

MÉTODO DE CÁLCULO ASOCIADO Ce2

Madrid, 17 de Diciembre de 2009

Yago Massó Moreu
ANDIMAT



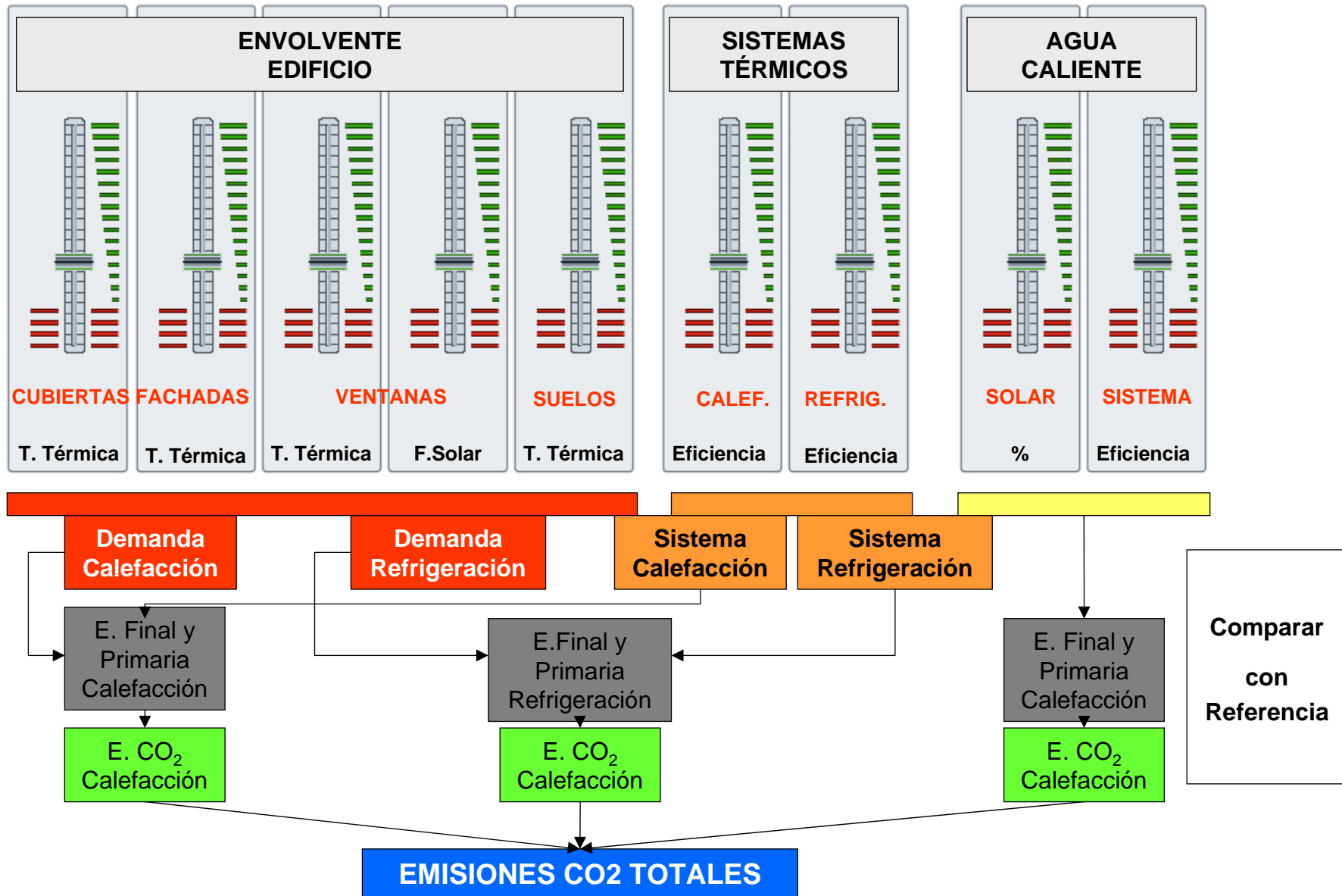
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE ASTURIAS



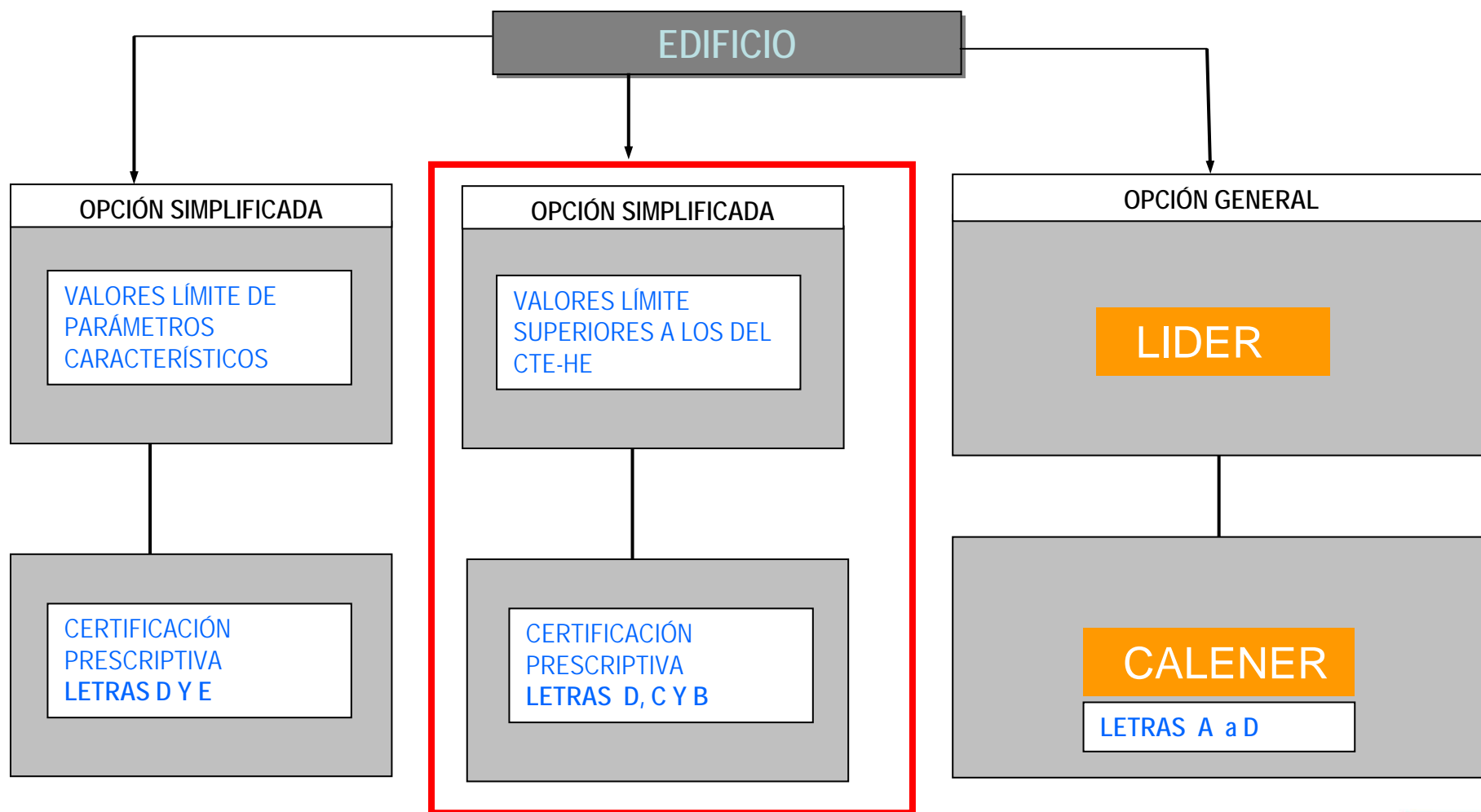
FUNDACIÓN ESTUDIOS CALIDAD EDIFICACIÓN ASTURIAS



