

# Análisis y ejecución del estudio térmico en una obra en construcción

---

## Proyecto fin de carrera

01/03/2011 – 29/07/2011

**Jean-Guillaume Prate**



Departamento: Ingeniería de la construcción

---

Director del proyecto: Antoine Hiault

---

Ponente del proyecto: Carlos Monné

---

# Análisis y ejecución del estudio térmico en una obra en construcción

## RESUMEN

He empezado mi proyecto a finales de febrero en la empresa internacional BOUYGUES CONSTRUCTION. Llegué al inicio de la obra en construcción, y estuve en un equipo con Diane Pereira para los edificios A, B y C, tres edificios juntos con un parking en el centro. Había 194 viviendas en esta obra y entre marzo y junio, fueron construidos 3 niveles de los edificios E (E1, E2, E3, E4) y 2 niveles de los edificios A, B y C.

Fue el ingeniero responsable del térmico de los edificios. Un estudio térmico inicial fue hecho pero no era la versión final. El 15 de marzo, recibimos un nuevo estudio térmico, el índice B. Cuando llegó, fui responsable de analizar rápidamente las diferencias con el índice A. He analizado los dos estudios para después comentar las diferencias a los jefes de obra para que mandasen los materiales y que realizaran todas las decisiones en materia de térmico, las que son explicadas en el índice B.

He analizado los cambios del nuevo estudio térmico, y en qué medida van a influir estos cambios. He trabajado sobre los consumos energéticos de los edificios, sobre los materiales, en particular de ruptores térmicos, que eran muy numerosos en el primer índice, y era indispensable conocer su cantidad, para hacer los pedidos. He analizado también la elección de los materiales de aislamiento. Tuvo la oportunidad de elegir mi problemática. El estudio de los pedidos térmicos para los edificios, los pedidos de materiales para los edificios, ayudándome de la reglamentación térmica 2005, me han conducido hacia mi problemática, con todas las preguntas que nacían de este estudio. Así he elegido la problemática siguiente :

Para el aislamiento de las losas de hormigón de planta baja, en estos edificios donde no hay subsuelos, **¿es posible cambiar el aislamiento, un aislamiento con aislante grueso sobre losa que impone obligaciones muy importantes en materia de costes, de tiempo, y de técnica, por aislante bajo la losa de hormigón?** Es decir, cambiar una capa sobre aislante grueso por un “Fibra Xtherm” bajo la losa de hormigón. Además de las obligaciones que imponen los aislantes grueso sobre losa de hormigón, este asunto fue importante para el ingeniero de obras porque la cantidad de aislante “fibra Xtherm” que habíamos pedido era demasiado importante respecto al nuevo estudio térmico. Voy a hacer una análisis detallada de la alternativa en materia de aislante, que cumpliría las obligaciones.

Además, fui responsable de numerosas tareas en la obra: Seguimiento de los edificios A, B y C, controles de calidad de las redes de saneamiento, controles de la buena ejecución de las losas o pantallas de hormigón, controles de seguridad. En el anejo de mi proyecto, voy a tratar estas importantes tareas, que corresponden a momentos en el terreno con los obreros o los jefes de obras, y aprendí mucho con estas tareas.

# Análisis y ejecución del estudio térmico en una obra en construcción

Introducción: .....	4
I. Datos de la obra civil y presupuestos para responder a la problemática .....	5
1. La obra .....	5
a. BOUYGUES CONSTRUCTION .....	5
b. Identificación de la obra .....	7
c. Datos técnicos .....	7
2. La Reglamentación Térmica 2005 .....	9
a. Los puestos energéticos .....	9
b. Cálculo de pérdidas energéticas y cálculo de consumo total.....	10
c. Valores de referencia / Etiquetas.....	10
3. Los cambios .....	11
a. El nuevo recorte .....	11
b. Influencia sobre los resultados energéticos.....	13
c. Cantidad de ruptores.....	14
II. Aislante sobre o bajo la losa de hormigón .....	15
1. Estudio de las diferentes técnicas .....	15
a- El aislamiento en la losa .....	15
b- Qué es el "Fibra Xtherm"?.....	16
c- ¿Qué es una capa sobre aislante grueso ? .....	17
d- Comparaciones de las dos soluciones .....	17
2. Ensayo 1.....	18
a- Introducción .....	18
b- Hipótesis.....	19
c- Resolución: Cálculo de $U_{bat}$ .....	20
3. Ensayo 2.....	23
a- Introducción .....	23
b- Calculo .....	23
c- Comprobación con el cálculo de $U_{bat_{ref}}$ .....	24
Conclusión: .....	25

## Introducción:

He empezado mi proyecto de fin de carrera en las obras a final de febrero. He llegado al principio de la obra civil, y estuve en un equipo con Diane Pereira, encargada de la construcción de tres edificios juntos con un aparcamiento en el centro (edificios A, B y C).

Además de mi papel de control de calidad relativo a la seguridad, a los redes de saneamiento, al respecto de los tolerancias de los paredes y suelos, mi principal misión fue comprobar el nuevo estudio térmico. En efecto, la primera versión no estaba validada y un segundo estudio llegó cuando la obra en construcción ya había empezado.

Las diferencias entre los dos estudios eran importantes por lo cual era muy importante conocer los materiales de mayor importancia para la obra en construcción. Por ejemplo, la cantidad de ruptores térmicos disminuía en el nuevo estudio, mientras que la cantidad de capas sobre aislante grueso aumentaba.

Debía pues, comprobar que el segundo estudio estaba conforme con la RT2005, ver que problemas habían aparecido y cómo resolverlos. Esto me condujo a ver cuáles fueron los cambios del nuevo estudio térmico, y en qué medidas iban a influir estos cambios en las obras, tanto en términos de pedidos de materiales, como en términos de costes y de ejecución.

Por tanto, efectué primeramente una comparación entre ambos índices, a nivel de los consumos energéticos y a nivel de la utilización de materiales, en particular de ruptores térmicos, que eran numerosos en primer índice, y era indispensable conocer su cantidad para hacer los pedidos, porque los primeros muros fueron hundidos y los ruptores comenzaban desde el suelo alto del Piso bajo. Además, esto era necesario también para ver a que economías iban a conducirnos esta disminución del número de ruptores.

Todos estos análisis fueron el punto de partida de la problemática que he desarrollado en este proyecto. Calculando que la cantidad del aislante “fibra Xtherm” que habíamos pedido era demasiado importante respecto al nuevo estudio térmico, propuse a mi tutor estudiar si no podríamos, en sustitución de las capas sobre aislantes gruesos, poner el material « fibra Xtherm » que es un aislante bajo enlosado.

**Mi trabajo preparatorio me conduzo a estudiar la posibilidad de sustituir las capas sobre aislante grueso por aislante sobre losa. Es la problemática que voy a resolver en la segunda parte de este documento.**

Para terminar, en el anejo, voy a exponer tareas importantes que tuve responsabilidad en materia de seguridad, en materia de precisión de ejecución del hormigón y de las redes de saneamiento.

# I. Datos de la obra civil y presupuestos para responder a la problemática

Veremos primero cómo se compone la obra y sus alrededores, veremos luego los fundamentos del RT2005 (reglamentación térmica en Francia). La RT2005 es la base de ambos estudios. Veremos luego las diferencias entre los dos estudios.

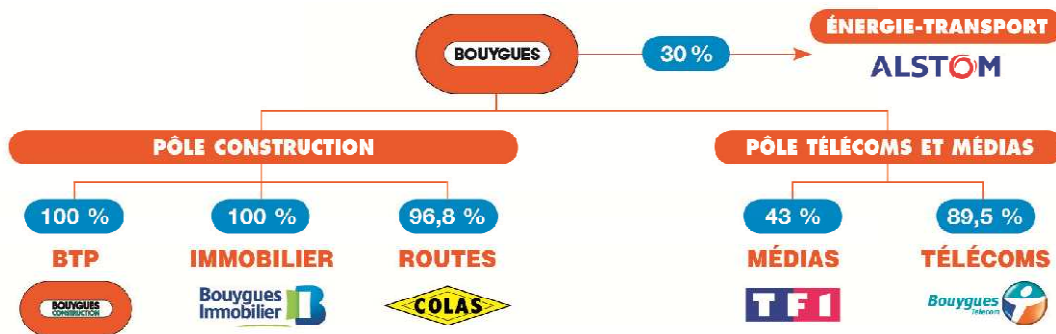
La diferencia entre ambos estudios térmicos proviene de la división de las zonas (distribución de las habitaciones entre categorías). Ha sido modificado para respetar la elección de la dirección de obra. Es este “zoning” que me ha incitado a desarrollar la problemática de mi proyecto sobre la elección de los aislantes. Antes de responder a nuestra pregunta, vamos a comparar los dos estudios, ver lo que apporto el cambio de división de zonas.

