

6.3 CATEDRAL DE SEVILLA.



Fig. 6.87. Catedral de Sevilla. Visión desde una nave lateral a los pies de la iglesia.

### 6.3.1 CATEDRAL DE SEVILLA. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La catedral de Sevilla se construyó en el S. XV y fue, dentro del panorama español, la gran empresa de construcción del siglo.

Su construcción vino precedida de fuertes intereses políticos que condicionaron tanto su forma como es concepto mismo de la catedral. Sevilla había servido, hasta 1248, como último y más importante bastión del Islam en España, exceptuando el reino nazarí de Granada. La nueva sede episcopal debía, sin dejar lugar a dudas, explicitar la supremacía del cristianismo frente al mundo musulmán, por lo que la catedral se construyó sobre la vieja mezquita, cristianizada en la reconquista de 1248, y la fusión de ambas arquitecturas se hace patente en el edificio definitivo gótico.

De la antigua construcción se conserva el minarete (La giralda), terminado en 1198 y el patio de los naranjos (Fig. 6.90), ambos conservados pero remodelados pero sobre todo se conserva algo de la filosofía musulmana, que como describe Borngäser “el viejo proyecto original de levantar un doble deambulatorio como en Toledo fue abandonado, ya que Juan II renunció aquí a la instalación de una sepultura real; de esta forma a la iglesia le falta una mayor direccionalidad hacia el este, pudiendo percibirse claramente en el espacioso recinto, que se parece a un salón, algo de la antigua mezquita original”.<sup>173</sup> (Fig. 6.89)

Pero no sólo de sus antecedentes musulmanes depende la forma de Sevilla; esta ambiciosa construcción sufrió las vicisitudes de ser construida en zona de riesgo sísmico, tal como describía la profesora Cassinello y fue convenientemente desarrollado en el capítulo de la presente tesis destinado al efecto. Este hecho fue definitivo para la configuración del edificio como la gran caja cerrada que es, con una nave central con 36,38 metros de altura con escaso decalaje respecto a las laterales, con “ricos pilares en haz de baquetones que sostienen las altas arcadas y pasan al claristorio y bóvedas sin el intermedio de un triforio”<sup>174</sup>, pero armados superiormente en las dos direcciones del espacio con un intenso entramado murario, rematado con un imponente andamiaje de arbotantes, contrafuertes y pináculos (Fig. 6.91 y 6.92), que “suavizan el bloquiforme

<sup>173</sup> BORNGÄSER, BARBARA, “Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal” en el libro “El gótico, arquitectura, escultura y pintura”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.276

<sup>174</sup> BORNGÄSER, BARBARA, “Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal” en el libro “El gótico, arquitectura, escultura y pintura”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.276

conjunto con su preciosa minuciosidad<sup>175</sup> y con coincidencias lógicas con las otras catedrales sísmicas del panorama español, que le confieren su “raigambre catalanoaragonesa”<sup>176</sup>

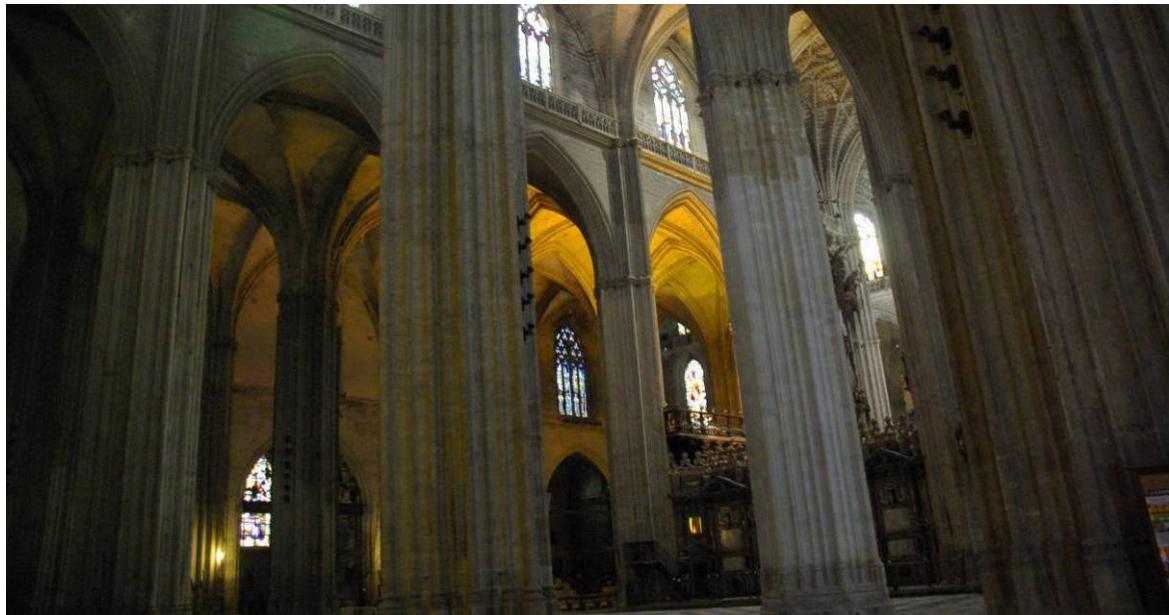


Fig. 6.89. Interior de la catedral de Sevilla y su sentido “a direccional”. Fotografías: Juan M. Medina.



Fig. 6.90 y 6.91. Patio de los naranjos con la Giralda al fondo y entramado murario y terrazas de la catedral de Sevilla. Fotografías: Juan M. Medina.

<sup>175</sup> BORNGÄSER, BARBARA, “Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal” en el libro “El gótico, arquitectura, escultura y pintura”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.276

<sup>176</sup> BORNGÄSER, BARBARA, “Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal” en el libro “El gótico, arquitectura, escultura y pintura”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.277

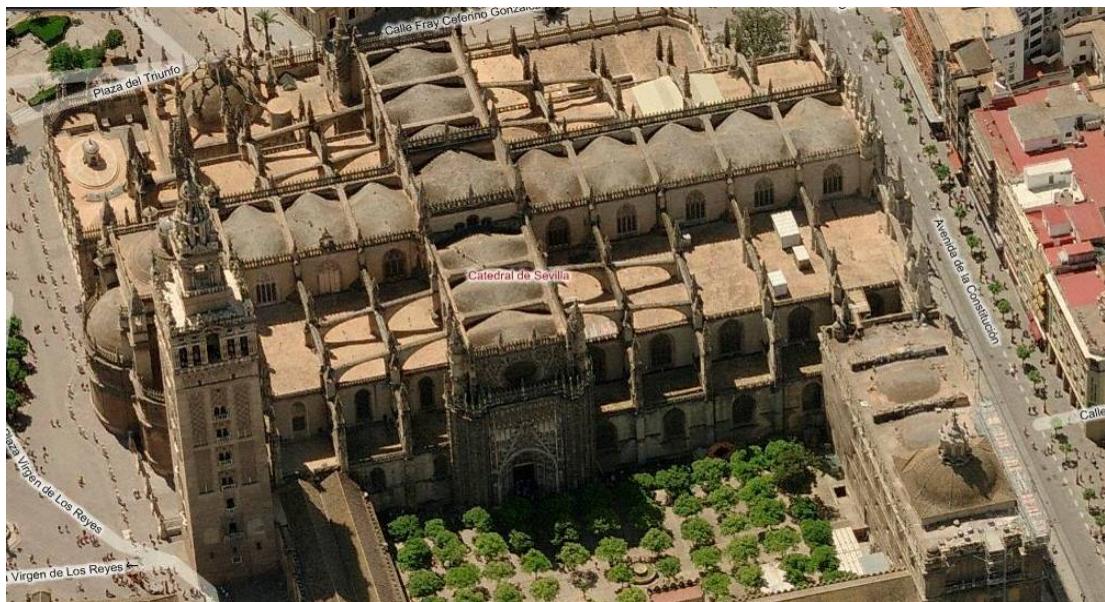


Fig. 6.92. Vista aérea del entramado murario antisismo de la catedral de Sevilla. Fuente: Google.

Los gérmenes de la construcción del edificio se remontan a 1401, cuando el cabildo resolvió construir un edificio único en su género, decisión que se patentiza con la famosa frase “*hagamos una iglesia tal que nos tomen por locos*”, y que en su auto capitular, de fecha 8 de julio de 1401, recogió la idea de “*que se labre otra iglesia tal é tan buena, que no haya otra su igual*”.<sup>177</sup> Y efectivamente, hasta su finalización en 1519, se levantó el mayor edificio gótico de la cristiandad. (Fig. 6.93).

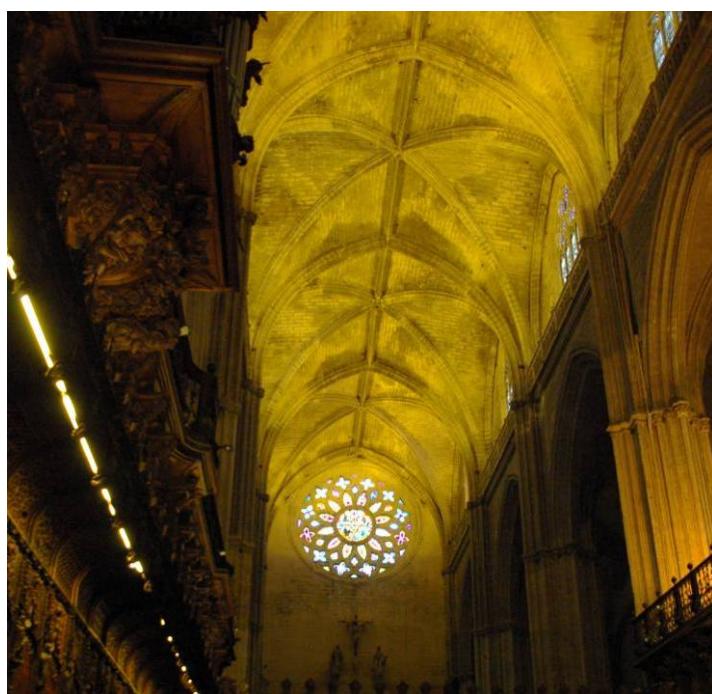


Fig. 6.93. Vista aérea de la nave central de la catedral de Sevilla. Fotografía: Juan M. Medina.