Calificación energética



NUEVO PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO





Procedimiento simplificado de certificación energética de viviendas

PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO DE LA CE

Financiado por:

- Consejería de Obras Públicas y Transporte de la Junta de Andalucía
- ANDIMAT

Equipo de investigación:

- Grupo de Termotecnia AICIA
- Universidad de Cádiz
- Equipo de Arquitectura de Margarita de Luxán
- Instituto Eduardo Torroja

Agradecimientos:

- EPSA, AOGLP, SEDIGAS, AFEC

ÁMBITO DE APLICACIÓN

- El procedimiento es aplicable a todos los edificios destinados a vivienda (unifamiliar y en bloque) ubicados en las 12 zonas climáticas (5 invierno / 3 verano), que puedan aplicar la **opción simplificada del CTE-HE1**.

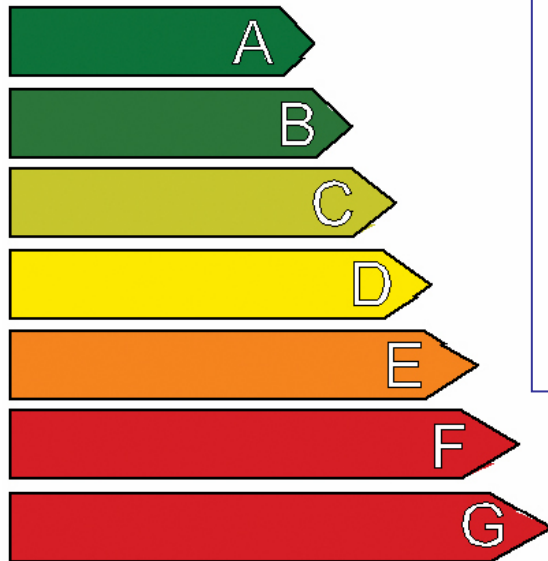
EXCEPCIONES: Islas Baleares, Islas Canarias y las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla.

Indicadores de eficiencia energética

UNIDAD DE LOS INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

$$IEE = \frac{I_{objeto}}{I_{referencia}}$$

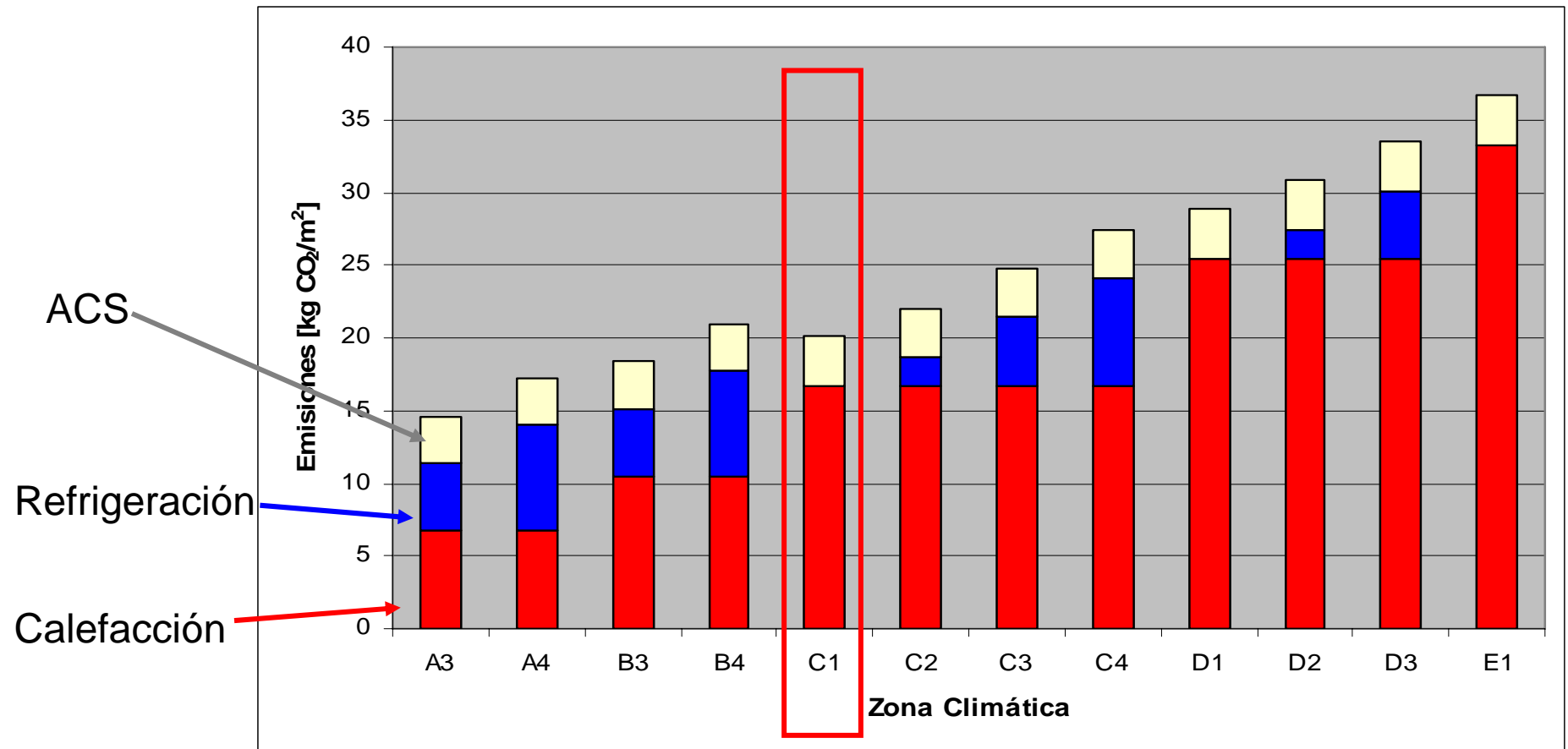
Determinan las clases de eficiencia energética