Veremos en esta parte lo que motivó esta elección, y cuáles son los cambios que intervinieron después de esta elección, en términos de consumos energéticos, de etiquetas, de elección de materiales y de costes.

## 1. La obra

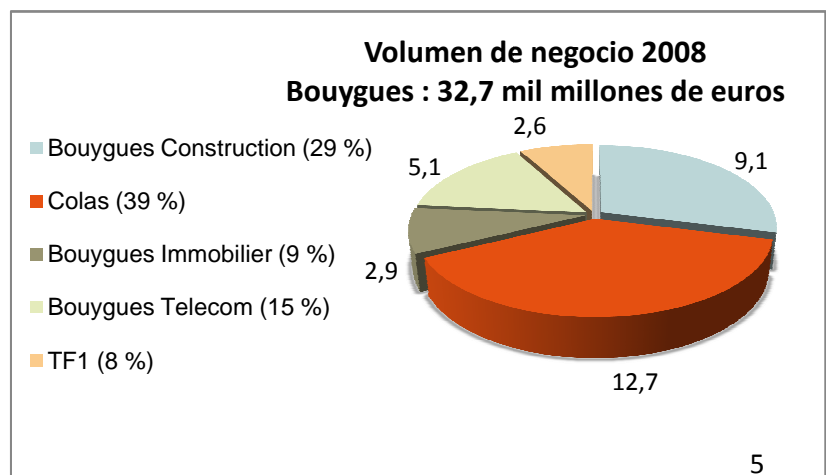
### a. BOUYGUES CONSTRUCTION

El Grupo BOUYGUES está presente en numerosos sectores y contiene numerosas filiales. Los principales polos son el polo Construcción, el polo Telecomunicaciones y medios de comunicación y el polo Energía Transportada. El organigrama abajo presenta las diferentes ramas de la empresa.



Cuadro 1: Organigrama de BOUYGUES

Anotemos que el volumen de negocios fue de 32,7 mil millones de euros en 2008, y aunque las cifras de 2009 y 2010 no son muy buenas, debido a la crisis, la tendencia del volumen de negocio es de nuevo la subida.



Cuadro 2: Volumen de negocio de BOUYGUES

\*ver glosario

Hay 150.000 colaboradores y más de 50.000 en BOUYGUES CONSTRUCCIÓN.

- Volumen de negocio de BOUYGUES CONSTRUCTION : 9,5 mil millones de euros
- Volumen de negocio internacional : 4,1 mil millones de euros.
- 43 % del volumen de negocio total fuera de Francia.
- Presencia en 79 países.



Cuadro 3: Estructura de la parte BOUYGUES CONSTRUCTION

En BOUYGUES BÂTIMENT ILE-DE-FRANCE, el volumen de negocios es de 1 661 M€ con 2,245 M€ de tomas de pedidos en el año 2008. Las cuotas de mercado son de más del 12 % y hay más de 5.000 colaboradores. Una especialidad de esta filial es la realización de obras muy variadas, viviendas y oficinas, rascacielos y obras de ingeniería civil.

En « Habitación Social », podemos dar cifras indicativas:

- Resultado neto : 300 millones de euros.
- 75 obras en ejecución de 2 M€ hasta 30 millones de euros.
- 2.900 pisos por año.
- 100.000 pisos realizados desde 1952.
- 850 Colaboradores.

## b. Identificación de la obra

La obra en construcción se compone de 194 pisos repartidos en 8 edificios sobre tres plataformas: ABC, D y E. No hay subsuelos, los aparcamientos de las viviendas están situados en planta baja y en primer piso. Nueve viviendas individuales con tejados separados tienen que realizar sobre los edificios A, B, E1 y E4. En la ilustración 4, podemos ver los edificios A, B y C. También podemos ver una vivienda individual al primer plano en el centro, y en el espacio en el centro de los tres edificios, la terraza que es encima de los aparcamientos.



*Ilustración 4: Vista de los edificios ABC*

Con un fecha de lanzamiento de la construcción en Febrero 2011 y un fecha de entrega en Agosto 2012, es un trabajo de 18 meses. Hay entre 20 y 50 obreras cada día que trabajan en la construcción de los edificios, sin añadir los ingenieros y las subcontratistas. 126 pisos repartidos en las plataformas ABC y D son de venta social y 68 pisos repartidos en la plataforma E son de venta libre.

Cada semana, había un reunión de obra con el arquitecto (“Internacional d’architecture”) y el cliente (la ciudad de Limeil-Brévannes), para discutir de todos los problemas técnicas, financieras...

## c. Datos técnicos

La obra en construcción es localizada en el departamento Val-de-Marne (Zona climática H1a\*), a una altura de 65m, con un clase de exposición a los ruidos BR3. Este clase de exposición obliga a un refuerzo del aislamiento acústico (más que la especificación normal que es 30 dB). Las especificidades según el plan de comodidad son: Etiqueta HPE para las casas individuales o similares. Exigencias que respetan el RT2005 para las colectivas.

Las principales exigencias son la integración en el sitio y la seguridad. Con respecto al integración en el sitio: el entorno es suburbano. Hay 13 grúas que deben funcionar en buena armonía y con seguridad (sin desconectar el sistema que impide la interferencia de las grúas). Con respecto a la seguridad, es un punto fuerte de la obra porque la obra es aislada en las afueras. Anotemos sin embargo la presencia de merodeadores en las cercanías. Durante mi proyecto, hubo robos en otras obras de la zona, sobre todo cables de grúas. La obra colocó una guardia de noche lo que añadió un coste.

Edificio	ABC	D	E
Número de pisos	80	46	68
Numero de niveles	R+3 y R+7	R+3 y R+6	R+3 y R+6
Número de edificios	3	2	4
Numero de escaleras	3	2	4

Ilustración 5: Detalles de los diferentes edificios

Los ingenieros que han concebido los edificios han elegido la colocación de tecnologías de energías renovables:

- El tablero 6 da las características de los paneles solares térmicos que sirven para el almacenaje de agua caliente sanitaria. Hay los unidades de calentadores y también los calentadores en complemento que sirven en caso de fracaso de un calentador principal.
- El tablero 6 da también la cantidad de los paneles solares que sirven para alimentar los habitaciones en energía eléctrica. Un parte de la electricidad es vendido al servicio francés de energía eléctrica, y una parte es utilizada por los habitaciones. Los paneles solares son inclinados de 30°C orientados en el suroeste para los edificios A, D y orientados en el Sur para el edificio E.

Edificio	A/B	C	D	E
<b><u>Paneles solares térmicos</u></b>				
Captador VITOSOL 200F SV2 Viessmann (uds)	51	27	42	59
Calentador de 3000 Litros (uds)	2			1
Calentador de 2500 Litros (uds)			2	
Calentador de 1500 Litros (uds)		1		1 en complemento
Calentador de 1000 Litros (uds)				1
Calentador de 750 Litros (uds)	1 en complemento		1 en complemento	
Calentador de 500 Litros (uds)		1 en complemento		
<b><u>Paneles solares</u></b>				
Captador mono-cristalino	144 m <sup>2</sup>	-	125 m <sup>2</sup>	113 m <sup>2</sup>

Ilustración 6: Características de las instalaciones de los paneles térmicos y solares

Balance económico:

- ✓ Importe del mercado: 16 290 000 € HT
- ✓ Superficie habitable: 11007 m<sup>2</sup>
- ✓ Superficie habitable media: 56,7 m<sup>2</sup>
- ✓ Numero de parkings: 3 parkings sobre 2 niveles
- ✓ Sótano: no
- ✓ Otros superficies útiles: 410 m<sup>2</sup> de comercios

Ilustración 7: Mapa de los diferentes edificios





## 2. La Reglamentación Térmica 2005

En Francia, es la RT2005 que guió la realización de los estudios térmicos. Es importante conocer las bases para poder analizar las diferencias entre ambos estudios térmicos y sobre todo responder a la problemática.

La Reglamentación térmica RT2005 expone las normas para construir una habitación correctamente aislada y también expone el software para calcular los datos útiles.

En primer lugar, estudiaremos los puestos energéticos abordados en la RT2005:

### a. Los puestos energéticos

Distinguimos en primer lugar los puestos de consumo:

Numerosos puestos son fuentes de consumos energéticos. Son comunes para todos los edificios cualesquiera que sea su utilización.

