a mi cuñada **Bea**, así como a mis sobrinos, al pequeño **Santiago** y al recién nacido **Mauricio**; a ustedes MIL GRACIAS por ese amoroso y motivador "échale ganas". Por ustedes y para ustedes este logro.

## << AGRADECIMIENTOS >>

A **Dios** por todas sus bendiciones y por haberme permitido alcanzar una meta más en mi vida personal y profesional.

Esta tesis sólo ha sido posible gracias al apoyo moral, sentimental y profesional de una persona que ha estado a mi lado en todo momento a lo largo del desarrollo de esta tesis, a ti, **Katia Simancas**, con todo mi amor, MIL GRACIAS; sin ti, esta investigación simplemente no hubiera sido posible.

Una mención especial es para la Sra. **Katia Yovane**, pues su ayuda y comentarios sobre la redacción de este texto han sido fundamentales. A usted, mi eterna gratitud.

Quiero agradecer el apoyo, los conocimientos y la sabiduría compartida al grupo de investigación de Arquitectura y Energía del Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, especialmente a **Helena Coch**, **Jaume Roset**, **Ramón San Martín**, **Antoni Isalgué**, **Eduard Muntaner** y desde luego a mi director, tutor y mentor **Rafael Serra**; además a **Marta Corbera** que siempre me auxilio con una sonrisa.

Igualmente, quiero agradecer el respaldo del **Banco de Sabadell** particularmente a **Eduard Zamora** y **Antonia Lara**; al **Instituto Catalán de la Energía** en especial a **Nuria Riol**; al **Centro de Transferencia de Tecnología** de la UPC, en particular a **Montse Urgellés**; así como a todo el **personal administrativo de la ETSAB**, pues gracias a ellos se llevo a cabo la investigación de campo de esta tesis.

Un trabajo de esta envergadura difícilmente se realiza sin la colaboración de muchas personas, que poco o mucho tuvieron que ver, pero que cuya contribución fue vital para la realización de esta tesis doctoral, entre los cuales quiero agradecer especialmente a **José Guerra**, **Laura Murguía**, **Mariana Coimbra**, **Antonio Ponce**, **Ricardo Aguayo**, **Francisco Chávez**, **Francesc Daumal**, **Tomas Aluja**, **Claudi Alsina**, **Albert Prat**, **Joan Jacas**, **Octavio Pérez**, **Víctor Miramontes**, **Almira Salazar**, **José Sosa** y **Andrea Simancas**.

Finalmente quiero agradecer al **Banco de México**, que mediante el Crédito Educativo del Fondo para el Desarrollo de Recursos Humanos, parte de este doctorado ha sido posible.

# << C E R O >>

## INTRODUCCIÓN GENERAL.

- 0.1 → INTRODUCCIÓN → 2
- 0.2 → HIPÓTESIS INICIAL → 3
- 0.3 → OBJETIVOS → 3
- 0.4 → METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN → 3
- 0.5 → ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN → 4

# << U N O >>

## ESTUDIO DE LA OFICINA EN EL TIEMPO.

- 1.1 → BREVE RESEÑA DE LA EVOLUCIÓN DEL ESPACIO ADMINISTRATIVO → 7
- 1.2 → ANÁLISIS DEL PROCESO DE INCORPORACIÓN DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES AL ESPACIO ADMINISTRATIVO → 19
- 1.3 → ESTILOS DE TRABAJO EN UNA OFICINA DE AYER, DE HOY Y SUS TENDENCIAS → 25
- 1.4 → EVALUACIÓN DE LOS MOTIVOS DEL INCREMENTO DE LAS NECESIDADES → 44
- 1.5 → VALORACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL USUARIO EN EL DESARROLLO DEL ESPACIO ADMINISTRATIVO → 48
- 1.6 → COMENTARIOS GENERALES → 52

# << D O S >>

## DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE ENERGÉTICO EN EL ESPACIO ADMINISTRATIVO.

- 2.1 → VALORACIÓN DE LA PRESENCIA DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES EN LA OFICINA ACTUAL → 55
- 2.2 → COMPONENTES DE LA CALIDAD AMBIENTAL DE LAS OFICINAS → 58
  - 2.2.1 → Parámetros energéticos → 58
    - 2.2.1.1 → Confort térmico → 58
      - 2.2.1.1.1 → Temperatura del aire → 59
      - 2.2.1.1.2 → Humedad relativa → 61
      - 2.2.1.1.3 → Movimiento de aire → 63
      - 2.2.1.1.4 → Temperatura radiante → 64
      - 2.2.1.1.5 → Calidad del aire → 65
    - 2.2.1.3 → Confort visual → 67

- 2.2.1.4 → Confort acústico → 70
- 2.2.2 → Factores de confort → 73
  - 2.2.2.1 → Vestimenta → 74
  - 2.2.2.2 → Tasa de metabolismo → 75
- 2.3 → EFECTOS DE LAS DEFICIENCIAS ENERGÉTICAS EN LAS OFICINAS → 78**
  - 2.3.1 → Efectos de una mala gestión térmica → 78
  - 2.3.2 → Efectos de una mala gestión lumínica → 82
  - 2.3.3 → Efectos de una mala gestión acústica → 84
- 2.4 → COMENTARIOS GENERALES → 86**