Clase A	si	$IEE < 0.37$
Clase B	si	$0.37 < IEE < 0.60$
Clase C	si	$0.60 < IEE < 0.93$
Clase D	si	$0.93 < IEE < 1.43$
Clase E	si	$1.43 < IEE$

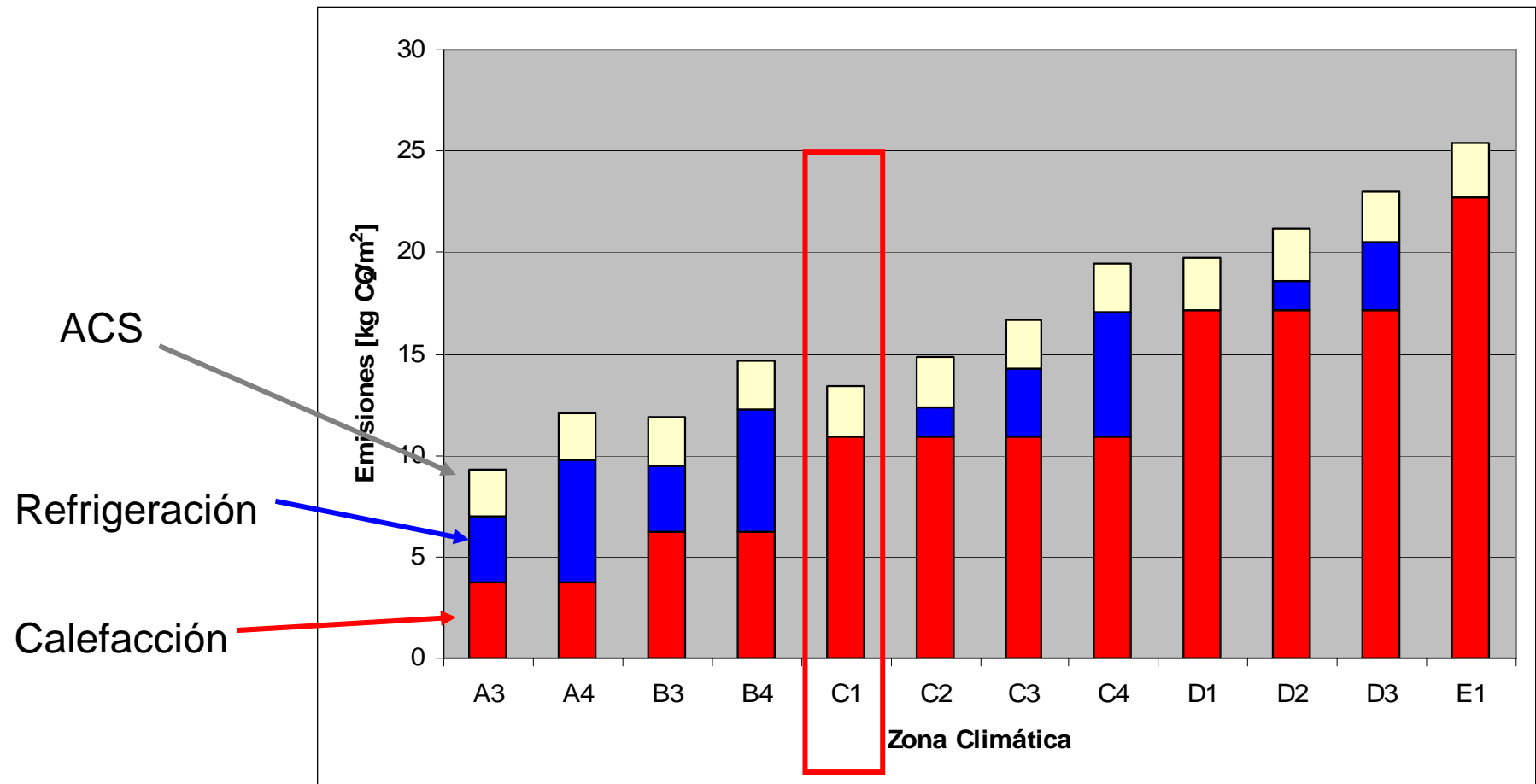
INDICADORES DE REFERENCIA EN EMISIONES DE CO₂ POR ZONAS CLIMÁTICAS

PARA VIVIENDAS EN UNIFAMILIARES

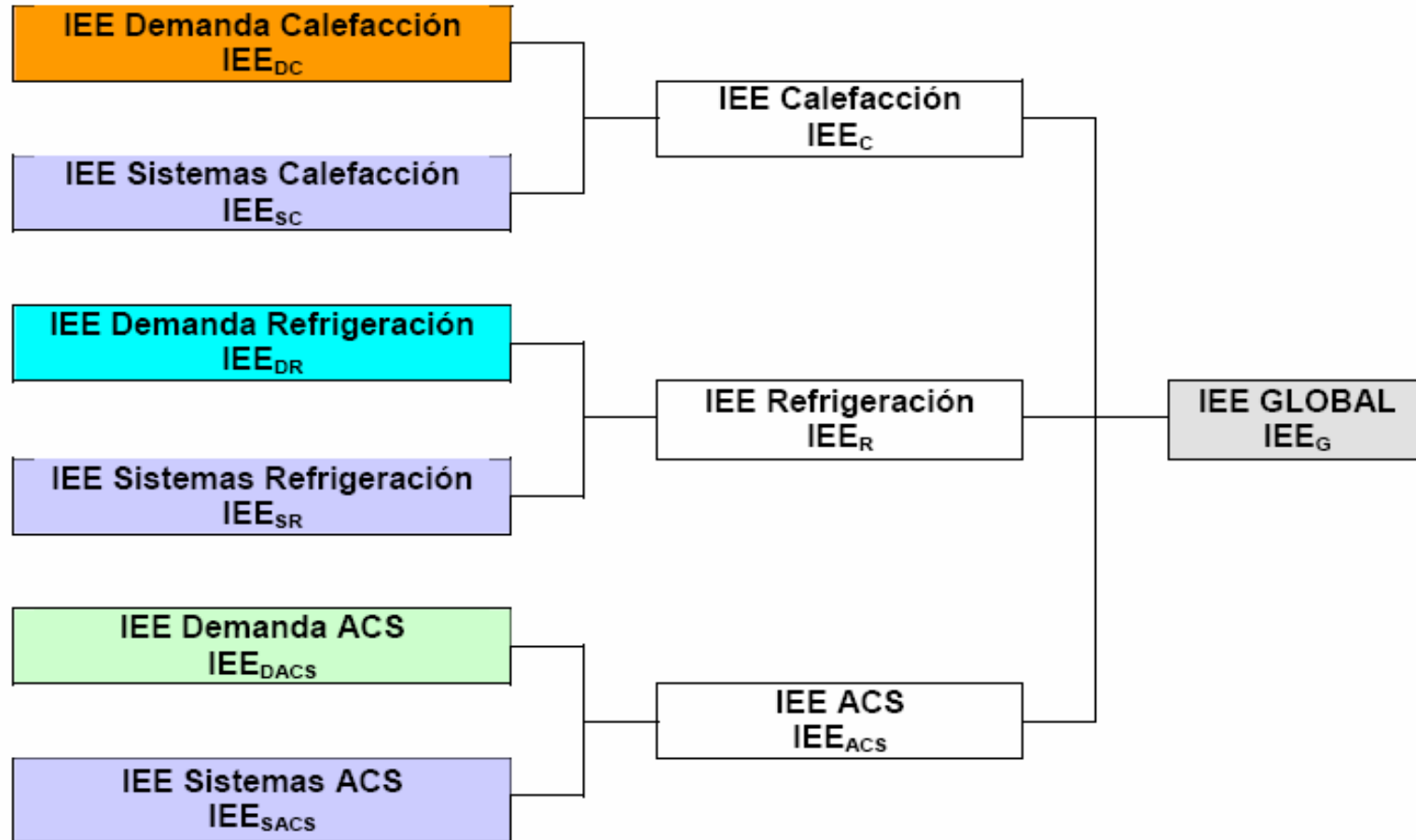


INDICADORES DE REFERENCIA EN EMISIONES DE CO₂ POR ZONAS CLIMÁTICAS

PARA VIVIENDAS EN BLOQUE



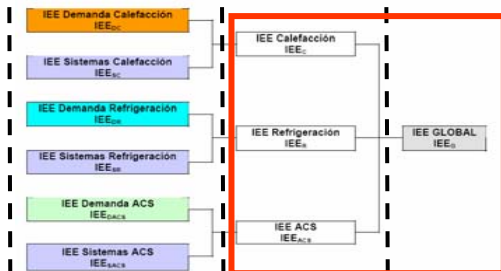
IEE GLOBAL ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO



Resumen del procedimiento

Se rellenan 3 fichas y se envían los resultados a una cuarta donde se obtiene la clase de eficiencia

DATOS DE PARTIDA



F_{DC}-Bb FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN IEE_{DC}

PROYECTO: _____ UBICACIÓN: _____

$IEE_{DC} = IEE_{DC,op} \times f_{p,c} + IEE_{DC,vent} + \Delta IEE_{DC,vent}$

1. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL EDIFICIO OPACO, IEE_{DC,op}

A_t $A_{10} + A_{11} + A_{12} + A_{13}$ (m ²)	$U_{trans} \times (A_{10} + A_{11} + A_{12}) + U_{trans} \times A_{13} \times A_{14}$ (W/m ²)	V / A_t (m/s)	IEE _{DC,op}