- ✓ calefacción
- ✓ ventilación
- ✓ climatización
- ✓ agua caliente sanitaria
- ✓ Iluminación artificial
- ✓ electrodomésticos
- ✓ multimedia / ofimática

Podemos anotar que los usos de la energía y los consumos son muy variables de un trabajo al otro. Esencialmente dependen del tipo de edificio. Las oficinas serán mucho más consumidoras de energía para los productos multimedia que una vivienda residencial. En cambio, el consumo de energía para el agua caliente sanitaria evidentemente será más elevado en viviendas.

Por otro lado, los regímenes de utilización de los edificios (intermitencia) tienen enormes consecuencias en el consumo.

Por fin, el reparto del consumo energético en una vivienda también va a evolucionar. El puesto “calefacción” fue el más importante. En los edificios con consumo débil o muy débil, su influencia será ampliamente reducida con relación a puestos que estuvieron considerados como pequeños en el consumo global del edificio.

Anotamos que también existan puestos energéticos que permiten reducir el consumo energético:

- ✓ Internos
  - ❖ Paneles solares térmicos activos y pasivos
  - ❖ Iluminación natural
  - ❖ Recuperación (aire, agua)
  - ❖ Personas y equipos (Lámparas, ordenadores)
- ✓ Sistemas de producción de energía eléctrica o calorífica
  - ❖ Bombas de calor, Caldera de vapor
  - ❖ Precalentamiento, pozo canadiense
  - ❖ Paneles solares fotovoltaicos
  - ❖ Energía de la biomasa
  - ❖ Cogeneración
  - ❖ Eólicas, micro-hidráulica.

La elección adaptada del tipo de calefacción es importante para obtener un consumo débil y general. Pero primero hay que elegir materiales para aislar correctamente el edificio.

## b. Cálculo de pérdidas energéticas y cálculo de consumo total

La RT2005 proporciona el método para calcular las pérdidas de calor en los edificios. Las pérdidas por los cristales son cada vez más grandes en porcentaje respecto a las mejoras en los aislamientos al nivel de las paredes y del suelo.

Tenemos dos coeficientes a calcular para nuestro edificio:

- ✓ Las pérdidas con  $U_{bat}^*$ : Es lo que da las pérdidas máximas a través de los muros, el techo, el suelo, las puertas, y este coeficiente tiene en cuenta la orientación del edificio.
- ✓  $C_{ep}$  es el consumo del edificio en energía primaria (calefacción, ventilación, climatización, producción de agua caliente sanitaria e iluminación de las habitaciones).

Resumiendo, la RT 2005, es:

- ✓ Un objetivo de mejora de los resultados energéticos de los edificios nuevos, al menos 15% respecto a la RT 2000 (40% en 2020)
- ✓ Un objetivo de reducción del recurso a la climatización
- ✓ La idea es comparar nuestro edificio con un edificio de referencia :
  - ❖ El edificio de referencia es ficticio
  - ❖ Con la misma geometría que en el proyecto
  - ❖ Pero las características térmicas de los componentes y equipos utilizados son fijados a valores de referencia.
- ✓ Las principales exigencias son:
  - ❖ La economía de energía: Límite del consumo energético del edificio.
  - ❖ La comodidad en verano: Límite de la temperatura alcanzada en verano en el edificio (sin climatización)
  - ❖ Las características térmicas mínimas: Exigencia de resultados térmicos mínimos para una serie de componentes y equipos

## c. Valores de referencia / Etiquetas

Los valores a respetar dependen de las zonas climáticas. Francia se recorta según 8 zonas climáticas diferentes respecto a temperaturas e insolación. Hay 3 zonas para el invierno y 4 zonas a, b, c, d para el verano, como se puede ver sobre la mapa 8.

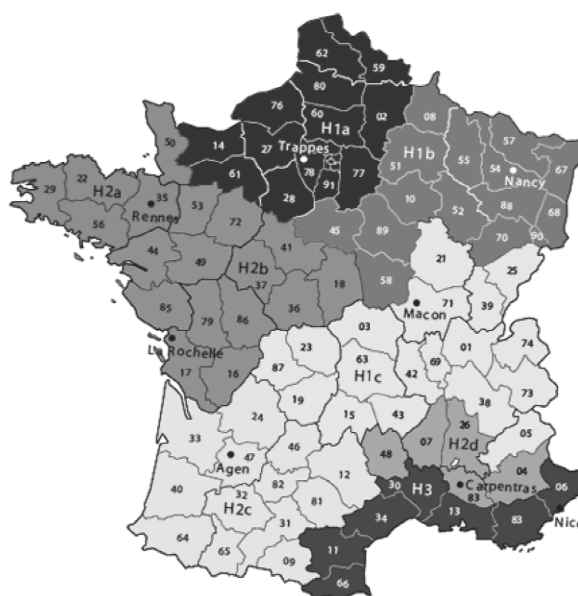


Ilustración 8: Mapa de las diferentes zonas climáticas

El consumo de energía de su edificio, exprimido en  $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$  para la calefacción, el agua caliente sanitaria, el enfriamiento, los auxiliares (así como la iluminación en residencial) debe ser inferior al del edificio de referencia:  $C_{\text{ep}} \leq C_{\text{ep ref}}$

Para las viviendas: el consumo de energía de su edificio para la calefacción, el enfriamiento y el agua caliente sanitaria debe ser inferior al consumo máximo:  $C_{\text{ep}} \leq C_{\text{ep máx}}$

La temperatura alcanzada en verano en su edificio (sin climatización) debe ser inferior a la temperatura alcanzada en verano en el edificio de referencia:  $T_{\text{ic}} \leq T_{\text{ic ref}}$

En la construcción de habitaciones, resultados mínimos son requeridas para una serie de componentes y equipos, particularmente para el aislamiento, para el sistema de calefacción, para el agua caliente sanitaria, para un dispositivo de control de los consumos. La tabla 8 siguiente muestra los valores máximas de consumo las cuales dependen de las zonas climáticas:

Tipo de calefacción	Zona climática	Consumo normal para la calefacción, el enfriamiento y la producción de agua caliente sanitaria en kWh primario /m <sup>2</sup> /ano
<b>Combustibles fósiles</b>	H1	130
	H2	110
	H3	80
<b>Calefacción eléctrica (y bomba de calor)</b>	H1	250
	H2	190
	H3	130

Ilustración 9: Consumo máximo (en energía primaria) para consumos de calefacción, enfriamiento y producción de agua caliente sanitaria

Para valorar los edificios que obtienen un nivel de resultados energéticos superior al nivel reglamentario, existen etiquetas:

- ✓ Etiqueta alta resultado energético:  $C < C_{\text{réf}} - 10\%$
- ✓ Etiqueta muy alto resultado energético:  $C < C_{\text{réf}} - 20\%$
- ✓ Etiqueta muy bajo consumo
- ✓ Etiqueta energía renovable

### 3. Los cambios

Diferentes estudios térmicos han sido hechos. La oficina de proyectos de BOUYGUES realizó dos. El segundo fue difundido en marzo. Mi papel fue analizar los cambios con relación al estudio precedente en términos de realizaciones energéticas, de costes y de elección de materiales. Son estos cambios los que me han orientado hacia la elección de mi problemática.

#### a. El nuevo recorte

El nuevo estudio térmico ha sido realizado según un nuevo recorte pedido por la dirección de obra. La obra comprende 3 tipos de viviendas:

- Viviendas colectivas
- Viviendas individuales bajo colectivos, que son dúplex situados bajo los colectivos
- Viviendas individuales, pequeñas casas con techos propios.

Lo que han cambiado son las viviendas individuales bajo los colectivos, que habían sido integrados con los colectivos, y que han sido separados en los cálculos del nuevo estudio. Las exigencias son:

1)  $C_{ep}$  calefacción para cada vivienda colectiva  $\leq 35$  kWhep/m<sup>2</sup>SDO.an

2)  $C_{ep}$  proyecto (total) para cada vivienda colectiva  $\leq 78$  kWhep/m<sup>2</sup>SDO.an

3) Nivel HPE (Alto nivel energético) para las viviendas individuales.