<sup>177</sup> CEAN, Juan Agustín, “*Descripción artística de la catedral de Sevilla*” Sevilla, 1804.

En cuanto a los maestros que intervinieron en la construcción de la catedral, “*No consta en su archivo quién fue el arquitecto que trazó esta gran obra, porque Felipe II se llevó a Madrid en dos pieles la planta o diseño original firmada del primer maestro*”,<sup>178</sup> pero, tal como describe Fernando Cruz<sup>179</sup>, fueron muchos los que se conocieron como *son Isambert* (1432), Carlin (1439), Juan Norman (hasta 1472), Pedro de Toledo, Francisco Rodríguez, Juan Hoces y el maestro Ximón, que pudo ser Simón Alonso, según Cruz, o Simón de Colonia según Borngaser, al cual “*volveremos a encontrar en Burgos y que se encargó de diseñar el cimborrio terminado en 1506, que se desplomó cinco años después*”<sup>180</sup>. En 1515, el prolífico Juan Gil de Hontañón se hizo cargo de la configuración flamígera de los tramos de la bóveda final. (Fig. 6.94)

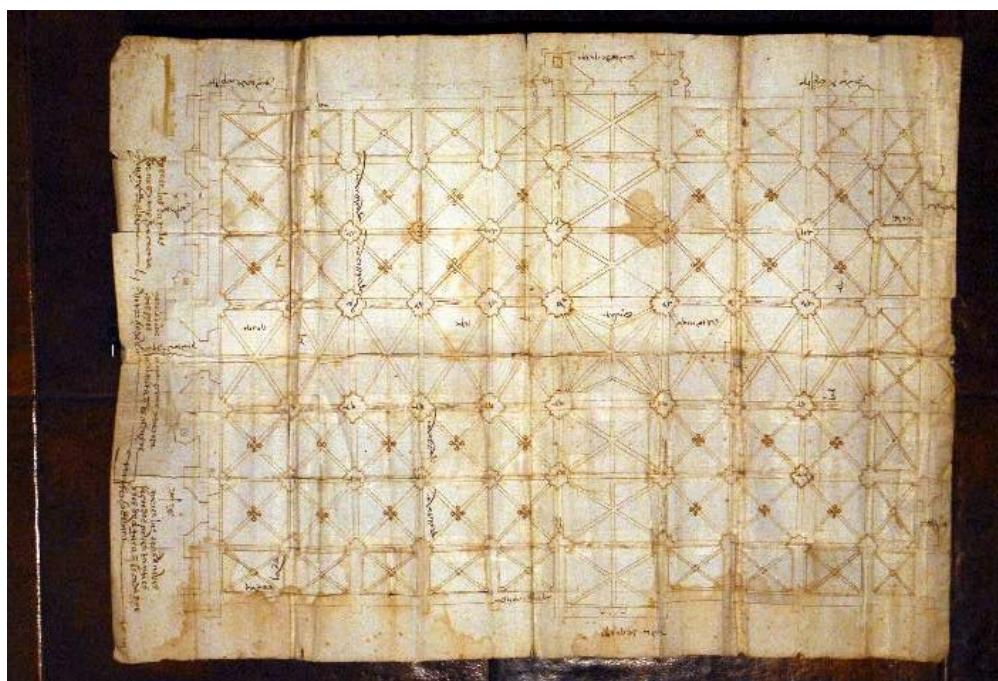


Fig. 6.94. Traza original de la catedral de Sevilla. Fuente: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com).

La catedral de Sevilla reviste un mayor carácter “representativo” que ningún otro edificio de la Baja Edad Media Ibérica: construida sobre los fundamentos de la mezquita, retoma su disposición espacial, elevándola a un alzado gótico que señala claramente el triunfo de la arquitectura occidental.

<sup>178</sup> CEAN, Juan Agustín, “*Descripción artística de la catedral de Sevilla*”, Ed: Librería Renacimiento, Sevilla, 1981. ISBN: 84-85424-05-0. p.19

<sup>179</sup> CRUZ, Fernando, “*Arquitectura Sevillana del siglo XVII. Maestros mayores de la catedral y del Concejo Hispalense*”. Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla 1997. ISBN: 84-472-0356-5

<sup>180</sup> BORNGÄSER, BARBARA, “*Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal*” en el libro “*El gótico, arquitectura, escultura y pintura*”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.277

### 6.3.2 CATEDRAL DE SEVILLA. MODELOS 2D Y 3D.

La toma de datos necesaria para la recreación de los modelos en 2D y posteriormente la generación del modelo 3D fue realizada el **21 de Junio de 2011**; solsticio de verano.

En la toma de datos se tomaron medidas geométricas de la catedral que permitían el levantamiento de la misma así como la **toma de datos de iluminación actual** descrita en el método de análisis de la tesis, es decir, tomando referencia de lúmenes debajo de cada bóveda de crucería de las distintas naves de la catedral para las cuatro horas del día censadas (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00). Estos datos nos servirán para la comparativa entre el estado original y el actual de la iluminación en la catedral que será desarrollado con amplitud en el capítulo designado al efecto.

El resultado gráfico interpretado de lo que sería el proyecto original gótico representa la **denominación de las naves**, la **memoria de vidrieras** de la planta y la **posición de los puntos de muestreo** utilizados para la medición lumínica debajo de cada bóveda. La representación final es la siguiente:

Planta baja:

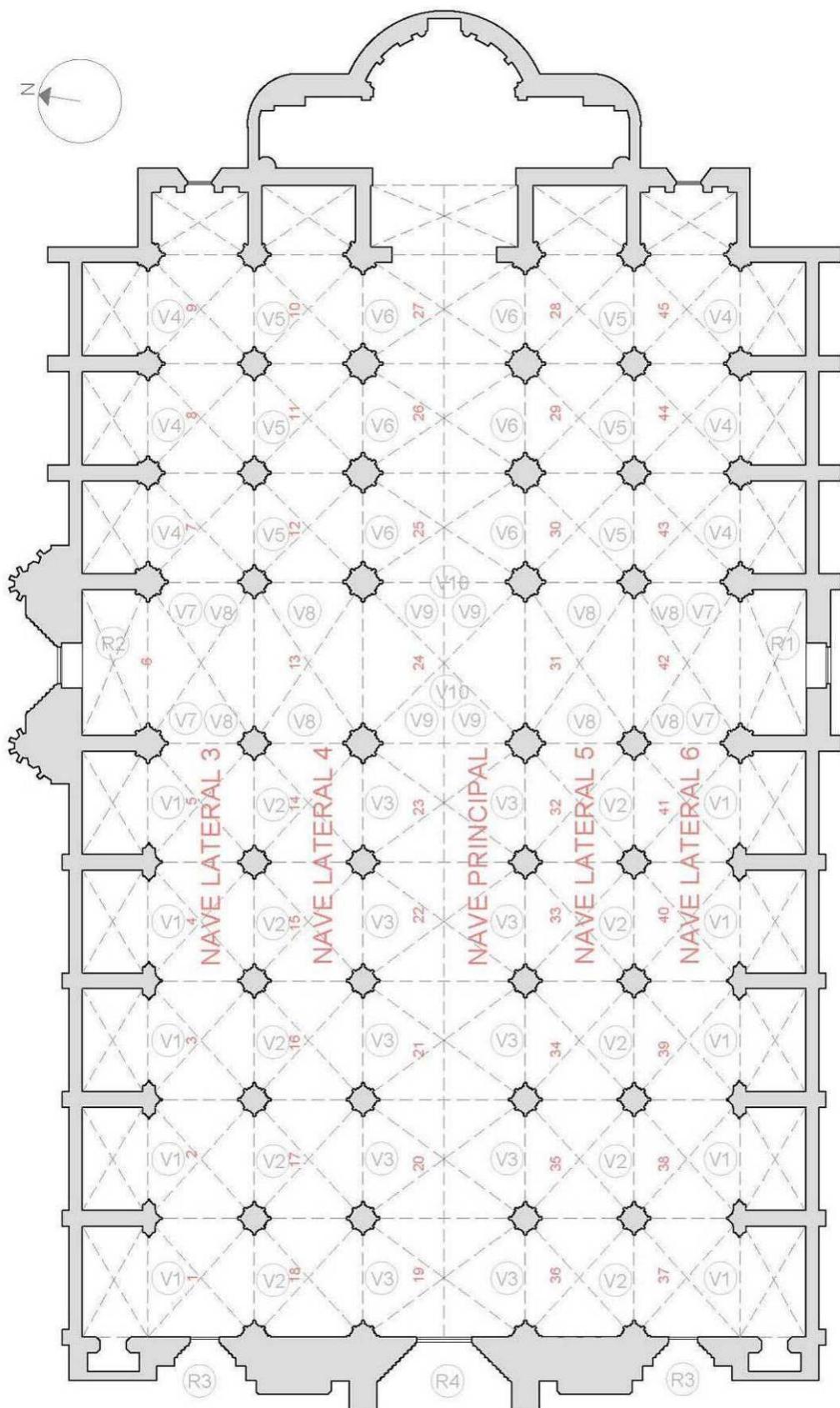


Fig. 6.95. Planta de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

Planta vidrieras:

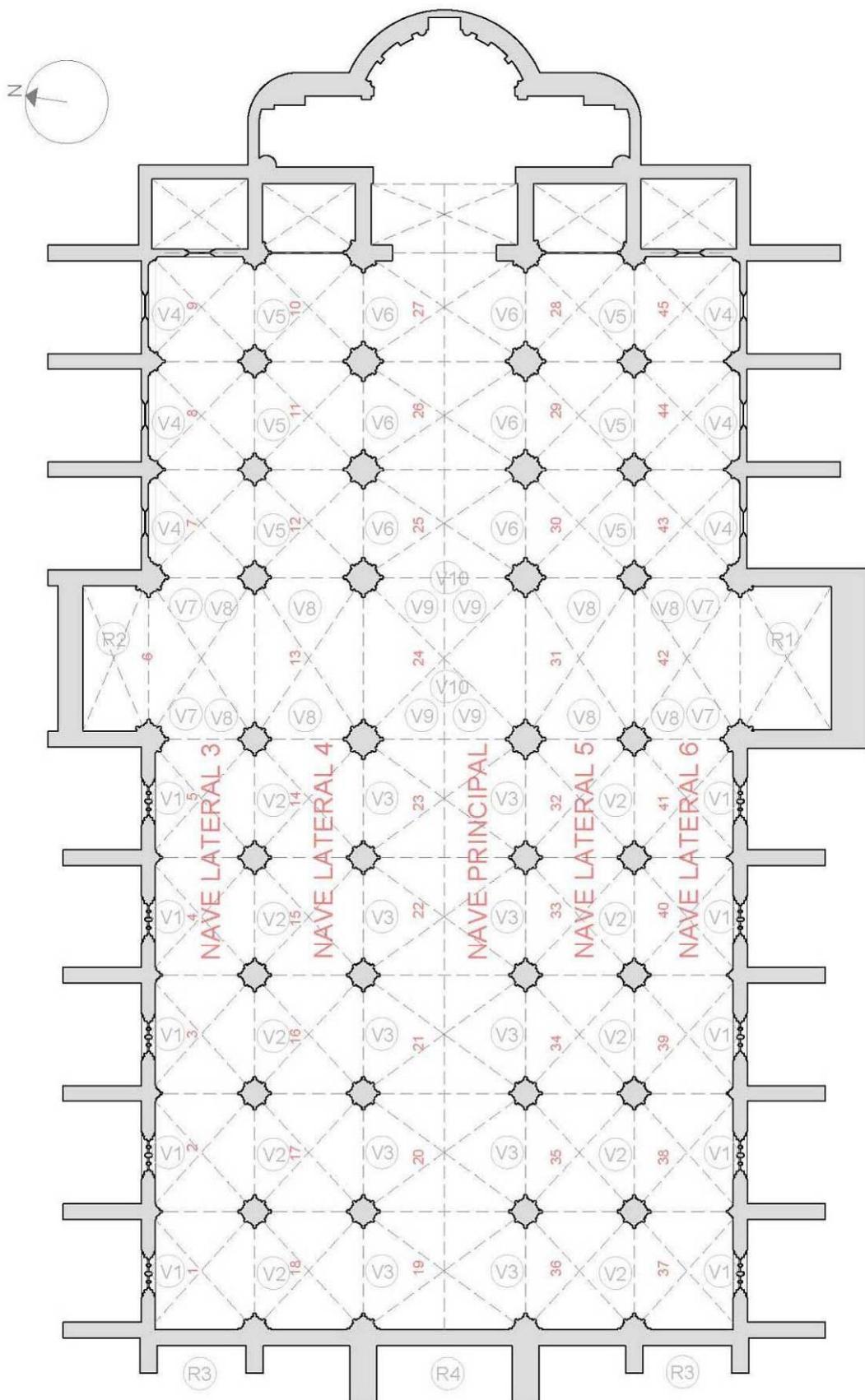


Fig. 6.96. Planta de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

Secciones:

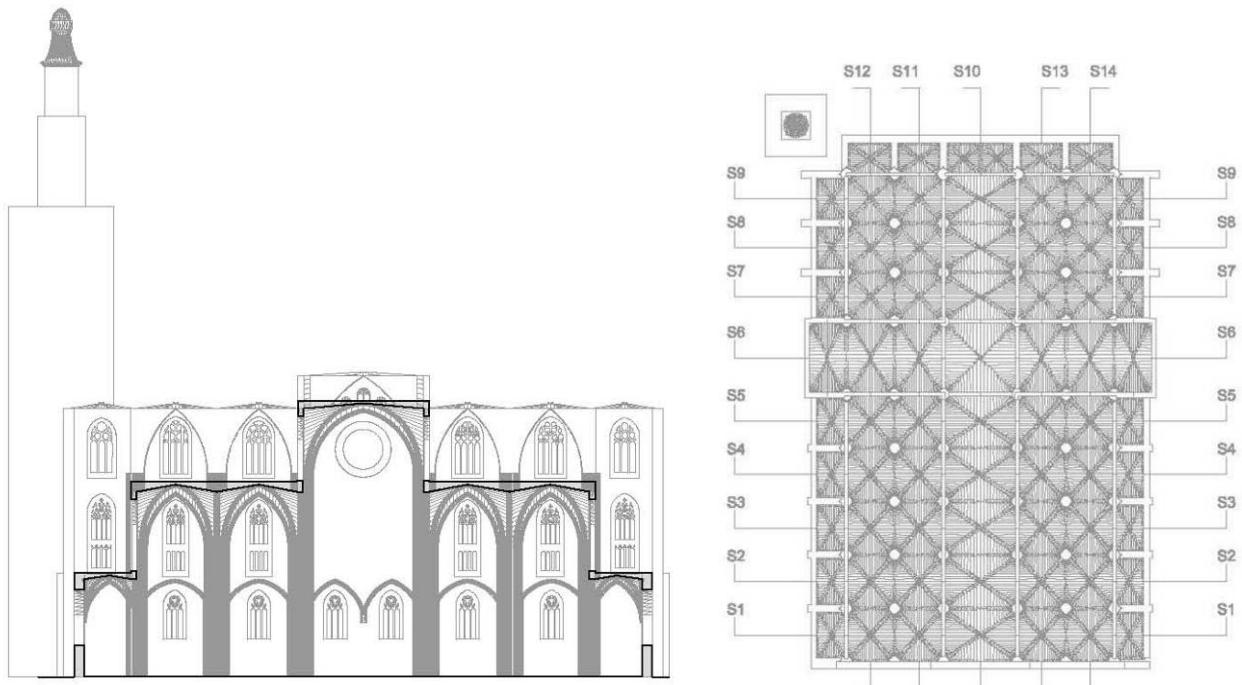


Fig. 6.97. Sección transversal y planta esquemática de corte de secciones. Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

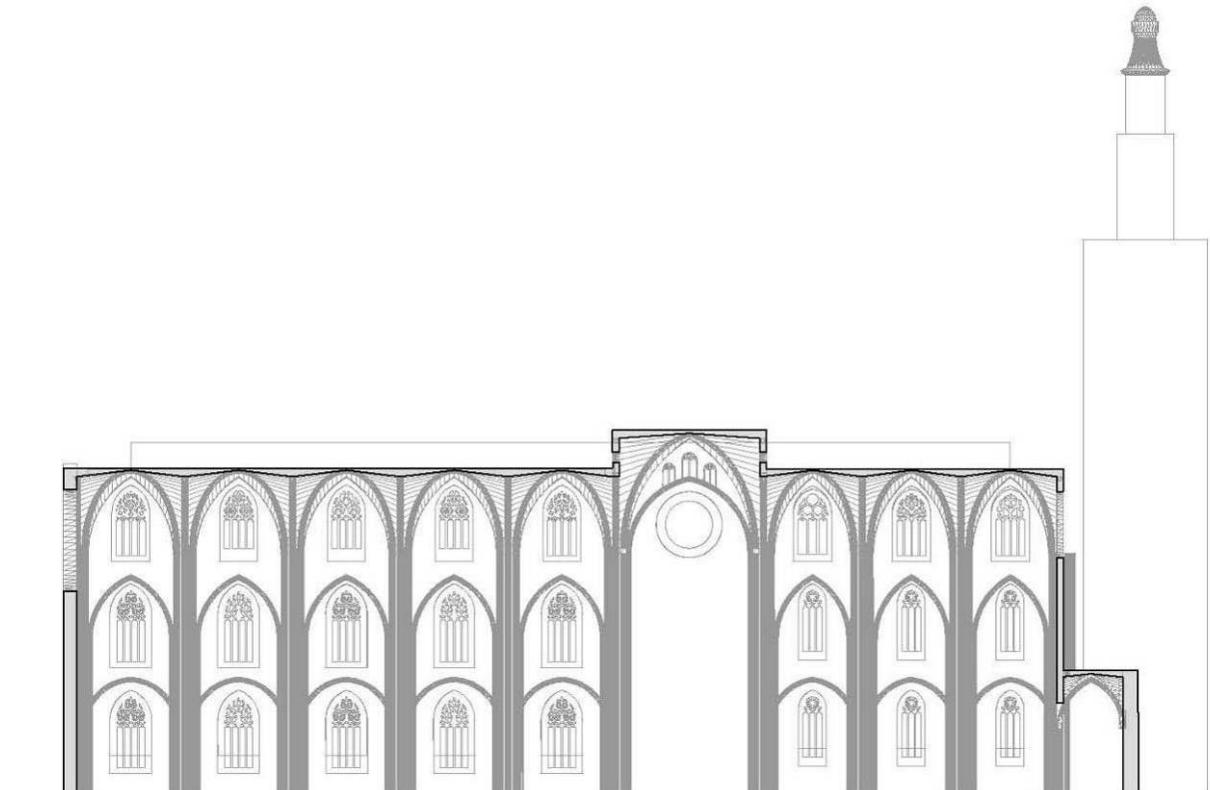


Fig. 6.98. Sección longitudinal. Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