2. FACTOR CORRECTOR DE Puentes TÉRMICOS, $f_{p,c}$

$f_{p,c}$ = 1.19

3. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEBIDO A LA VENTILACIÓN, IEE_{DC,vent}

Caudal de ventilación: _____
Renovaciones / hora = (litros/segundo) x 3.6 / Volumen = _____

4. MODIFICACIÓN DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEBIDO A LA SUPERFICIE ACRISTALADA, $\Delta IEE_{DC,vent}$

A_{10} / S_{10} Área total de fachadas acristaladas $A_{10} = A_{10,1} + A_{10,2} + A_{10,3}$ (m ²)	$A_{10,1} / A_{10}$ %	$U_{trans} - U_{trans,ref}$ (W/m ²)	$\Delta IEE_{DC,vent}$

5. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE CALEFACCIÓN

$IEE_{DC} = IEE_{DC,op} \times f_{p,c} + IEE_{DC,vent} + \Delta IEE_{DC,vent}$

6. CALIFICACIÓN PARCIAL

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda de Calefacción	Valor	Calificación parcial
IEE _{DC}		

Clase	Valor
A	0.22 < IEE < 0.31
B	0.31 < IEE < 0.42
C	0.42 < IEE < 0.53
D	0.53 < IEE < 0.64
E	0.64 < IEE