En el primer estudio térmico, las viviendas colectivas no respetaban la exigencia 1 como podemos verlo sobre el cuadro 10 siguiente:

nb de logts		BAT 1 901/A 1 MI	BAT 2 A 21 COL
Sha	m2	68,7	1208,3
SDO	m2	84,19	1480,81
Shon	m2	80,91	1423,09
Ubat	W/C.m2	0,466	0,618
Ubatréf	W/C.m2	0,591	0,673
Ubat max	W/C.m2	0,669	0,844
Gain Ubat/Ubatmax	%	30,29	26,72
<b>Cep projet</b>	kWh.ep/m2 Shon/an	<b>87,33</b>	<b>43,95</b>
Cep réf	kWh.ep/m2 Shon/an	123,93	114,8
Gain Cep/Cepréf		29,53	61,71
<b>Cep projet</b>	kWh.ep/m2 SDO/an	<b>83,9</b>	<b>42,2</b>
Cep exigence	kWh.ep/m2 SDO/an		
Cep chauff	kWh.ep/m2 Shon/an	52,9	44,1
Cep chauff	kWh.ep/m2 SDO/an	50,9	42,4
Cep chauff exigence	kWh.ep/m2 SDO/an		35
<b>Moyenne Cep projet/SDO</b>	kWh.ep/m2 SDO/an	<b>7 066,06</b>	<b>62 544,71</b>
Cep exigence	kWh.ep/m2 SDO/an		
<b>Moyenne Cep chauff/SDO</b>	kWh.ep/m2 SDO/an	<b>4 281,87</b>	<b>62 800,87</b>
Cep chauff exigence	kWh.ep/m2 SDO/an		35

Ilustración 10: Tabla del primero estudio térmico

Así, observamos que para los colectivos del edificio A, el  $C_{ep}$  calefacción era 42,2 kWhep / m<sup>2</sup>SDO.an para una exigencia de 35.

Para respetar el estudio, las viviendas individuales han sido calculadas separadamente. En el nuevo estudio, respetan la exigencia 3, es decir la etiqueta HPE (alto nivel energético).

Estudio térmico índice A	A 21 colectivos B 31 colectivos C 26 colectivos	Exigencia 1 no respetado por los colectivos y dúplex
	MI 901 MI 705	Exigencia 3 (HPE)
Estudio térmico índice B	A 19 colectivos B 28 colectivos C 22 colectivos	Exigencia 1 respetado para los colectivos
	MI 901,902 MI 903 MI 701,702,703 MI 704 MI 705 MI 801,802,803	Respetar la Exigencia 3 (HPE) para la viviendas individuales y dúplex bajo colectivos

Tabla 11: Balance de las exigencias a respetar para las viviendas ABC (MI=vivienda individual)

Este nuevo recorte, respetando las elecciones del director de obra, obligó a la oficina de proyectos a ver de nuevo el estudio completo.

Vamos a ver en la siguiente parte cuales fueron las ganancias realizadas desde el punto de vista energético en respuesta al nuevo estudio térmico.

## b. Influencia sobre los resultados energéticos

El nuevo recorte ha cambiado los resultados energéticos de los edificios. Además del nuevo recorte, los ingenieros procuraron optimizar las realizaciones energéticas de los edificios para hacer disminuir el presupuesto para el aislamiento. Podemos ver en la tabla 10 los resultados de los dos índices y el coeficiente  $U_{bat}/U_{batmax}$  nos da la diferencia entre el edificio y el edificio de referencia (materiales de referencia según la RT2005).

Hipótesis en la tabla 11: comparación hecha con las habitaciones que respetan las exigencias 1 y 2 en el estudio índice B. Son 19 en el edificio A, 28 en el edificio B y 22 en el edificio C ( Ver Tabla 12).

		Índice A				Índice B			
		A	B	C	total	A	B	C	total
Número de viviendas		19	28	22	<b>69</b>	19	28	22	<b>69</b>
Sha*	m <sup>2</sup>	1053	1517	1139	<b>3710</b>	1053	1517	1139	<b>3710</b>
SDO*	m <sup>2</sup>	1341	1900	1376	<b>4617</b>	1341	1900	1376	<b>4617</b>
Shon*	m <sup>2</sup>	1248	1843	1411	<b>4502</b>	1248	1843	1411	<b>4502</b>
$U_{bat}$ *	W/°C.m <sup>2</sup>	0,637	0,602	0,576	<b>0,604</b>	0,637	0,667	0,645	<b>0,652</b>
$U_{batref}$ *	W/°C.m <sup>2</sup>	0,686	0,725	0,716	<b>0,711</b>	0,686	0,725	0,716	<b>0,711</b>
$U_{batmax}$ *	W/°C.m <sup>2</sup>	0,86	0,91	0,90	<b>0,89</b>	0,86	0,91	0,90	<b>0,89</b>
<b>Ganancia</b>	%	7%	17%	20%	<b>15%</b>	7%	8%	10%	<b>8%</b>
$C_{ep}$ proyecto*	kWh.ep/m <sup>2</sup> Shon/an	39	58	57	<b>52</b>	39	62	61	<b>55</b>
$C_{ep}$ ref*	kWh.ep/m <sup>2</sup> Shon/an	111	97	99	<b>102</b>	111	97	99	<b>102</b>
<b><math>C_{ep}</math> proyecto</b>	kWh.ep/m <sup>2</sup> SDO/an	36	57	58	<b>51</b>	36	60	62	<b>54</b>
<b><math>C_{ep}</math> exigencia</b>	kWh.ep/m <sup>2</sup> SDO/an				<b>78</b>				<b>78</b>
$C_{ep}$ calefacción	kWh.ep/m <sup>2</sup> Shon/an	42	28	26	<b>31</b>	42	32	30	<b>34</b>
<b><math>C_{ep}</math> calefacción</b>	kWh.ep/m <sup>2</sup> SDO/an	39	27	26	<b>30</b>	39	31	31	<b>33</b>
<b><math>C_{ep}</math> calefacción exigencia</b>	kWh.ep/m <sup>2</sup> SDO/an				<b>35</b>				<b>35</b>

Tabla 12: Cuadro comparativo de los resultados conseguidos con los diferentes estudios térmicos de los edificios ABC

Observamos que el segundo estudio, la segunda columna, da resultados más próximos de las exigencias (exigencias 1 y 2 visto antes).

Las pérdidas (y, consecuentemente, los consumos para el edificio A) aumentaron un poco para los colectivos quedando inferiores a las exigencias. ¿Cuál es el cambio que aumentó estas pérdidas? En realidad, este crecimiento del consumo es una consecuencia de que, en el nuevo estudio, menos huecos térmicos han sido tratados.

Los huecos térmicos fueron ampliamente tratados en el primer estudio por ruptores térmicos, que son escudos anti-pérdida de energía. En un contexto reglamentario que pretende reducir el consumo energético de los edificios y por consiguiente las emisiones de gas de efecto invernadero, la consolidación del aislamiento de la estructura, y con él el tratamiento de los huecos térmicos\*, es primordial. Los huecos térmicos son "hoyos" a través del aislamiento y estos últimos son responsables, según el CSTB (Centro científico y técnico de la construcción), del 10 al 40 % de huida.



Ilustración 13: Ruptor térmico de balcones

**El importe preventivo en ruptores térmicos era impresionante, el segundo estudio permitió reducir los huecos térmicos tratados al nivel de los colectivos y casas individuales bajo colectivos, quedándose en las exigencias.** En anejo 4, podemos ver donde los ruptores térmicos han sido quitados con un plan del ingeniero térmico donde ha puesto estas modificaciones.

### c. Cantidad de ruptores

Con el nuevo estudio térmico, era necesario repetir el cálculo de las cantidades de ruptores térmicos.

Era necesario volver a coger las cantidades rápidamente por varias razones. Por una parte, para estar seguro del emplazamiento de cada uno de los ruptores, porque todavía no teníamos los planos de la oficina técnica y debíamos efectuar los primeros pedidos. Por otra parte, para darse cuenta de los costes de los ruptores y las economías que íbamos a hacer gracias a las optimizaciones hechas en el nuevo estudio.

Para los costes, he actualizado el cuadro que había sido hecho para el índice A del estudio térmico para conocer la economía posible con el índice B, sea un trabajo muy largo porque necesitaba calcular de nuevo todos los metros de ruptores con los planos modificados por los ingenieros térmicos. Sea muy complicado porque eso necesitaba comprender el proceso de concepción de los ingenieros. Pero sea también muy importante para conocer muy bien la obra civil y con estos conocimientos, ayudar a los otros ingenieros o a los obreros.