Vidrieras:

VIDRIERAS CATEDRAL SEVILLA

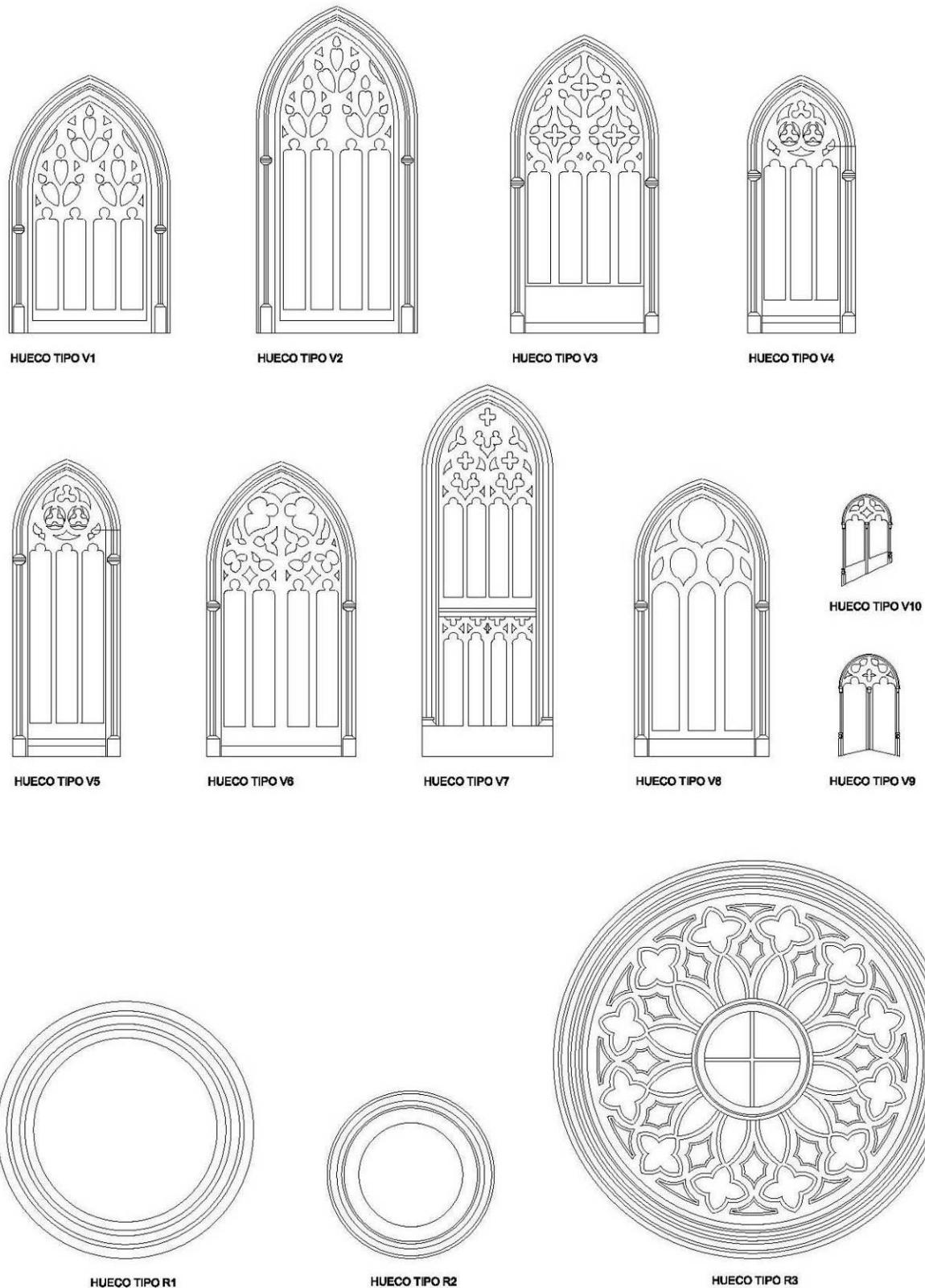


Fig. 6.99. Catálogo de vidrieras de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

VIDRIERAS CATEDRAL SEVILLA

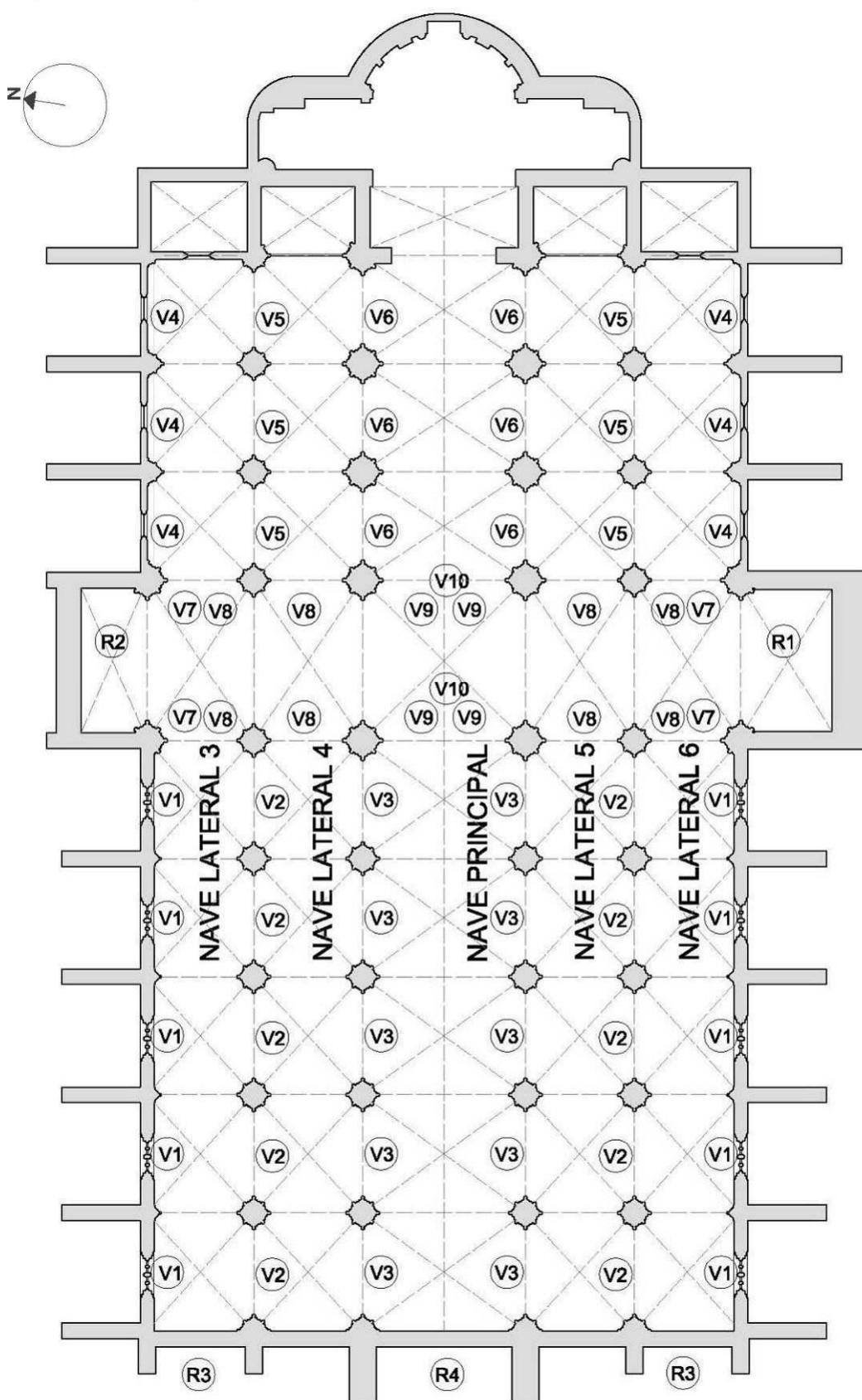


Fig. 6.70. Catálogo de vidrieras de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D:

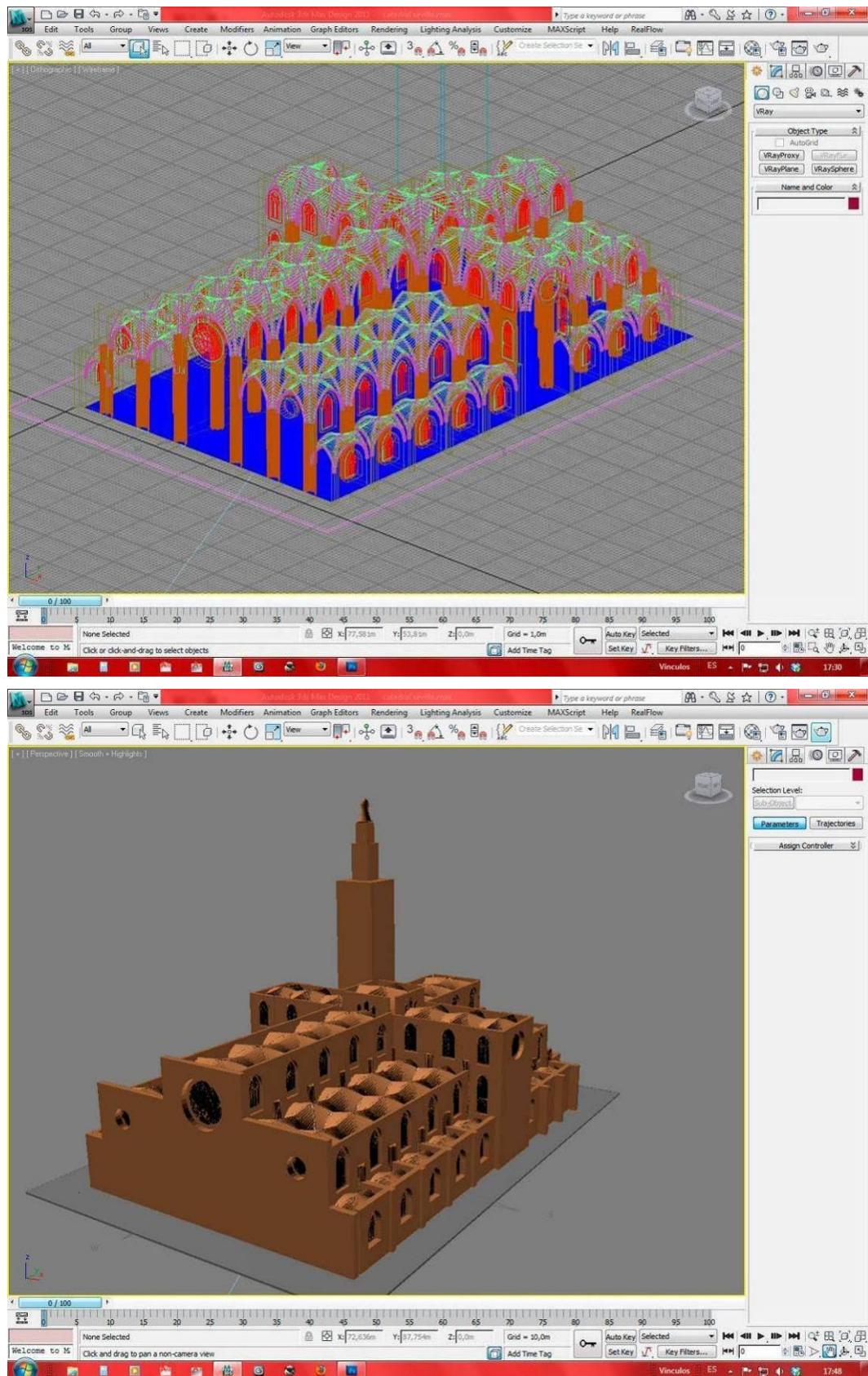


Fig. 6.71. Modelo 3d de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D Renderizado:

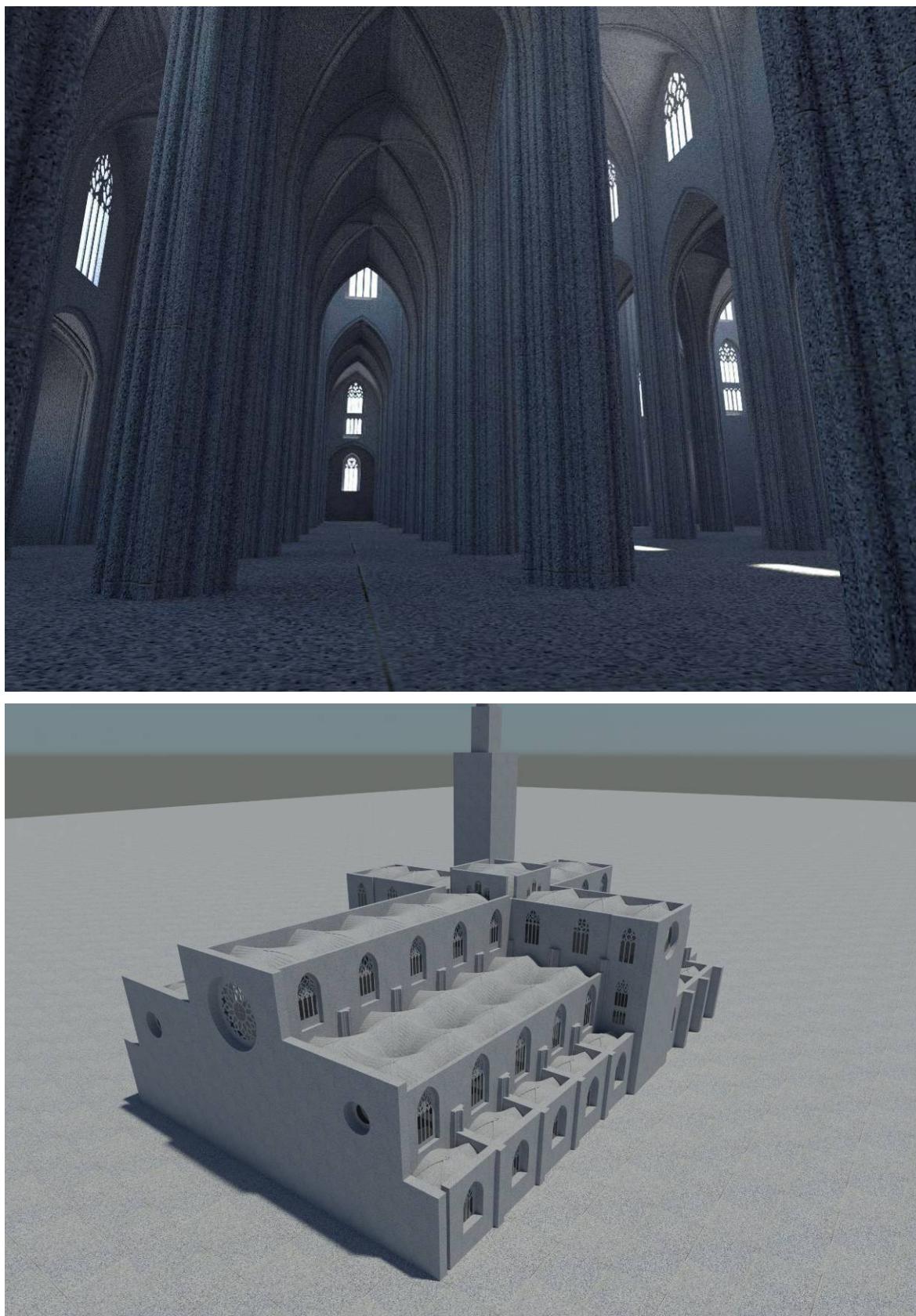


Fig. 6.72. Modelo 3d de la Catedral de Sevilla. Autor: Juan M. Medina.

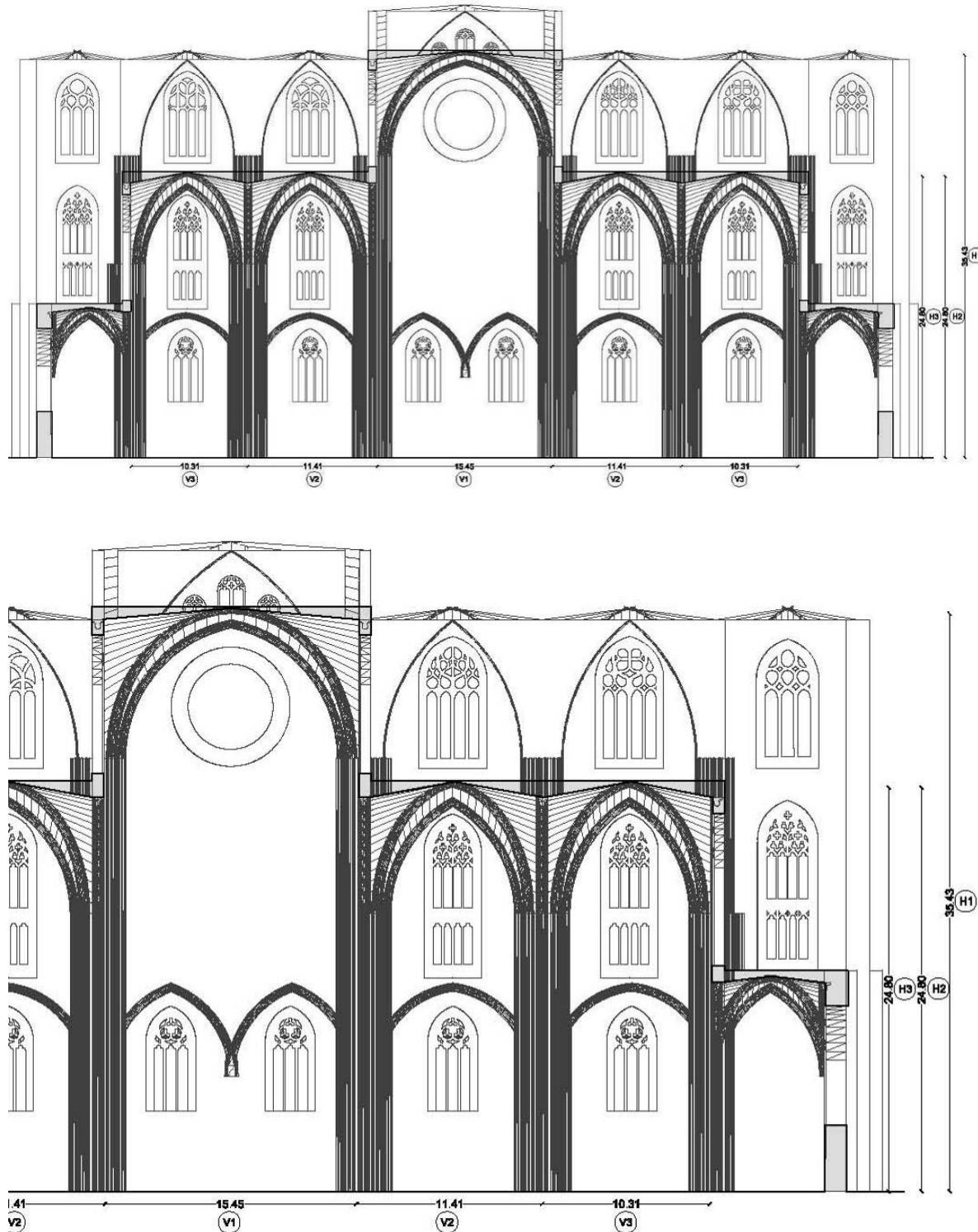
### 6.3.3 CATEDRAL DE SEVILLA. ANÁLISIS DE LA SECCIÓN: FACTOR DE ESBELTEZ Y FACTOR DE TRANSPARENCIA.