## << T R E S >>

### ESTUDIO DE CASOS PARADIGMAS DE LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA.

- 3.1 → LOS ARQUITECTOS Y LA EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVA → 88**
- 3.2 → ANÁLISIS DE DOS MODELOS DE EDIFICACIÓN ADMINISTRATIVOS → 89**
  - 3.2.1 → El edificio "Johnson Wax Co.", proyecto de Frank Lloyd Wright → 89
    - 3.2.1.1 → Funciones → 87
    - 3.2.1.2 → Criterios de diseño → 90
    - 3.2.1.3 → Integración de los sistemas ambientales → 90
    - 3.2.1.4 → Interpretación espacial → 92
    - 3.2.1.5 → Comentarios particulares → 93
  - 3.2.2 → El edificio "Centraal Beheer", proyecto de Herman Hertzberger → 94
    - 3.2.2.1 → Funciones → 94
    - 3.2.2.2 → Criterios de diseño → 94
    - 3.2.2.3 → Integración de los sistemas ambientales → 95
    - 3.2.2.4 → Interpretación espacial → 96
    - 3.2.2.5 → Comentarios particulares → 98
  - 3.2.3 → Comentarios generales → 99
- 3.3 → EVALUACIÓN DE DISEÑOS DE OFICINAS REALIZADOS POR ARQUITECTOS DE TRAYECTORIA RECONOCIDA → 100**
  - 3.3.1 → Alvar Aalto → 100
    - 3.3.1.1 → Comentarios particulares → 103
  - 3.3.2 → Norman Foster → 104
    - 3.3.2.1 → Comentarios particulares → 106
  - 3.3.3 → Michael Graves → 107
    - 3.3.3.1 → Comentarios particulares → 109
  - 3.3.4 → Phillip Johnson → 110
    - 3.3.4.1 → Comentarios particulares → 112

3.3.5 → Richard Meier → 113

3.3.5.1 → Comentarios particulares → 115

**3.3.6 → COMENTARIOS GENERALES → 117**

**3.4 → EVALUACIÓN DE DISEÑOS DE OFICINAS REALIZADOS  
BAJO CRITERIOS BIOCLIMÁTICOS → 118**

3.4.1 → Sede Central del Commerzbank en Frankfurt,  
obra de Sir Norman Foster and Partners → 118

3.4.1.1 → Funciones → 118

3.4.1.2 → Criterios de diseño → 119

3.4.1.3 → Integración de los sistemas ambientales  
→ 122

3.4.1.4 → Interpretación espacial → 124

3.4.1.5 → Comentarios particulares → 126

3.4.2 → Edificio RWE AG en Essen, obra de Ingenhoven,  
Overdiek, Kahlen und Parter → 127

3.4.2.1 → Funciones → 127

3.4.2.2 → Criterios de diseño → 128

3.4.2.3 → Integración de los sistemas ambientales  
→ 129

3.4.2.4 → Interpretación espacial → 132

3.4.2.5 → Comentarios particulares → 133

3.4.3 → Edificio Lowara office en Vicenza, obra de  
Renzo Piano → 134

3.4.3.1 → Funciones → 134

3.4.3.2 → Criterios de diseño → 135

3.4.3.3 → Integración de los sistemas ambientales  
→ 136

3.4.3.4 → Interpretación espacial → 137

3.4.3.5 → Comentarios particulares → 139

3.4.4 → Edificio Sede de Ionica en Cambrigde, obra de  
RH Partnership → 140

3.4.4.1 → Funciones → 140

3.4.4.2 → Criterios de diseño → 141

3.4.4.3 → Integración de los sistemas ambientales  
→ 143

3.4.4.4 → Interpretación espacial → 146

3.4.4.5 → Comentarios particulares → 147

3.4.5 → Edificio Menara Mesiniaga en Kuala Lumpur,  
obra de Ken Yeang → 148

3.4.5.1 → Funciones → 148

3.4.5.2 → Criterios de diseño → 148

3.4.5.3 → Integración de los sistemas ambientales  
→ 150

3.4.5.4 → Interpretación espacial → 152

3.4.5.5 → Comentarios particulares → 153

**3.5 → COMENTARIOS GENERALES → 155**

# << C U A T R O >>

## INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE CAMPO.

### 4.1 → ESTUDIO DE DIFERENTES EDIFICIOS DE OFICINA → 157

4.1.1 → Condiciones climáticas del ámbito de  
aplicación del cuestionario → 157

4.1.2 → Desarrollo de la herramienta de evaluación  
del ambiente energético en oficinas → 157