	INDICE A				
	FACHADA	BALCONES	TERRAZAS	ACROTERAS	TOTAL
<b>EDIFICIO A</b>	218	33	114	147	512
<b>EDIFICIO B</b>	291	84	56	149	581
<b>EDIFICIO C</b>	227	49	78	205	558
<b>EDIFICIO D</b>	401	121	73	292	887
<b>EDIFICIO E</b>	606	216	109	412	1343
<b>TOTAL</b>	<b>1743</b>	<b>503</b>	<b>430</b>	<b>1206</b>	<b>3881</b>
<b>PU</b>	68 €	100 €	100 €	68 €	
<b>TOTAL HT</b>	<b>118 521 €</b>	<b>50 284 €</b>	<b>43 005 €</b>	<b>81 984 €</b>	<b>293 794 €</b>

Tabla 14: Cantidad de ruptores (en metro) siguiente al índice A del estudio térmico.

	INDICE B					
	FACHADA	BALCONES	TERRAZAS	ACROTERAS	PARKING	TOTAL
<b>EDIFICIO A</b>	147	33	71	80	13	344
<b>EDIFICIO B</b>	265	0	0	7	7	279
<b>EDIFICIO C</b>	167	0	0	16	16	199
<b>EDIFICIO D</b>	397	0	104	0	20	522
<b>EDIFICIO E</b>	529	191	189	209	0	1118
<b>TOTAL</b>	<b>1506</b>	<b>224</b>	<b>364</b>	<b>312</b>	<b>56</b>	<b>2462</b>
<b>PU</b>	68 €	100 €	100 €	68 €	68 €	
<b>TOTAL HT</b>	<b>102 433 €</b>	<b>22 419 €</b>	<b>36 386 €</b>	<b>21 203 €</b>	<b>3 784 €</b>	<b>186 225 €</b>

Tabla 15: Cantidad de ruptores (en metro) siguiente al índice B del estudio térmico.

Los precios por unidad comprenden el precio de los ruptores y el precio de la mano de obra para ponerlos. Pero es un precio aproximado de los ruptores y lo mismo para el tiempo considerado para la mano de obra. La economía realizada tiene que ser interpretado con delicadeza, ya que las cantidades que vamos a utilizar realmente en la obra no corresponderán exactamente a la tabla.

El ahorro es más o menos de 100 000 €.

## II. Aislante sobre o bajo la losa de hormigón

De acuerdo con el primer estudio, los ingenieros habían comprado “Fibra Xtherm” para todos los edificios. Pero, en el nuevo estudio térmico, se han preferido las capas sobre aislante grueso, que es una técnica para aislar. Voy a describir las dos técnicas en los párrafos 1.b. y 1.c. de esta parte. Por tanto, había una enorme cantidad de “Fibra Xtherm” que nos quedaba, aproximadamente nueve paletas (600 m<sup>2</sup> del aislante Xtherm). Hablando con mi tutor, el ingeniero encargado de todos los edificios, hemos visto que podría ser interesante utilizar el Xtherm que nos quedaba mientras que hacer este otro aislamiento, con el aislante sobre losa. Por tanto, en esta parte, voy a responder a la problemática sobre la cual trabajé durante mi proyecto en empresa:

**¿Es posible cambiar el aislante encima de la losa por aislante bajo la losa de hormigón?**

### 1. Estudio de las diferentes técnicas

En primer lugar, para responder a la problemática, es necesario conocer todas las características de los aislantes. Primero, vamos a ver una vista general del aislamiento de la losa y, después las características de los aislantes que vamos a utilizar. Por fin, vamos a estudiar las ventajas o inconvenientes que colocan las diferentes tecnologías en nuestro obra civil.

#### a- El aislamiento en la losa

Las losas sin aislar pierden considerable calor en el invierno a través de su perímetro. Aislar los cimientos de una habitación es más difícil que aislar la mayoría de las otras áreas de una habitación a causa del ambiente que rodea el aislamiento. Si el aislamiento está bajo el nivel del suelo, entonces debe resistir la presión del suelo, proporcionar drenaje si es necesario. Mientras que el aislamiento del interior de un cimiento elimina algunas de estas dificultades, presenta sus propios problemas únicos. Estos problemas incluyen:

- ✓ Prevenir que el aire llegue a la pared de concreto de los cimientos, lo que causa condensación
- ✓ Asegurarse que el aislamiento cumpla con los códigos de incendio
- ✓ Establecer cómo puede ser acabado.

Los constructores usan bloques de concreto o concreto vertido para construir las paredes de los cimientos y otras paredes de albañilería. El aislamiento de las paredes de los cimientos es difícil de aislar porque no existe una cavidad conveniente dentro de la cual podemos aislar.

Generalmente, las soluciones que existen son las siguientes, visibles en la ilustración 16:

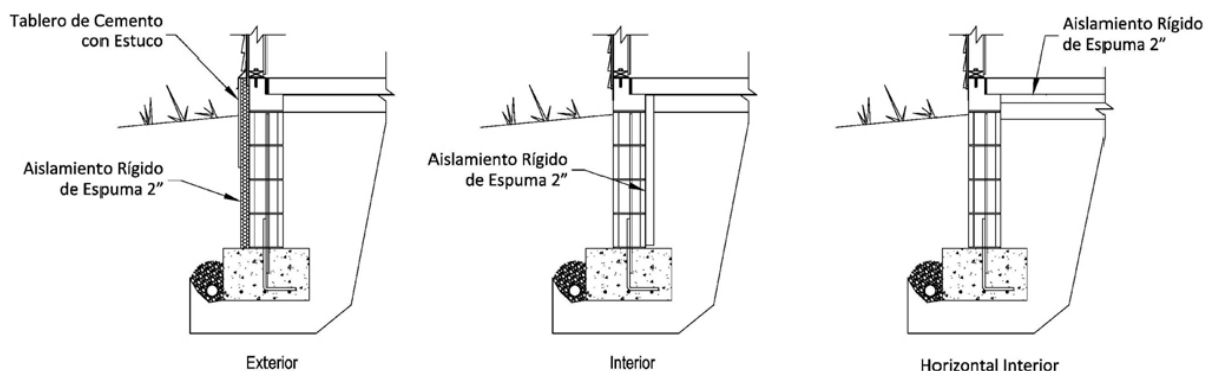


Ilustración 16: Opciones para la ubicación del aislamiento en la Losa

La Solución 1 es el aislamiento exterior rígido de fibra de vidrio o aislamiento de espuma. El aislamiento rígido es más costoso que el de lana mineral o de celulosa; sin embargo, su rigidez es una ventaja importante. El aislamiento rígido se puede poner directamente sobre una pared de los cimientos antes de rellenar y rinde excelente valor de aislamiento. Además, el aislamiento exterior ayudará a proteger la impermeabilización. Permite que el muro de bloque o de cemento proporcione la masa térmica en invierno y verano.

La Solución 2 es el aislamiento de la pared interior con espuma. El aislamiento de espuma se puede instalar en el interior de las paredes de los cimientos, pero debe ser cubierto con un material que resista y cumpla con los requisitos locales del código de incendio. Se necesitará instalar las tiras de madera (o de metal) para el espacio de aire. Las tiras son generalmente instaladas entre las hojas de aislamiento espuma; sin embargo, para evitar el puente térmico, entre el muro de cemento y las tiras, se debe instalar una capa continua de espuma por debajo o arriba (ubicación preferida) de las tiras para clavar.

### b- Qué es el “Fibra Xtherm”?

El Fibra Xtherm forma parte de las técnicas de aislamiento por el exterior. Es un procedimiento de aislamiento térmico bajo las losas de hormigón con la ayuda de tableros compuesto de lana de madera constituidos por un alma en PSE (poliestireno estirado) Knauf XTherm 33 y de 2 paramentos de 5 mm en fibras largas de madera resinosos seleccionados y mineralizados y envueltos en cemento gris. Los componentes principales son la madera, el cemento y la cal.



Ilustración 17: Fibra Xtherm

También para responder a nuestra problemática, es importante conocer los resultados térmicos de una losa de hormigón de 20 cm con “Fibra Xtherm E”.