F_{DR}-4b FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE REFRIGERACIÓN IEE_{DR}

PROYECTO: _____ UBICACIÓN: _____

$IEE_{DR} = 0.47 + \Sigma IEE_{DR,op} + IEE_{DR}$

1. HUECOS ORIENTADOS A SURESTE/ESTE/OESTE/SUROESTE

Orientación de la fachada	A_{10} / S_{10}	F_{10}	IEE _{DR,op}
Este			
Oeste			
Sureste			
Suroeste			

$\Sigma IEE_{DR,op}$

2. HUECOS ORIENTADOS A SUR

Orientación de la fachada	A_{10} / S_{10}	F_{10}	IEE _{DR,op}
Sur			

IEE_{DR}

3. INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE DEMANDA DE REFRIGERACIÓN

$IEE_{DR} = 0.47 + \Sigma IEE_{DR,op} + IEE_{DR}$

4. CALIFICACIÓN PARCIAL

Indicador de Eficiencia Energética de Demanda de Refrigeración	Valor	Calificación parcial
IEE _{DR}		

Clase	Valor
A	0.22 < IEE < 0.31
B	0.31 < IEE < 0.42
C	0.42 < IEE < 0.53
D	0.53 < IEE < 0.64
E	0.64 < IEE

F_{sis} FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE SISTEMAS IEE_{SC} IEE_{SR} IEE_{SACS}

PROYECTO: _____ UBICACIÓN: _____

1. IEE SISTEMA DE CALEFACCIÓN

Sistemas de calefacción	Rendimiento o COP nominal	Factor de ponderación	Rendimiento o COP medio estacional	IEE	Superficie m ²	IEE x Superficie
Tipo:combustible						
Sin sistema de calefacción	---	---	---	---	1.2	

$\Sigma IEE \times Superficie =$

$IEE_{SC} = (\Sigma IEE \times Superficie) / S_{10}$

2. IEE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Sistemas de refrigeración	EER nominal	Factor de ponderación	EER medio estacional	IEE	Superficie m ²	IEE x Superficie
Tipo:combustible						
Sin sistema de refrigeración	---	---	---	---	1.07	

$\Sigma IEE \times Superficie =$

$IEE_{SR} = (\Sigma IEE \times Superficie) / S_{10}$

3. IEE SISTEMA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

Sistema de ACS	Rendimiento o COP nominal	Factor de ponderación	Rendimiento o COP medio estacional	IEE _{SACS}
Tipo:combustible				

F_G-B4b FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL IEE_G

PROYECTO: _____ UBICACIÓN: _____

SITUACIÓN EN EL ESQUEMA GENERAL

```

    graph LR
        IEE_Demanda_Calefacción[IEE Demanda Calefacción IEEDC] --> IEE_Calefacción[IEE Calefacción IEEC]
        IEE_Sistemas_Calefacción[IEE Sistemas Calefacción IEESC] --> IEE_Calefacción
        IEE_Demanda_Refrigeración[IEE Demanda Refrigeración IEEDR] --> IEE_Refrigeración[IEE Refrigeración IEER]
        IEE_Sistemas_Refrigeración[IEE Sistemas Refrigeración IEESR] --> IEE_Refrigeración
        IEE_Demanda_ACS[IEE Demanda ACS IEEDACS] --> IEE_ACS[IEE ACS IEEA]
        IEE_Sistemas_ACS[IEE Sistemas ACS IEESACS] --> IEE_ACS
        IEE_Calefacción --> IEE_Global[IEE GLOBAL IEEG]
        IEE_Refrigeración --> IEE_Global
        IEE_ACS --> IEE_Global
    
```

CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL IEE_G

Indicador de Eficiencia Energética	Valor	Coeficientes de reparto	IEE _G
Calefacción	IEE _C	0.42	
Refrigeración	IEE _R	0.42	
ACS	IEE _A	0.16	

$IEE_{G} = (IEE_{C} \times 0.42 + IEE_{R} \times 0.42 + IEE_{A} \times 0.16) / 0.99$

4. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Indicador de Eficiencia Energética Global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE _G		

Clase	Valor
A	0.33 < IEE < 0.53
B	0.53 < IEE < 0.64
C	0.64 < IEE < 0.75
D	0.75 < IEE < 0.86
E	0.86 < IEE

INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL, IEE_{GLOBAL}

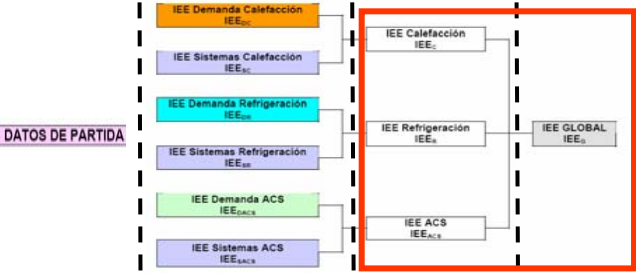
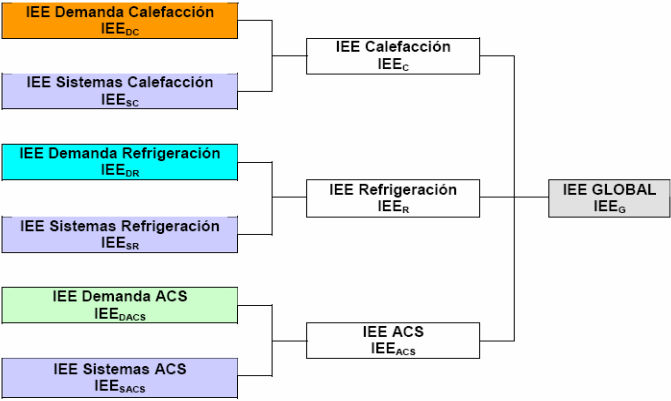
F_G-B4b