Para establecer las relaciones volumétricas necesarias para comprender la influencia que la sección de la catedral tiene sobre la iluminación en su interior, hemos establecido un factor comparable entre todas las catedrales y es su **factor de esbeltez** de nave, que viene definido por la división de la anchura de vano de cada nave con respecto su altura, valores V y H.

En cuanto a las relaciones de apertura de vanos en los muros de cerramiento, el presente estudio analiza una crujía tipo de la catedral entre dos pilares consecutivos de un tramo de la nave central. De ella se extrae un valor comparable entre catedrales que divide la cantidad de vanos incluidos en el muro entre la cantidad de cerramiento macizo de la crujía, **factor de transparencia**.

Los dibujos que demuestran estos dos factores son los que se muestran a continuación.

Factor de esbeltez:



NAVE CENTRAL 1: FACTOR DE ESBELTEZ (H1/V1);  $F_e1 = 2,32$

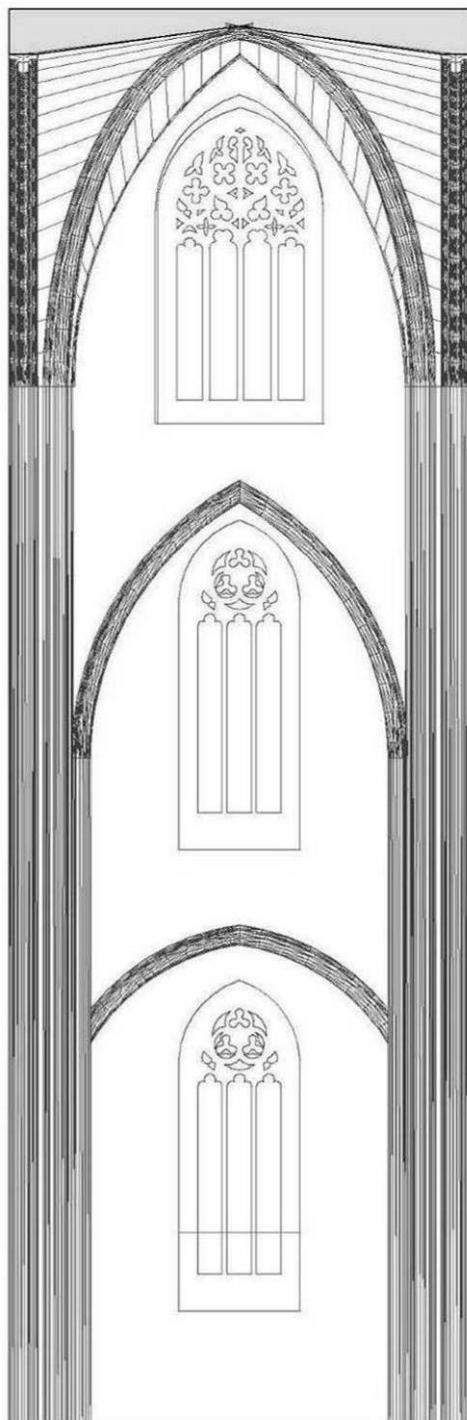
NAVE LATERAL 2: FACTOR DE ESBELTEZ (H2/V2);  $F_e2 = 2,20$

NAVE LATERAL 3: FACTOR DE ESBELTEZ (H3/V3);  $F_e3 = 2,44$

Fig. 6.73. Sección transversal de la catedral de Sevilla. Factor de esbeltez. Autor: Juan M. Medina.

Factor de transparencia:

RELACIÓN VANO / MURO.  
FACTOR DE TRANSPARENCIA



CRUJÍA DE LA CATEDRAL DE SEVILLA

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA (VANO/MURO)  $F_{tm} = 10,47$

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA TOTAL (VANO/VOLUMEN)  $F_{tT} = 0,37$

Fig. 674. Sección transversal de la catedral de Sevilla. Factor de transparencia. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.3.4 CATEDRAL DE SEVILLA. OBTENCIÓN DE DATOS LUMÍNICOS.

Los datos obtenidos para la catedral en los distintos días del año son los que arroja el programa informático para cada punto censado y a las 4 horas del día.

Los valores obtenidos corresponden a una iluminación, tal como ya describimos, con cielo CIE, con valor de iluminación difusa correspondiente a la latitud en la que se encuentra la catedral y con un factor de filtrado del vidrio "a priori" del 40% para poder tener unos valores uniformes entre las distintas catedrales uniformes entre las distintas catedrales y poder compararlas entre sí.

Posteriormente, y para obtener datos ciertos de iluminación con las vidrieras que realmente existen que podamos **comparar con la iluminación actual de la catedral**, tomamos las medidas de ciertos puntos de la misma que consideramos "estables" a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. Comparamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división nos facilita un **factor de escala** que equivale al **factor de filtrado** real de la luz por culpa de las vidrieras y que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor real de iluminación en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como "puntos estables" fueron los siguientes:

16, 17, 18, 19, 20, 21, 34, 35 y 36, y el factor de escala obtenido **0.088**.

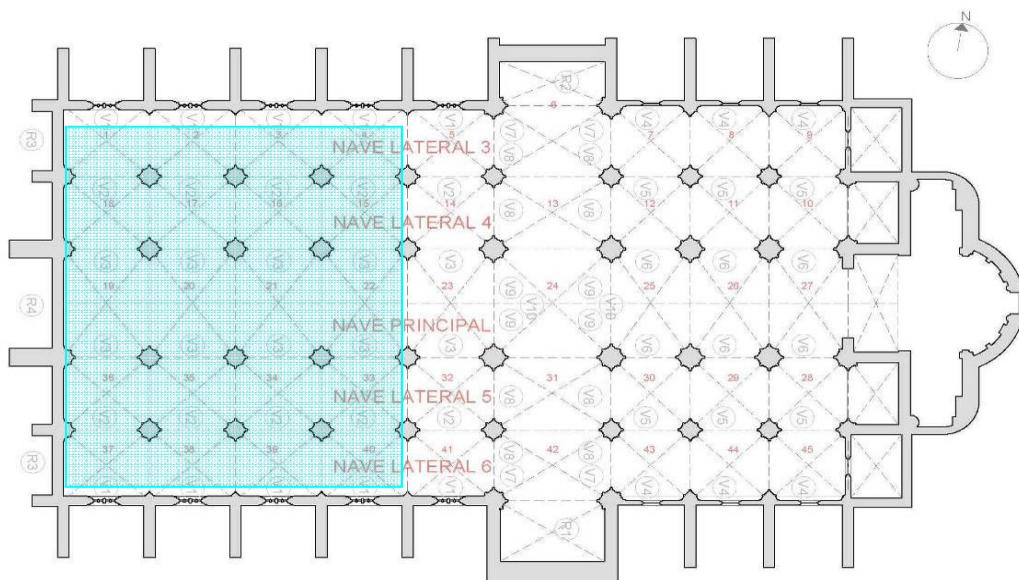


Fig. 6.75. Puntos estables de la catedral de Sevilla, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina

21 MARZO 1600									
F.ESCALA 0,088	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE TRANS. 2	6	164,00	14,43	179,00	15,75	175,00	15,40	154,00	13,55
	13	115,00	10,12	116,00	10,21	101,00	8,89	104,00	9,15
	24	172,00	15,14	186,00	16,37	161,00	14,17	128,00	11,26
	31	197,00	17,34	218,00	19,18	190,00	16,72	163,00	14,34
	42	134,00	11,79	151,00	13,29	139,00	12,23	143,00	12,58
	1	131,00	11,53	153,00	13,46	164,00	14,43	123,00	10,82
NAVE 3 (NORTE)	2	167,00	14,70	184,00	16,19	175,00	15,40	147,00	12,94
	3	177,00	15,58	201,00	17,69	195,00	17,16	159,00	13,99
	4	131,00	11,53	160,00	14,08	154,00	13,55	129,00	11,35
	5	124,00	10,91	159,00	13,99	152,00	13,38	127,00	11,18
	6	164,00	14,43	179,00	15,75	175,00	15,40	154,00	13,55
	7	156,00	13,73	159,00	13,99	130,00	11,44	110,00	9,68
	8	156,00	13,73	157,00	13,82	122,00	10,74	92,00	8,10
	9	201,00	17,69	186,00	16,37	134,00	11,79	99,00	8,71
	10	195,00	17,16	175,00	15,40	119,00	10,47	77,00	6,78
NAVE 4	11	191,00	16,81	178,00	15,66	147,00	12,94	108,00	9,50
	12	253,00	22,26	251,00	22,09	229,00	20,15	191,00	16,81
	13	115,00	10,12	116,00	10,21	101,00	8,89	104,00	9,15
	14	176,00	15,49	209,00	18,39	196,00	17,25	180,00	15,84
	15	189,00	16,63	212,00	18,66	216,00	19,01	199,00	17,51
	16	81,00	7,13	97,00	8,54	89,00	7,83	88,00	7,74
	17	159,00	13,99	173,00	15,22	180,00	15,84	161,00	14,17
NAVE CENTRAL 1	18	79,00	6,95	93,00	8,18	81,00	7,13	54,00	4,75
	19	125,00	11,00	140,00	12,32	98,00	8,62	85,00	7,48
	20	176,00	15,49	188,00	16,54	166,00	14,61	133,00	11,70
	21	196,00	17,25	215,00	18,92	197,00	17,34	139,00	12,23
	22	229,00	20,15	252,00	22,18	236,00	20,77	210,00	18,48
	23	186,00	16,37	213,00	18,74	205,00	18,04	167,00	14,70
	24	172,00	15,14	186,00	16,37	161,00	14,17	128,00	11,26
	25	239,00	21,03	259,00	22,79	208,00	18,30	161,00	14,17
	26	185,00	16,28	210,00	18,48	144,00	12,67	95,00	8,36
	27	210,00	18,48	199,00	17,51	135,00	11,88	73,00	6,42
NAVE 5	28	271,00	23,85	279,00	24,55	221,00	19,45	137,00	12,06
	29	324,00	28,51	335,00	29,48	279,00	24,55	198,00	17,42
	30	276,00	24,29	273,00	24,02	223,00	19,62	174,00	15,31
	31	197,00	17,34	218,00	19,18	190,00	16,72	163,00	14,34
	32	120,00	10,56	162,00	14,26	143,00	12,58	78,00	6,86
	33	250,00	22,00	277,00	24,38	265,00	23,32	225,00	19,80
	34	247,00	21,74	256,00	22,53	234,00	20,59	177,00	15,58
NAVE 6 (SUR)	35	251,00	22,09	256,00	22,53	221,00	19,45	158,00	13,90
	36	136,00	11,97	149,00	13,11	107,00	9,42	60,00	5,28
	37	332,00	29,22	304,00	26,75	262,00	23,06	190,00	16,72
	38	332,00	29,22	308,00	27,10	265,00	23,32	210,00	18,48
	39	273,00	24,02	254,00	22,35	233,00	20,50	164,00	14,43
	40	266,00	23,41	267,00	23,50	249,00	21,91	184,00	16,19
	41	212,00	18,66	264,00	23,23	255,00	22,44	195,00	17,16
	42	134,00	11,79	151,00	13,29	139,00	12,23	143,00	12,58
	43	320,00	28,16	302,00	26,58	238,00	20,94	182,00	16,02
	44	290,00	25,52	275,00	24,20	220,00	19,36	123,00	10,82
	45	299,00	26,31	292,00	25,70	238,00	20,94	140,00	12,32

Fig. 6.76. Valores de iluminación de la catedral de Sevilla. 21 de marzo de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 JUNIO 1600									
F.ESCALA 0,088	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE TRANS. 2	6	210,00	18,48	224,00	19,71	220,00	19,36	184,00	16,19
	13	144,00	12,67	164,00	14,43	161,00	14,17	152,00	13,38
	24	214,00	18,83	233,00	20,50	205,00	18,04	156,00	13,73
	31	226,00	19,89	245,00	21,56	211,00	18,57	184,00	16,19
	42	156,00	13,73	177,00	15,58	172,00	15,14	146,00	12,85
	1	210,00	18,48	222,00	19,54	200,00	17,60	160,00	14,08
NAVE 3 (NORTE)	2	256,00	22,53	277,00	24,38	249,00	21,91	240,00	21,12
	3	267,00	23,50	283,00	24,90	271,00	23,85	227,00	19,98
	4	212,00	18,66	243,00	21,38	247,00	21,74	192,00	16,90
	5	181,00	15,93	247,00	21,74	248,00	21,82	218,00	19,18
	6	210,00	18,48	224,00	19,71	220,00	19,36	184,00	16,19
	7	232,00	20,42	234,00	20,59	182,00	16,02	171,00	15,05
	8	223,00	19,62	253,00	22,26	206,00	18,13	140,00	12,32
	9	241,00	21,21	271,00	23,85	216,00	19,01	169,00	14,87
	10	228,00	20,06	236,00	20,77	174,00	15,31	124,00	10,91
NAVE 4	11	228,00	20,06	243,00	21,38	207,00	18,22	149,00	13,11
	12	293,00	25,78	306,00	26,93	272,00	23,94	249,00	21,91
	13	144,00	12,67	164,00	14,43	161,00	14,17	152,00	13,38
	14	230,00	20,24	269,00	23,67	271,00	23,85	238,00	20,94
	15	248,00	21,82	274,00	24,11	286,00	25,17	255,00	22,44
	16	151,00	13,29	158,00	13,90	159,00	13,99	110,00	9,68
	17	223,00	19,62	234,00	20,59	225,00	19,80	180,00	15,84
	18	133,00	11,70	149,00	13,11	121,00	10,65	87,00	7,66
	19	143,00	12,58	157,00	13,82	127,00	11,18	109,00	9,59
NAVE CENTRAL 1	20	221,00	19,45	236,00	20,77	212,00	18,66	156,00	13,73
	21	242,00	21,30	258,00	22,70	242,00	21,30	214,00	18,83
	22	274,00	24,11	294,00	25,87	285,00	25,08	237,00	20,86
	23	225,00	19,80	260,00	22,88	245,00	21,56	207,00	18,22
	24	214,00	18,83	233,00	20,50	205,00	18,04	156,00	13,73
	25	276,00	24,29	287,00	25,26	242,00	21,30	201,00	17,69
	26	280,43	24,68	301,57	26,54	270,29	23,79	133,00	11,70
	27	293,57	25,83	315,36	27,75	282,21	24,83	108,00	9,50
	28	311,00	27,37	312,00	27,46	237,00	20,86	164,00	14,43
NAVE 5	29	345,00	30,36	359,00	31,59	306,00	26,93	222,00	19,54
	30	304,00	26,75	309,00	27,19	255,00	22,44	209,00	18,39
	31	226,00	19,89	245,00	21,56	211,00	18,57	184,00	16,19
	32	157,00	13,82	198,00	17,42	170,00	14,96	104,00	9,15
	33	289,00	25,43	312,00	27,46	295,00	25,96	228,00	20,06
	34	278,00	24,46	292,00	25,70	261,00	22,97	206,00	18,13
	35	268,00	23,58	285,00	25,08	247,00	21,74	177,00	15,58
	36	154,00	13,55	170,00	14,96	132,00	11,62	96,00	8,45
	37	288,00	25,34	313,00	27,54	258,00	22,70	199,00	17,51
NAVE 6 (SUR)	38	304,00	26,75	327,00	28,78	275,00	24,20	224,00	19,71
	39	264,00	23,23	282,00	24,82	252,00	22,18	160,00	14,08
	40	276,00	24,29	299,00	26,31	278,00	24,46	190,00	16,72
	41	231,00	20,33	296,00	26,05	260,00	22,88	193,00	16,98
	42	156,00	13,73	177,00	15,58	172,00	15,14	146,00	12,85
	43	316,00	27,81	318,00	27,98	254,00	22,35	206,00	18,13
	44	287,00	25,26	305,00	26,84	244,00	21,47	134,00	11,79
	45	324,00	28,51	321,00	28,25	252,00	22,18	153,00	13,46