La tabla 18 da valores de referencia:

PANNEAUX FIBRA XTherm E	Épaisseur en mm	80	100	115	125	150
	Résistance thermique R (m <sup>2</sup> .K/W) (Certificat ACERMI n° 03/007/314)		2,20	2,85	3,30	3,60
Dalle béton ép. 20 cm avec panneaux de FIBRA XTherm E en sous-face	Coefficient de transmission surfacique Up sur vide sanitaire ou parking faiblement ventilé (W/m <sup>2</sup> .K)	0,38	0,30	0,27	0,25	0,21

Tabla 18: Tabla con las resistencias térmicas y los coeficientes de transmitancia térmica U del Xtherm



### c- ¿Qué es una capa sobre aislante grueso ?

La técnica de aislamiento con un capa sobre aislante grueso forma parte de las técnicas de aislamiento por el interior. Una capa (se llama « una capa flotante » en Francia) es un capa fina de mortero vertido sobre una capa de aislante. La capa de aislante está colocado encima de la losa de hormigón. Este capa es utilizado por ventajas de aislamiento acústico. Pero es también un solución muy buena para reducir el hueco térmico entre el suelo y la parada. En este caso, el aislante está colocado entre la losa de hormigón de 20cm y una capa de hormigón de 5cm. El aislante es un “Efisol TMS FM 60” con un aislante acústico “assour”. Los componentes del TMS son una placa de espuma de poliuretano, con un capa estanca en los dos lados. Una gran ventaja es la eliminación de los huecos térmicos\* entre la losa de hormigón y la pantalla. La conductividad térmica es de :  $\lambda_D = 0,022 \text{ W/(m.K)}$  para un espesor de 48 a 100 mm.

Espesor	25	40	68	80	100
Resistencia térmica R	1	1,7	3,15	3,7	4,65

Tabla 19: Tabla con las resistencias térmicas del Efisol



Ilustración 20: Sección del aislante Efisol

Las soluciones de aislamiento térmico por el exterior han sido recomendadas por la RT 2005. Así, “en suelo bajo sobre un local no calefactado o sobre el exterior, el tratamiento del hueco térmico puede ser conseguido con una capa flotante armada de 6 cm sobre un complejo de espuma de poliuretano de espesor  $e = 6$  a 8 cm y de una subcapa acústica tipo Assour Chape 19 o Tramichape fibra + película: Las ganancias son del 2 al 4 % sobre el coeficiente C (consumo total de energía de un edificio) ”.

### d- Comparaciones de las dos soluciones

Las dos soluciones tienen cada una sus ventajas. La colocación de “Fibra Xtherm” sobre la obra civil no presenta ningún problema y se ejecuta muy bien. Esta colocación interviene después de la colocación de la arenilla y de la película de polyane (que permite evitar las infiltraciones de humedad y la mezcla entre la arenilla y el hormigón), y antes del herraje del suelo. En cambio, esta solución deja huecos térmicos que necesitan un aislamiento, o que se puede dejar pero quienes reducen en este caso el aislamiento del edificio. Para tratar estos huecos térmicos, la solución es aislar por ruptores térmicos\*.

Si utilizamos una capa sobre aislante grueso, la realización es más difícil porque hay que contratar una empresa para hacer las capas y poner el aislante. Es una carga porque tenemos que controlar e integrar las intervenciones en la planificación. Desde el punto de vista técnico, tenemos también un hueco térmico a tratar: es el hueco en la unión entre la capa y las pantallas. Este tratamiento es realizado por elementos aisladores en poliestireno estirado o de lana de roca de 6cm por 8cm de altura. Pero las paredes dobladas están de tal manera aisladas en nuestra obra porque el aislamiento se hace dentro de las viviendas: por tanto, esto no plantea problema suplementario. La ilustración 21 son los esquemas de las dos soluciones.

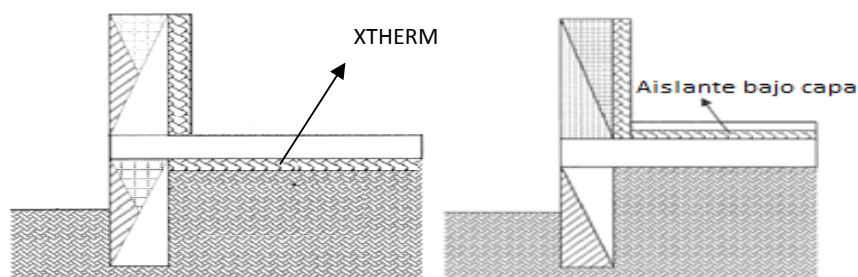


Ilustración 21: solución “Fibra Xtherm” y solución aislante bajo la capa

## 2. Ensayo 1

### a- Introducción

Como he dicho, los ingenieros que han hecho el estudio térmico B han elegido una capa sobre aislante para las casas individuales a planta baja. Pero las cantidades de “Fibra Xtherm” que quedaban sean muy importantes.

Vamos a ver si es posible utilizar este Xtherm. La otra solución es venderlo a otras obras civiles de “Bouygues Construcción” pero es una pérdida de tiempo, y pérdida de dinero porque tenemos que transportar de nuevo este cargamento.

Primero voy a calcular los coeficientes U para los dos aislantes. La comparación de los coeficientes de transmisión térmica U de los dos aislantes va a darnos lo mejor. Un aislante es bueno tanto mas cuanto que su coeficiente U es pequeño. Si el Xtherm es un aislante de mejor eficiencia que la capa sobre aislante grueso, no podemos decir si el Xtherm podría reemplazar la capa sobre aislante grueso porque el Xtherm deja huecos térmicos\*. Pero si el Xtherm es un aislante de menor eficiencia que la capa sobre aislante grueso, podemos concluir que de tal manera, no es posible sustituir las capas sobre aislante grueso por Xtherm.

Hipótesis: b es el coeficiente de reducción de temperatura, aproximadamente 0,95 para las viviendas colectivas.

X THERM	Espesor	Conductividad térmica		Resistencia térmica	
	(m)	kcal/h m °C	W/m °C	hm <sup>2</sup> °C/Kcal	m <sup>2</sup> °C/W
Fibra Xtherm 100 mm	0,1	0,0301	0,035	3,3206	2,8571
Losa de hormigón	0,2	1,7208	2	0,1162	0,1000
Resistencias superficiales int				0,1500	0,1300
Resistencias superficiales ext				0,1000	0,8000
Resistencia total				3,6869	3,8871
<b>U</b>	<b>Kcal/m<sup>2</sup> °C</b>	<b>0,2712</b>	<b>W/m<sup>2</sup> °C</b>	<b>0,2573</b>	<b>b=1</b>

CAPA + AISLANTE GRUESO	Espesor	Conductividad térmica		Resistencia térmica	
	(m)	kcal/h m °C	W/m °C	hm <sup>2</sup> °C/Kcal	m <sup>2</sup> °C/W
Capa	0,05	1,7208	2	0,0291	0,0250
Efisol TMS 60 mm	0,06	0,0198	0,023	3,0319	2,6087
Losa de hormigón	0,2	1,7208	2	0,1162	0,1000
Resistencias superficiales int				0,1500	0,1300
Resistencias superficiales ext				0,1000	0,8000
Resistencia total				3,4272	3,6637
<b>U</b>	<b>Kcal/m<sup>2</sup> °C</b>	<b>0,2918</b>	<b>W/m<sup>2</sup> °C</b>	<b>0,2729</b>	<b>b=1</b>

Tabla 22: Valores de los coeficientes U para los dos opciones

**U(Xtherm) < U(Capa+aislante grueso), por tanto, no podemos concluir si el Xtherm puede reemplazar la capa sobre aislante grueso. Con el ensayo 1, vamos a ver si es posible intercambiar los aislantes sin cambiar nada más en la construcción.**

En este ensayo, siempre con el objetivo de responder a la problemática de la sustitución de las capas por “Fibra Xtherm”, voy a calcular  $U_{bat}^*$  con los dos aislantes. Con el Xtherm, vamos a considerar que hay un hueco térmico adicional, como hemos visto en la parte de los aislantes.

Si el U en el caso del Xtherm es más grande, esto quiere decir que el aislante, aunque el Xtherm es un mejor aislante, no es suficiente para subsanar al déficit creado por huecos térmicos. Si el U (experiencia Xtherm) < U (experiencia Capa+aislante grueso), podemos concluir que el Xtherm es suficiente para subsanar al déficit creado por huecos térmicos. Ahora vamos a dar las hipótesis que vamos a utilizar para el ensayo 1.

## b- Hipótesis

En esta experiencia, vamos a calcular los datos para el edificio D. Efectivamente, en el nuevo estudio térmico, el edificio D contiene capas, para las casas individuales o las casas individuales bajo colectivos. Escogí interesarme por el edificio que contiene la superficie más grande de viviendas individuales ('duplex') bajo colectivos, el edificio D. Las viviendas individuales bajo colectivos constituyen para el edificio D una superficie de 525 m<sup>2</sup>.