FICHA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL
 IEE_G

ZONA INVIERNO	B
ZONA VERANO	4
TIPOLOGÍA	BLOQUE

PROYECTO	
UBICACIÓN	

SITUACIÓN EN EL ESQUEMA GENERAL



CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL IEE_G

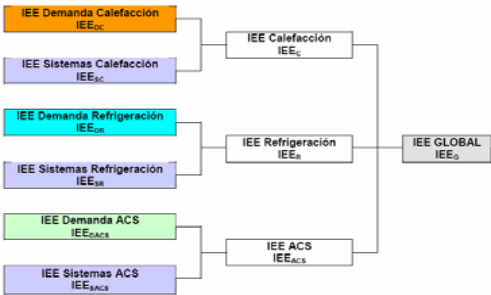
	IEE demanda (a)	IEE sistemas (b)	IEE (c) = (a) x (b)	Coefficientes de reparto (d)	(e) = (c) x (d)
Calefacción	$IEE_{DC} =$	$IEE_{SC} =$	$IEE_C =$	0,42	
Refrigeración	$IEE_{DR} =$	$IEE_{SR} =$	$IEE_R =$	0,42	
ACS	$IEE_{DACS} =$ (100-contribución solar) / 50 =	$IEE_{SACS} =$	$IEE_{ACS} =$	0,16	
IEE Global Σ (f)					

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Indicador de Eficiencia Energética Global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE_G		

A	$IEE_G < 0,33$
B	$0,33 < IEE_G < 0,57$
C	$0,57 < IEE_G < 0,93$
D	$0,93 < IEE_G < 1,46$
E	$1,46 < IEE_G$

IEE GLOBAL ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO



CÁLCULO DEL INDICADOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA GLOBAL IEE_G

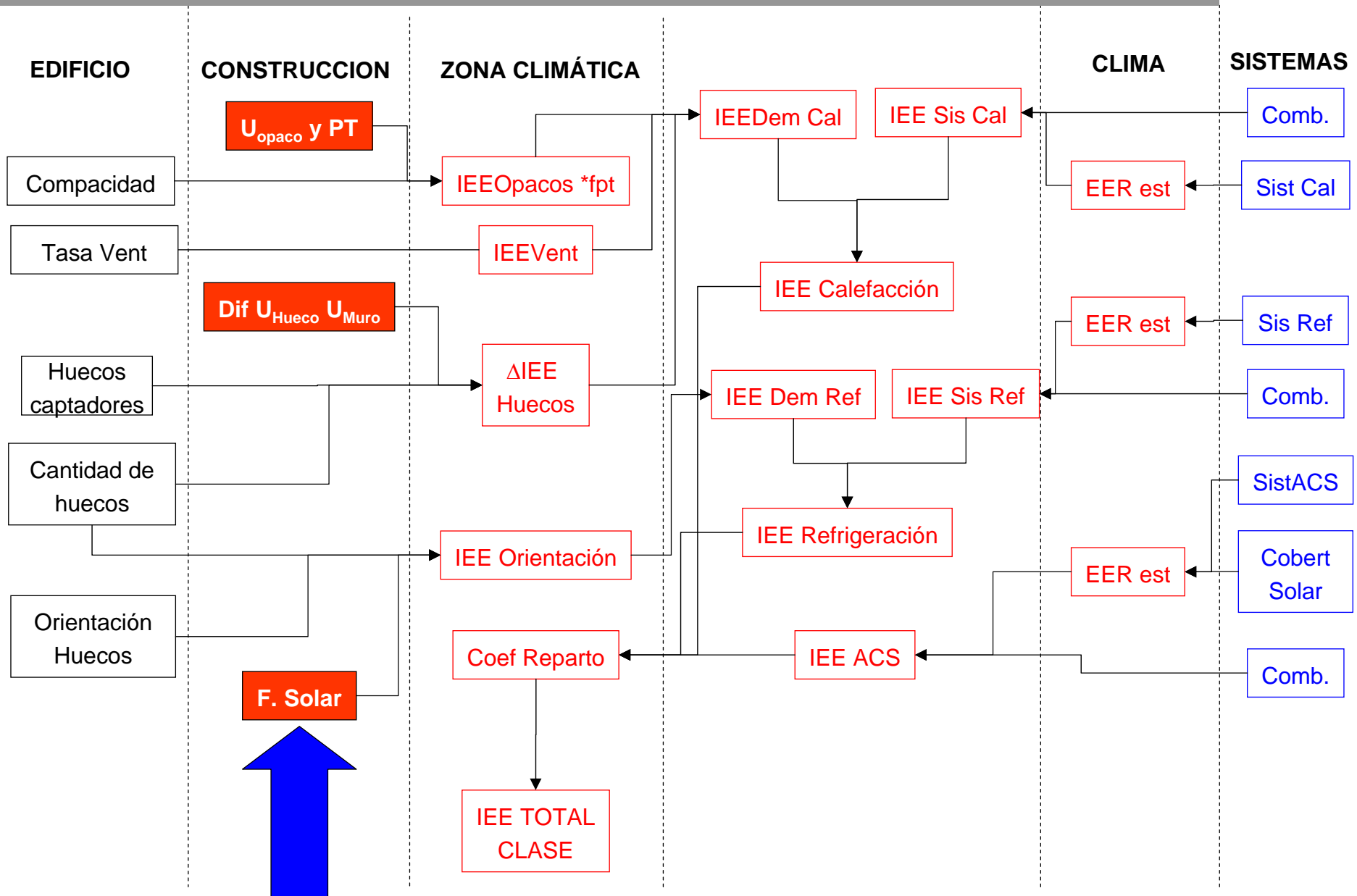
	IEE demanda (a)	IEE sistemas (b)	IEE (c) = (a) x (b)	Coefficientes de reparto (d)	(e) = (c) x (d)
Calefacción	$IEE_{DC} =$	$IEE_{SC} =$	$IEE_C =$	0,42	
Refrigeración	$IEE_{DR} =$	$IEE_{SR} =$	$IEE_R =$	0,42	
ACS	$IEE_{DACS} =$ (100-contribución solar) / 50 =	$IEE_{SACS} =$	$IEE_{ACS} =$	0,16	
IEE Global Σ (f)					