4.1.3 → Descripción del cuestionario → 159

4.1.4 → Diseño de aplicación del cuestionario → 160

4.1.4.1 → Fase piloto → 160

4.1.4.2 → Fase preliminar → 161

4.1.4.3 → Fase definitiva → 161

4.1.5 → Medición de las condiciones energéticas  
→ 162

4.1.6 → Métodos de evaluación de resultados → 165

4.1.6.1 → Análisis de conjunto → 165

4.1.6.2 → Análisis individual → 166

### 4.2 → ANÁLISIS DE FASE DEFINITIVA → 168

4.2.1 → Edificio de Servicios Centrales del Banc de  
Sabadell (SCBS) → 168

4.2.1.1 → Situación del inmueble → 168

4.2.1.2 → Condiciones del cuestionario → 169

4.2.1.3 → Resultados de las encuestas y sus  
relaciones → 170

4.2.1.3.1 → Confort Térmico → 170

4.2.1.3.1.1 → Sensación de temperatura  
durante el invierno según el sexo → 170

4.2.1.3.1.2 → Sensación de humedad  
relativa en invierno → 172

4.2.1.3.1.3 → Sensación de temperatura  
durante el verano según el sexo → 174

4.2.1.3.1.4 → Sensación de humedad  
relativa en verano → 176

4.2.1.3.1.5 → Sensación de la temperatura  
en función de la ubicación durante el  
invierno → 178

4.2.1.3.1.6 → Sensación de la temperatura  
en función de la ubicación durante el  
verano → 180

4.2.1.3.2 → Confort Lumínico → 182

- 4.2.1.3.2.1 → Relación entre iluminación particular y ubicación durante el invierno → 182
- 4.2.1.3.2.2 → Relación entre iluminación particular y ubicación durante el verano → 185
- 4.2.1.3.3 → Confort Acústico → 187
  - 4.2.1.3.3.1 → Conformidad con el ambiente sonoro en relación a la ubicación → 185
  - 4.2.1.3.3.2 → Conformidad de los hombres con el ambiente sonoro → 189
  - 4.2.1.3.3.3 → Conformidad de las mujeres con el ambiente sonoro → 191
- 4.3 → CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CASOS → 194**
  - 4.3.1 → Confort térmico → 194
    - 4.3.1.1 → Temperatura del aire de invierno → 194
    - 4.3.1.2 → Temperatura del aire de verano → 195
    - 4.3.1.3 → Humedad relativa de invierno y verano → 196
  - 4.3.2 → Confort lumínico → 197
    - 4.3.2.1 → Invierno → 197
    - 4.3.2.2 → Verano → 199
  - 4.3.3 → Confort acústico → 200
- 4.4 → COMENTARIOS GENERALES → 202**

## << C I N C O >>

### PROPUESTAS PARA MEJORAR LA HABITABILIDAD ENERGÉTICA EN OFICINAS.

- 5.1 → PROPUESTAS DE CORRECCIÓN DE LAS CONDICIONES ENERGÉTICAS → 204**
  - 5.1.1 → Confort térmico → 204
  - 5.1.2 → Confort lumínico → 210
  - 5.1.3 → Confort acústico → 211
  - 5.1.4 → Comentarios particulares → 213
- 5.2 → PROPUESTAS DE CORRECCIÓN EN LOS SISTEMAS CONVENCIONALES DE CONTROL AMBIENTAL → 215**
  - 5.2.1 → Control térmico → 215
    - 5.2.1.1 → Invierno → 215
    - 5.2.1.2 → Verano → 216
    - 5.2.1.3 → Humedad relativa → 218
    - 5.2.1.4 → Inconvenientes de los sistemas convencionales de control térmico → 219
  - 5.2.2 → Confort lumínico → 219

- 5.2.2.1 → Inconvenientes de los sistemas convencionales de control lumínico → 222
- 5.2.3 → Confort acústico → 223
  - 5.2.3.1 → Inconvenientes de los sistemas convencionales de control acústico → 224
- 5.2.4 → Comentarios particulares → 225
- 5.3 → PROPUESTAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO → 226**
  - 5.3.1 → Orientación y distribución → 227
  - 5.3.2 → Control térmico → 228
    - 5.3.2.1 → Temperatura del aire → 228
    - 5.3.2.2 → Humedad relativa → 230
    - 5.3.2.3 → Velocidad del aire → 231
    - 5.3.2.4 → Temperatura radiante → 231
    - 5.3.2.5 → Aislamiento térmico → 232
    - 5.3.2.6 → Inconvenientes de los sistemas pasivos de control térmico → 232
  - 5.3.3 → Control lumínico → 233
    - 5.3.3.1 → Inconvenientes de los sistemas pasivos de control lumínico → 235
  - 5.3.4 → Control acústico → 235
    - 5.3.4.1 → Inconvenientes de los sistemas pasivos de control acústico → 239
  - 5.3.5 → La problemática de la arquitectura bioclimática → 239
  - 5.3.6 → Comentarios particulares → 240
- 5.4 → COMENTARIOS GENERALES → 241**

## << S E I S >>

### CONCLUSIONES.

- 6.1 → CONCLUSIONES GENERALES → 243
- 6.2 → FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN → 245

## << S I E T E >>

### BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.

- 7.1 → BIBLIOGRAFÍA GENERAL
- 7.2 → HEMEROGRAFÍA GENERAL
- 7.3 → LINKS

- ANEXO UNO
- ANEXO DOS
- ANEXO TRES