Toda la planta baja del edificio D está constituida por casas individuales (planta baja y primera planta). En el centro se encuentra el aparcamiento (planta baja y primera planta). He llamado numerosas veces al especialista de la térmica en "Bouygues Construction" quien se ocupó del estudio térmico. Me aportó informaciones importantes, como el hecho de que en caso de dos viviendas codo con codo, no se tome en cuenta el hecho de que una vivienda podría no ser calefactada, por ejemplo porque no es alquilada.

En cambio pueden ocurrir pérdidas entre las habitaciones. Por ejemplo, los cuartos de baño son considerados a una temperatura de 21°C mientras que las estancias son consideradas a 19°C. Por tanto, hay pérdidas entre una estancia y una sala de baño.

### Balance de las paredes para el cálculo de $U_{bat}$ :

Hay que tener en cuenta para los cálculos, las paredes opacas, vítreas o translúcidas que separan el volumen calentado del edificio:

- ✓ Del exterior
- ✓ Del suelo
- ✓ De los locales no calefactados

No hay que tomar en cuenta:

- ✓ Las paredes aisladas ( $U \leq 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ) de los locales calefactados que están al lado de volúmenes interiores.
- ✓ Las paredes y las puertas de acceso a los ascensores al lado de locales calefactados, cuando las paredes verticales de estos ascensores son aisladas.
- ✓ Las puertas de acceso a los locales comerciales, a los locales públicos, y a los volúmenes interiores.

He empezado con el cálculo de las superficies de las viviendas, es decir las viviendas dúplex bajo colectivos del edificio D. Es lo primero que se debe calcular para el cálculo de las pérdidas. Recuerdo en el anejo las definiciones del SHA\*, del SDO\* y el SHON\*.

Respetando las normas Th-U, vamos a calcular  $U_{bat}^*$ , coeficiente medio de transmisión a través de las paredes que dividen el volumen calefactado del exterior, del suelo y de los locales no calefactados. Se expresa en  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Vamos a calcular  $U_{bat}^*$  en el caso de capa+aislante luego en el caso del "Fibra Xtherm".

Debemos también dar presupuestos a propósito del hueco térmico que va a interesarnos, el que no es tratado cuando utilizamos el Xtherm. Es el hueco térmico entre la pared y la losa de hormigón, podemos verle en la ilustración siguiente. Este hueco térmico se llama « suelo L8 »

Pues, tomamos las hipótesis siguientes por los huecos térmicos L8 (Hueco térmico de hormigón sobre suelo):

- ✓ Sin tratamiento de los huecos térmicos, el coeficiente lineal de pérdidas es de 0,78
- ✓ Con tratamiento de los huecos térmicos, el coeficiente es de 0,1

En estas circunstancias, para el U del hueco térmico suelo L8, es 0,78 cuando ponemos el “Fibra Xtherm” y 0,1 cuando ponemos una capa sobre aislante grueso, ya que la capa+aislante trata el hueco térmico y el “Fibra Xtherm” no lo trata.

Cualquiera de los datos son extraídos del estudio térmico:

- ✓ El coeficiente b, coeficiente de reducción de temperatura, columna 5 de los tableros.
- ✓ Los valores de las conductividades térmicas de los huecos térmicos, que no están al lado de las losas sobre suelo, son extraídos del estudio térmico.
- ✓ Los aires de los diferentes pantallas, ventanas, losas, huecos térmicos.
- ✓ Las pérdidas de calor relativo a los huecos térmicos lineal o a dos dimensiones, son cuantificados por un coeficiente lineico  $\psi$  expresado en Watt por metro y por kelvin(W/(m.K)). Mas  $\psi$  es grande, mas las pérdidas de calor à través del hueco térmico son importantes. En el estudio térmico, son los coeficientes  $\psi$  que han sido calculados, y en los tableros de los ensayos, los datos utilizados son este coeficiente  $\psi$  con un longitud en metro.

En los tableros, calculé  $U_{bat}$  con la formula:

$$U_{bat} = (\sum U_i A_i + \sum \Psi_{\kappa} L_{\kappa}) / \sum A_i$$

Con U: coeficiente de pérdidas a través del aire A de una pantalla

Con  $\psi$ : coeficiente de pérdidas lineales a través de la longitud L de la conexión

### c- Resolución: Cálculo de $U_{bat}$

Aquí dejo mis cálculos de los coeficientes U para las paredes. Los cálculos de los coeficientes de transmisiones, para las ventanas son extraídos del estudio térmico.

Pared exterior	Espesor (m)	Conductividad térmica		Resistencia térmica	
		kcal/h m °C	W/m °C	hm² °C/Kcal	m² °C/W
PSE Th30 80+13mm	0,093	0,030114723	0,035	3,088190476	2,65714
Pantalla de hormigón	0,16	1,7208413	2	0,092977778	0,08
Resistencias superficiales int				0,13	0,11
Resistencias superficiales ext				0,07	0,06
Resistencia total				3,381168254	2,90714
<b>U</b>	<b>Kcal/m² °C</b>	<b>0,295755764</b>	<b>W/m² °C</b>	<b>0,343980344</b>	b=1

Pared interior (escalera)	Espesor (m)	Conductividad térmica		Resistencia térmica	
		kcal/h m °C	W/m °C	hm² °C/Kcal	m² °C/W
PSE Th30 80+13mm	0,093	0,030114723	0,035	3,088190476	2,65714
Pantalla de hormigón	0,18	1,7208413	2	0,1046	0,09
Resistencias superficiales int				0,18	0,15
Resistencias superficiales ext				0,18	0,15
Resistencia total				3,552790476	3,04714
<b>U</b>	<b>Kcal/m² °C</b>	<b>0,281468892</b>	<b>W/m² °C</b>	<b>0,328176278</b>	b=0,8

Tabla 23: Valores de los coeficientes U para las paredes exterior y interior

Ahora, voy a calcular  $U_{bat}$  con los dos aislamientos diferentes:

Para eso, utilizamos los presupuestos anteriores, los coeficientes de transmisión térmica de las pantallas, los presupuestos de los estudios térmicos para las transmisiones de las ventanas y puertas.

✓ Cálculo de  $U_{bat}$  con capa y aislante grueso :

Designación	U W/m <sup>2</sup> .°C	b	Aire m <sup>2</sup>	Perdidas W/°C
Muro interior	0,328	0,95	300,34	93,586
Muro exterior tipo 1	0,340	1	270,51	91,973
Muro exterior tipo 2	2,100	1	2,70	5,670
Techo	0,170	1	9,54	1,622
Losa sobre suelo	<b>0,273</b>	1	279,21	76,224
Ventana 90x205	1,492	1	38,04	56,756
Ventana 2 180x215	1,334	1	39,48	52,666
Puerta 1	1,800	1	28,16	50,688
Hueco térmico conexion tipo L8	0,780	0,95	46,73	34,627
Hueco termico suelo L8	<b>0,100</b>	1	141,27	14,127
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,085	1	249,76	21,230
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,045	1	41,60	1,872
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,170	1	5,44	0,925
Hueco térmico muro exterior/terrazza	0,350	1	31,46	11,011
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,490	0,95	10,65	4,958
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,500	1	5,14	2,570
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,495	0,8	21,39	8,470
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,060	1	1,25	0,075
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,090	1	5,20	0,468
Aire de las paredes			984,19	530
$U_{bat}$				<b>0,538</b>

En el tablero, para los huecos térmicos, son los coeficientes  $\psi$  que han sido calculados, y en los tableros de los ensayos, los datos utilizados son este coeficiente  $\psi$  con un longitud en metro.

Ahora vamos a calcular el  $U_{bat}$  que podemos conseguir con el aislante Xtherm, lo que va a cambiar en el cálculo es el coeficiente de transmisión térmica de la losa sobre suelo, en este ensayo, no nos metamos de los huecos térmicos suplementarios. Por eso, no vamos a cambiar los coeficientes de transmisión térmica de los huecos térmicos suelo L8.