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

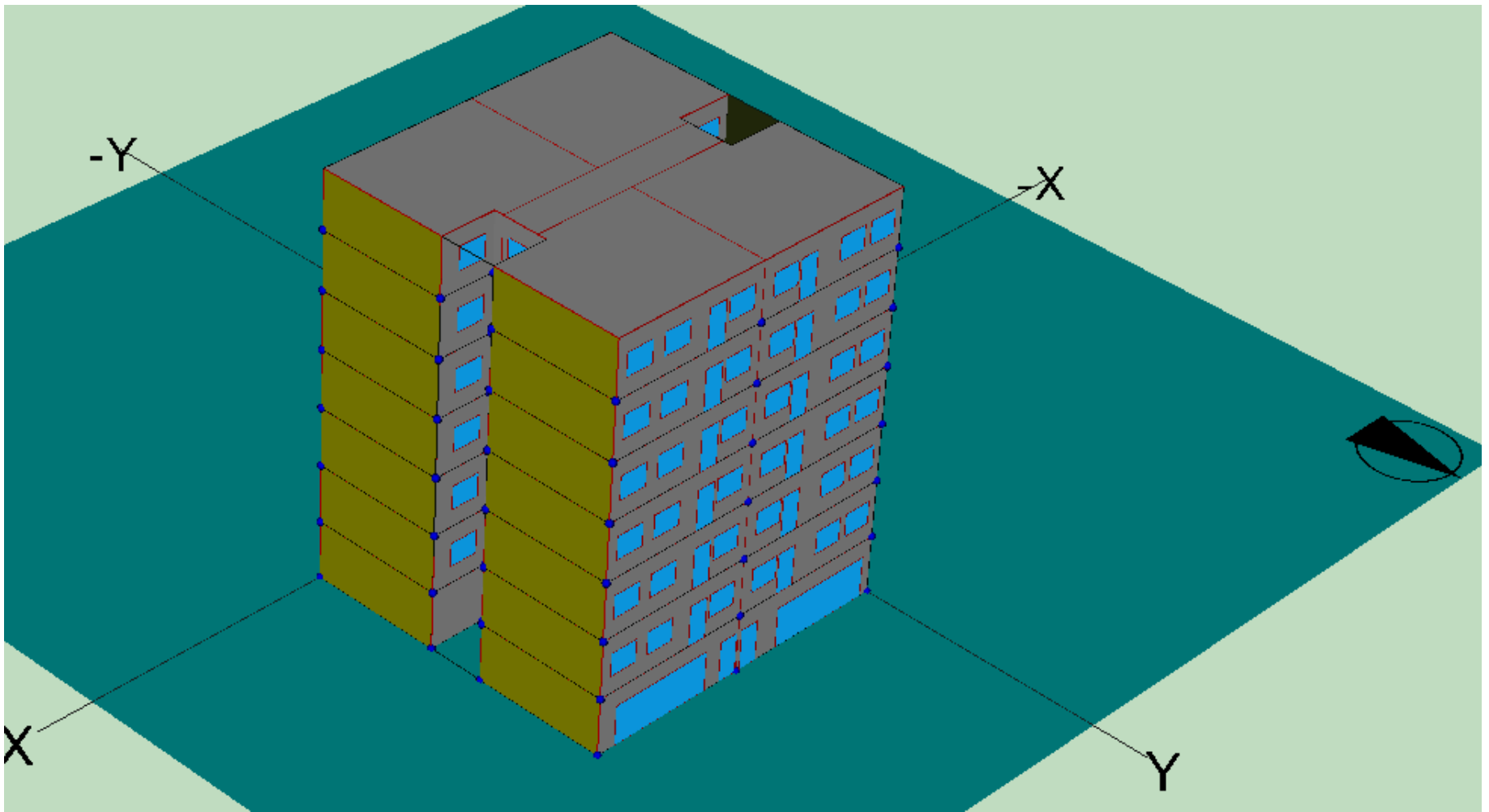
Indicador de Eficiencia Energética Global	Valor	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
IEE_G		

A	$IEE_G < 0,33$
B	$0,33 < IEE_G < 0,57$
C	$0,57 < IEE_G < 0,93$
D	$0,93 < IEE_G < 1,46$
E	$1,46 < IEE_G$

Ce2: Simplificado Viviendas



Ejemplo de Aplicación Herramienta de Cálculo



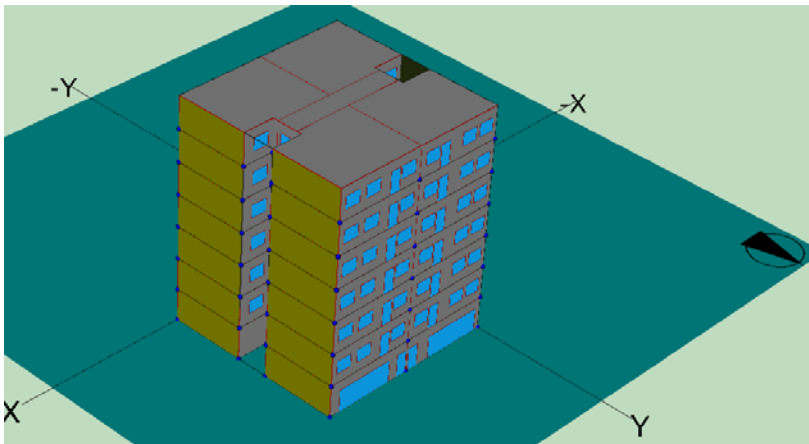
- Superficie planta 271 m²
- Altura: 21m
- % hueco fachada N/S: 28 %
E/W: 3,5 %
- Sup. Fachadas N/S: 483 m²
- Sup. Fachadas E/W: 357 m²

Ejemplo edificio : Datos de partida

- Datos de partida:

Ficha justificativa

Apéndice H (DB-HE1)



Apéndice H Fichas justificativas de la opción simplificada

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medio:

[illegible]

Ejemplo edificio: Datos de partida

D1. DATOS RELATIVOS AL DB-HE1 DEL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

D1.1 Características generales

Zona Climática	Latitud	S_u Superficie útil	V Volumen	Nº de plantas sobre rasante
	(°)	(m²)	(m³)	

D1.2 Áreas y parámetros característicos de fachadas

Orientación fachada	A_M área muros	U_{Mm} Transmitancia media muros	$A_M \times U_{Mm}$	A_H área huecos	U_{Hm} Transmitancia media huecos	$A_H \times U_{Hm}$	F_{Hm} Factor solar modificado medio de huecos
	m²	W/m² K	W/K	m²	W/m² K	W/K	
Norte							N/A
Este							
Oeste							
Sur							
Sureste							
Suroeste							