✓ Cálculo con el “Fibra Xtherm” :

Designación	U W/m <sup>2</sup> .°C	b	Aire m <sup>2</sup>	Perdidas W/°C
Muro interior	0,328	0,95	300,34	93,586
Muro exterior tipo 1	0,340	1	270,51	91,973
Muro exterior tipo 2	2,100	1	2,70	5,670
Techo	0,170	1	9,54	1,622
Losa sobre suelo	<b>0,257</b>	1	279,21	71,757
Ventana 90x205	1,492	1	38,04	56,756
Ventana 2 180x215	1,334	1	39,48	52,666
Puerta 1	1,800	1	28,16	50,688
Hueco térmico conexion tipo L8	0,780	0,95	46,73	34,627
Hueco termico suelo L8	<b>0,780</b>	1	141,27	110,191
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,085	1	249,76	21,230
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,045	1	41,60	1,872
Hueco termico Muro ext/losa int.	0,170	1	5,44	0,925
Hueco térmico muro exterior/terracea	0,350	1	31,46	11,011
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,490	0,95	10,65	4,958
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,500	1	5,14	2,570
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,495	0,8	21,39	8,470
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,060	1	1,25	0,075
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,090	1	5,20	0,468
Aire de las paredes			984,19	621
<b>U<sub>bat</sub></b>				<b>0,631</b>

El coeficiente  $U_{bat}$  pasa de 0,538 con la capa+aislante a 0,631 con el “Fibra Xtherm”. Podemos concluir que sin tratamiento de los ruptores, el Xtherm es un aislante que no permite conseguir los mismos resultados que con el aislante grueso. Ahora veamos que pasa cuando añadimos ruptores en el caso del Xtherm. El coeficiente lineal de pérdidas va a cambiar de 0,78 hasta 0,1.

### 3. Ensayo 2

#### a- Introducción

Pensamos que es posible, añadiendo algunos ruptores de huecos térmicos, el compensar las pérdidas a causa de la utilización del “Fibra Xtherm”. Efectivamente, el “Fibra Xtherm” no resuelve los huecos térmicos losa de hormigón/suelo (L8).

#### b- Calculo

Aquí el cálculo con el “Fibra Xtherm” y con ruptores térmicos L8

Designación	U W/m <sup>2</sup> .°C	b	Aire m <sup>2</sup>	Perdidas W/°C
Muro interior	0,328	0,95	300,34	93,586
Muro exterior tipo 1	0,340	1	270,51	91,973
Muro exterior tipo 2	2,100	1	2,70	5,670
Techo	0,170	1	9,54	1,622
Losa sobre suelo	<b>0,257</b>	1	279,21	71,757
Ventana 90x205	1,492	1	38,04	56,756
Ventana 2 180x215	1,334	1	39,48	52,666
Puerta 1	1,800	1	28,16	50,688
Hueco térmico conexión tipo L8	0,780	0,95	46,73	34,627
Hueco térmico suelo L8	<b>0,100</b>	1	141,27	14,127
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,085	1	249,76	21,230
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,045	1	41,60	1,872
Hueco térmico Mur ext/plancher int.	0,170	1	5,44	0,925
Hueco térmico muro exterior/terracea	0,350	1	31,46	11,011
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,490	0,95	10,65	4,958
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,500	1	5,14	2,570
Hueco térmico Muro ext/losa int.	0,495	0,8	21,39	8,470
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,060	1	1,25	0,075
Hueco térmico Muro ext/rehiende	0,090	1	5,20	0,468
Aire de las paredes			984,19	525
$U_{bat}$				<b>0,533</b>

De hecho, la ganancia es muy grande. Con el tratamiento de los huecos térmicos, pasamos de 0,631 a 0,533 y el resultado es mejor que el aislante sobre la losa. El añadido de ruptores es bastante consecuente. Para concluir, los ruptores térmicos son una buena solución para compensar las pérdidas más importantes con “Fibra Xtherm”. En obras, esto habría podido ser una solución para despachar nuestras existencias de “Fibra Xtherm”. Evidentemente, al nivel de los costes, los ruptores térmicos son soluciones muy caras y podría ser rentable únicamente con la contrapartida de despachar el “Fibra Xtherm”.

Después de conseguir estos resultados, hablé con el ingeniero encargado de la obra civil (mi ponente en la empresa), y hemos concluido que era más prudente seguir el estudio térmico para los aislantes, tanto más cuanto que mi ponente había encontrado otra obra civil de BOUYGUES que necesita Xtherm. Por tanto, todo el Xtherm fue vendido a otra obra civil, por lo que no perdimos dinero.

### c- Comprobación con el cálculo de $U_{bat,ref}$

Primero, vamos a calcular  $U_{bat,ref}^*$  que es el valor de referencia y después vamos a comparar este valor con  $U_{bat}^*$  (no es posible sobrepasar el valor de referencia menos 10%). El valor del coeficiente  $U_{bat}^*$  tomado como referencia, llamado " coeficiente medio de referencia de pérdidas por las paredes y las ventanas del edificio ", anotado  $U_{bat,ref}^*$ , se expresa:

$$U_{bat,ref} = \frac{a1 \cdot A1 + a2 \cdot A2 + a3 \cdot A3 + a4 \cdot A4 + a5 \cdot A5 + a6 \cdot A6 + a7 \cdot A7 + a8 \cdot L8 + a9 \cdot L9 + a10 \cdot L10}{A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 + A7}$$

Todos los coeficientes son explicados en la tabla siguiente, donde está también el cálculo de  $U_{bat,ref}^*$ .

	Aire	Coef a1 -> a10	Total	
A1	Aire de los pantallas en contacto con el exterior o con un local no calefactado	616,44	0,36	221,92
A2	Aire de los techos bajo desván	29,79	0,2	5,96
A3	Aire de las terrazas (techo)	23,93	0,27	6,46
A4	Aire de los losas sobre el suelo exterior	198,39	0,27	53,57
A5	Aire de las puertas	28,16	1,5	42,24
A6	Aire de las ventanas y de las puertas-ventanas, en contacto con el exterior o un local no calefactado	0	2,1	0
A7	Igual que A6 pero con cierre	87,48	1,8	157,46
L8	Lineal de los losas de hormigón sobre suelo	185,01	0,4	74
L9	Lineal de los losas de hormigón intermedios	120,78	0,55	66,43
L10	Lineal de las terrazas (techo)	43,44	0,5	21,72
		Suma A1->A7 :984,19		674,15
		<b><math>U_{bat,ref}</math></b>		<b>0,660</b>

Tabla 24: Tabla de cálculo de  $U_{bat,ref}$

Los valores de los coeficientes « a » aparecen en la tabla 21 siguiente y estos valores dependen de las zonas climáticas. La obra civil se sitúa en la zona H1.

Coeficiente a (w/m <sup>2</sup> K)	Aeras H1,H2 y H3 > 800m	Aeras H3 ≤ 800m
a1	0,36	0,4
a2	0,2	0,25
a3	0,27	0,27
a4	0,27	0,36
a5	1,5	1,5
a6	2,1	2,3
a7	1,8	2,1
a8	0,4	0,4
a9	0,55 para viviendas individuales 0,6 para los otros edificios	0,55 para viviendas individuales 0,6 para los otros edificios
a10	0,5 para viviendas individuales 0,6 para los otros edificios	0,5 para viviendas individuales 0,6 para los otros edificios

Tabla 25: Valores de los coeficientes a

Podemos ver que dos de las tres soluciones respetan la RT2005 y son inferior al  $U_{bat,ref}$  menos 10% (0,660-10% : 0,594). La solución de la capa con aislante grueso, y la solución con el Xtherm y el tratamiento de los ruptores respetan las normas. La solución con el Xtherm sin tratamiento de los ruptores no respeta la RT2005 (0,631>0,594).



## Conclusión:

Las comparaciones de los estudios térmicos y la problemática sobre la cual he trabajado me permitieron encontrar soluciones para que la obra pueda realizarse con las normas que corresponden a las elecciones de las oficinas técnicas. El retraso con el cual recibimos el segundo estudio térmico ha obligado a hacer un estudio rápido y exhaustivo del problema con el fin de dar una respuesta teórica, pero sobre todo una respuesta que tuvo un impacto directo en las obras y que ha sido aplicada con precisión y con rapidez por los jefes de obra. Por ejemplo, debemos indicar sobre cada plano los nuevos emplazamientos de los ruptores para que los jefes de obras tengan la información para avanzar.

He aprendido mucho con todas las misiones que tuve en la obra. Los tareas son muy diversas, como lo describo en los anejos, y en un día, no es inhabitual trabajar para elegir un subcontrato en su despacho una mañana (llamar a subcontratistas para conseguir precios, para discutir los precios y productos), y en la tarde estar en el terreno para controlar la seguridad, discutir sobre modificaciones de la red de saneamiento con un obrero, etc. Es también un trabajo muy humano. Debatir con los compañeros permite acercarse a ellos y dar un sentido al trabajo, y ayuda también las futuras relaciones que se puede tener con ellos para una cuestión u otra. Acabaría poniendo una foto del adelanto del edificio a finales de mayo de 2011, un poco más de 2 meses después del principio.