$A_{TM} = \sum A_M$ área total muros edificio
m²

$\sum A_M \times U_{Mm}$	$A_{TH} = \sum A_H$ área total huecos edificio
W/K	m²

$\sum A_H \times U_{Hm}$
W/K

$U_{Mme} = \sum A_M \times U_{Mm} / A_{TM}$ Transmitancia térmica media de muros del edificio	$U_{Hme} = \sum A_H \times U_{Hm} / A_{TH}$ Transmitancia térmica media de huecos del edificio
W/m² K	W/m² K

D1.3 Áreas y parámetros característicos de suelos y cubiertas (incluidos lucernarios)

A_{Ts} Área total de suelos	U_{Sm} Transmitancia térmica media de suelos	A_{Tc} Área total de cubiertas	U_{Cm} Transmitancia térmica media de cubiertas
m²	W/m² K	m²	W/m² K

Ejemplo edificio

D2. DATOS RELATIVOS AL DB-HE4 DEL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

D2. 1 Fracción de la demanda de ACS cubierta por energías renovables, obtenido en la tabla 2.1 *Contribución solar mínima del DB-HE4 del CTE*

En %

D3. DATOS RELATIVOS AL DB-HS3 DEL CODIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

D3. 1 Caudal de ventilación mínimo exigido para locales, obtenido en la tabla 2.1 del DB-HS3 del CTE

En litros / segundo

D4. DATOS RELATIVOS A LAS INSTALACIONES

D4.1 Instalación de Calefacción

Grado de centralización:

Centralizado Bloque ☐

Centralizado Vivienda ☐

Equipos individuales ☐

Equipo principal:.....(*)

Rendimiento o COP nominal:.....

Combustible:.....(**)

% calefactado de la superficie útil.....%

Equipo secundario:.....(*)

Rendimiento o COP nominal:.....

Combustible:.....(**)

% calefactado de la superficie útil.....%

D4.3 Instalación de Agua Caliente Sanitaria

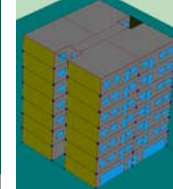
Grado de centralización:

Centralizado Bloque ☐

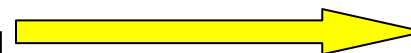
Centralizado Vivienda ☐

Equipo de producción:..... (*) Combustible:.....(**) Rendimiento o COP nominal:.....

Ejemplo edificio: 3 escenarios distintos



Escenario 1: Edificio que cumple exigencias DB-HE1



D

Zona:	A	B	C	D	E
en $W/m^2.K$					
U muros:	0,94	0,82	0,73	0,66	0,57
U cubiertas:	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35
U suelos:	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48

U hueco: Utilización de un valor de U para el vidrio menor $2,2 W/m^2.K$ (Doble acristalamiento bajo emisivo)

Escenario 2: Edificio con aislamiento térmico reforzado



C

Zona:	A	B	C	D	E
$W/m^2.K$					
U muros:	0,64	0,55	0,39	0,36	0,31
U cubiertas:	0,43	0,36	0,28	0,26	0,25
U suelos:	0,53	0,52	0,50	0,38	0,37

U hueco: valor de U para el vidrio menor o igual a $2,2 W/m^2.K$ (Doble acristalamiento bajo emisivo) + marco mínimo RPT

Escenario 3: Edificio con aislamiento reforzado y mejora de sistemas



B

MÉTODO DE CÁLCULO

- El método de cálculo ha sido desarrollado por J. Solé, de URSA, y ha sido cedido a ANDIMAT para su difusión gratuita
- El método es una hoja Excel con cinco pestañas: Datos de partida, IEE Dem. Cal., IEE Dem. Refr., IEE Sistemas y IEE Global, en el que se han volcado las tablas y fichas del procedimiento
- Permite “jugar” al prescriptor con los distintos parámetros para conocer las posibilidades de mejorar letra
- Da información constantemente de la calificación alcanzada con las diferentes medidas introducidas
- Está disponible en la web de ANDIMAT y en el Mº de Industria, Turismo y Comercio (IDAE)

<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx>

Ejemplo 2 Bloque de apartamentos turísticos



Ejemplo edificio : Datos de partida

- Datos de partida:

Ficha justificativa

Apéndice H (DB-HE1)



Apéndice H Fichas justificativas de la opción simplificada

FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA		Zona de baja carga interna		Zona de alta carga interna	
C2		A		B	

FACHADAS (U _{ext} y U _{int})					
Figura	A (m ²)	U (W/m ² ·K)	A · U (W/K)	Resultados	
Fachada doble hoja	107.2	0.52		ΣA·	258.3
Fachada doble hoja	149.8	0.52		ΣA· U _a	122.58
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	0.52
				ΣA·	
				ΣA· U _a	
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	
				ΣA·	
				ΣA· U _a	
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	
				ΣA·	
				ΣA· U _a	
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	
Fachada doble hoja	26	0.52		ΣA·	
				ΣA· U _a	
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	
Fachada doble hoja	107.2	0.52		ΣA·	258.4
Fachada doble hoja	22.2	0.52		ΣA·	107.92
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	0.52
				ΣA·	
				ΣA· U _a	
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	

SUELOS (U _{ext})					
Figura	A (m ²)	U (W/m ² ·K)	A · U (W/K)	Resultados	
Suelo	172	0.79		ΣA·	172
				ΣA· U _a	125.58
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	0.79

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{ext} , U _{int})					
Figura	A (m ²)	U (W/m ² ·K)	A · U (W/K)	Resultados	
Cubierta aislada acabado baldosa	172	0.25		ΣA·	172
				ΣA· U _a	80.2
				U _{ext} ΣA· U1 ΣA·	0.25

Figura	A (m ²)	F	A · F (m ²)	Resultados	
				ΣA·	
				ΣA· F _a	
				U _{ext} ΣA· F1 ΣA·	

Muchas gracias por su atención

Para cualquier consulta:

ANDIMAT

91 575 54 26

ymasso@andimat.es