Fig. 6.77. Valores de iluminación de la catedral de Sevilla. 21 de junio de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 SEPTIEMBRE 1600									
F.ESCALA 0,088	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE TRANS. 2	6	166,00	14,61	181,00	15,93	182,00	16,02	154,00	13,55
	13	103,00	9,06	117,00	10,30	111,00	9,77	114,00	10,03
	24	179,00	15,75	191,00	16,81	150,00	13,20	130,00	11,44
	31	204,00	17,95	222,00	19,54	191,00	16,81	158,00	13,90
	42	163,00	14,34	186,00	16,37	139,00	12,23	136,00	11,97
	1	137,00	12,06	160,00	14,08	157,00	13,82	123,00	10,82
NAVE 3 (NORTE)	2	170,00	14,96	188,00	16,54	165,00	14,52	143,00	12,58
	3	181,00	15,93	205,00	18,04	190,00	16,72	180,00	15,84
	4	136,00	11,97	161,00	14,17	158,00	13,90	125,00	11,00
	5	129,00	11,35	157,00	13,82	158,00	13,90	120,00	10,56
	6	166,00	14,61	181,00	15,93	182,00	16,02	154,00	13,55
	7	163,00	14,34	159,00	13,99	168,00	14,78	108,00	9,50
NAVE 4	8	165,00	14,52	154,00	13,55	124,00	10,91	87,00	7,66
	9	191,00	16,81	174,00	15,31	134,00	11,79	90,00	7,92
	10	211,00	18,57	162,00	14,26	114,00	10,03	71,00	6,25
	11	191,00	16,81	178,00	15,66	142,00	12,50	111,00	9,77
	12	259,00	22,79	255,00	22,44	220,00	19,36	193,00	16,98
	13	103,00	9,06	117,00	10,30	111,00	9,77	114,00	10,03
NAVE CENTRAL 1	14	183,00	16,10	208,00	18,30	204,00	17,95	166,00	14,61
	15	195,00	17,16	217,00	19,10	218,00	19,18	192,00	16,90
	16	87,00	7,66	102,00	8,98	89,00	7,83	89,00	7,83
	17	164,00	14,43	175,00	15,40	161,00	14,17	146,00	12,85
	18	90,00	7,92	98,00	8,62	76,00	6,69	46,00	4,05
	19	127,00	11,18	146,00	12,85	109,00	9,59	51,00	4,49
NAVE 5	20	186,00	16,37	203,00	17,86	161,00	14,17	120,00	10,56
	21	211,00	18,57	228,00	20,06	186,00	16,37	138,00	12,14
	22	237,00	20,86	272,00	23,94	226,00	19,89	194,00	17,07
	23	195,00	17,16	240,00	21,12	194,00	17,07	155,00	13,64
	24	179,00	15,75	191,00	16,81	150,00	13,20	130,00	11,44
	25	248,00	21,82	275,00	24,20	207,00	18,22	149,00	13,11
NAVE 6 (SUR)	26	197,00	17,34	213,00	18,74	144,00	12,67	88,00	7,74
	27	219,00	19,27	209,00	18,39	125,00	11,00	66,00	5,81
	28	286,00	25,17	287,00	25,26	207,00	18,22	146,00	12,85
	29	335,00	29,48	332,00	29,22	268,00	23,58	189,00	16,63
	30	296,00	26,05	283,00	24,90	254,00	22,35	167,00	14,70
	31	204,00	17,95	222,00	19,54	191,00	16,81	158,00	13,90
	32	128,00	11,26	168,00	14,78	136,00	11,97	75,00	6,60
	33	260,00	22,88	289,00	25,43	259,00	22,79	210,00	18,48
	34	252,00	22,18	255,00	22,44	222,00	19,54	167,00	14,70
	35	256,00	22,53	254,00	22,35	212,00	18,66	148,00	13,02
	36	152,00	13,38	137,00	12,06	118,00	10,38	49,00	4,31
	37	329,00	28,95	301,00	26,49	246,00	21,65	179,00	15,75
	38	340,00	29,92	309,00	27,19	269,00	23,67	184,00	16,19
	39	305,00	26,84	280,00	24,64	231,00	20,33	175,00	15,40
	40	302,00	26,58	288,00	25,34	248,00	21,82	184,00	16,19
	41	234,00	20,59	289,00	25,43	255,00	22,44	188,00	16,54
	42	163,00	14,34	186,00	16,37	139,00	12,23	136,00	11,97
	43	346,00	30,45	308,00	27,10	237,00	20,86	184,00	16,19
	44	308,00	27,10	291,00	25,61	210,00	18,48	118,00	10,38
	45	330,00	29,04	302,00	26,58	248,00	21,82	130,00	11,44

Fig. 6.78. Valores de iluminación de la catedral de Sevilla. 21 de septiembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 DICIEMBRE 1600									
F.ESCALA 0,088	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE TRANS. 2	6	119,00	10,47	123,00	10,82	125,00	11,00	85,00	7,48
	13	79,00	6,95	113,00	9,94	82,00	7,22	57,00	5,02
	24	147,00	12,94	189,00	16,63	123,00	10,82	78,00	6,86
	31	180,00	15,84	194,00	17,07	150,00	13,20	135,00	11,88
	42	143,00	12,58	154,00	13,55	120,00	10,56	98,00	8,62
	1	80,00	7,04	105,00	9,24	105,00	9,24	96,00	8,45
NAVE 3 (NORTE)	2	111,00	9,77	121,00	10,65	124,00	10,91	108,00	9,50
	3	128,00	11,26	143,00	12,58	142,00	12,50	125,00	11,00
	4	86,00	7,57	96,00	8,45	110,00	9,68	78,00	6,86
	5	80,00	7,04	97,00	8,54	102,00	8,98	69,00	6,07
	6	119,00	10,47	123,00	10,82	125,00	11,00	85,00	7,48
	7	96,00	8,45	96,00	8,45	88,00	7,74	80,00	7,04
	8	104,00	9,15	95,00	8,36	79,00	6,95	68,00	5,98
	9	147,00	12,94	115,00	10,12	87,00	7,66	75,00	6,60
	10	141,00	12,41	119,00	10,47	94,00	8,27	63,00	5,54
NAVE 4	11	141,00	12,41	135,00	11,88	106,00	9,33	91,00	8,01
	12	220,00	19,36	218,00	19,18	184,00	16,19	166,00	14,61
	13	79,00	6,95	113,00	9,94	82,00	7,22	57,00	5,02
	14	152,00	13,38	178,00	15,66	144,00	12,67	117,00	10,30
	15	150,00	13,20	171,00	15,05	166,00	14,61	130,00	11,44
	16	39,00	3,43	61,00	5,37	55,00	4,84	17,00	1,50
	17	123,00	10,82	134,00	11,79	118,00	10,38	107,00	9,42
	18	39,00	3,43	67,00	5,90	44,00	3,87	41,00	3,61
	19	87,00	7,66	124,00	10,91	63,00	5,54	94,00	8,27
NAVE CENTRAL 1	20	151,00	13,29	150,00	13,20	125,00	11,00	95,00	8,36
	21	173,00	15,22	200,00	17,60	161,00	14,17	118,00	10,38
	22	208,00	18,30	218,00	19,18	186,00	16,37	144,00	12,67
	23	161,00	14,17	191,00	16,81	154,00	13,55	111,00	9,77
	24	147,00	12,94	189,00	16,63	123,00	10,82	78,00	6,86
	25	220,00	19,36	222,00	19,54	165,00	14,52	141,00	12,41
	26	182,00	16,02	162,00	14,26	120,00	10,56	81,00	7,13
	27	181,00	15,93	139,00	12,23	100,00	8,80	58,00	5,10
	28	240,00	21,12	265,00	23,32	192,00	16,90	128,00	11,26
NAVE 5	29	337,00	29,66	337,00	29,66	253,00	22,26	196,00	17,25
	30	278,00	24,46	280,00	24,64	194,00	17,07	161,00	14,17
	31	180,00	15,84	194,00	17,07	150,00	13,20	135,00	11,88
	32	124,00	10,91	178,00	15,66	132,00	11,62	53,00	4,66
	33	254,00	22,35	269,00	23,67	266,00	23,41	174,00	15,31
	34	266,00	23,41	265,00	23,32	238,00	20,94	160,00	14,08
	35	256,00	22,53	282,00	24,82	218,00	19,18	140,00	12,32
NAVE 6 (SUR)	36	185,00	16,28	179,00	15,75	88,00	7,74	18,00	1,58
	37	286,00	25,17	260,00	22,88	217,00	19,10	178,00	15,66
	38	303,00	26,66	269,00	23,67	260,00	22,88	208,00	18,30
	39	226,00	19,89	213,00	18,74	227,00	19,98	147,00	12,94
	40	273,00	24,02	251,00	22,09	241,00	21,21	158,00	13,90
	41	243,00	21,38	226,00	19,89	225,00	19,80	168,00	14,78
	42	143,00	12,58	154,00	13,55	120,00	10,56	98,00	8,62
	43	318,00	27,98	283,00	24,90	223,00	19,62	189,00	16,63
	44	316,00	27,81	267,00	23,50	198,00	17,42	129,00	11,35
	45	282,00	24,82	254,00	22,35	208,00	18,30	143,00	12,58

Fig. 6.79. Valores de iluminación de la catedral de Sevilla. 21 de diciembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

### 6.3.5 CATEDRAL DE SEVILLA. TRASLACIÓN DE DATOS A GRÁFICAS LUMÍNICAS: ILUMINACIÓN INDIRECTA.

La aplicación del programa informático sobre el modelo en 3D de la catedral original gótica nos permite obtener, además de valores puntuales en cada punto censado, unas interesantes gráficas de color que representan la iluminación general de la catedral en un momento dado, pudiendo establecer un análisis a simple vista de lo que ocurre en cada lugar de la misma.

En este caso no se toman los valores "escalados" de iluminación sino los correspondientes a la aplicación del programa con el vidrio "tipo", con la selección de un vidrio translúcido igual para todas las catedrales, para de ese modo poder posteriormente compararlas entre sí.

Para la catedral de Sevilla se ha tomado una escala de graduación de color que va desde los 0 luxes y los 500 luxes. (Fig. 6.80)

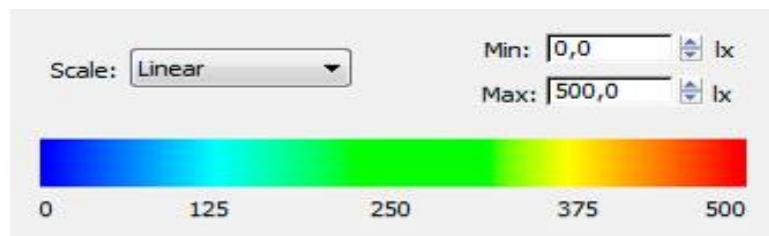
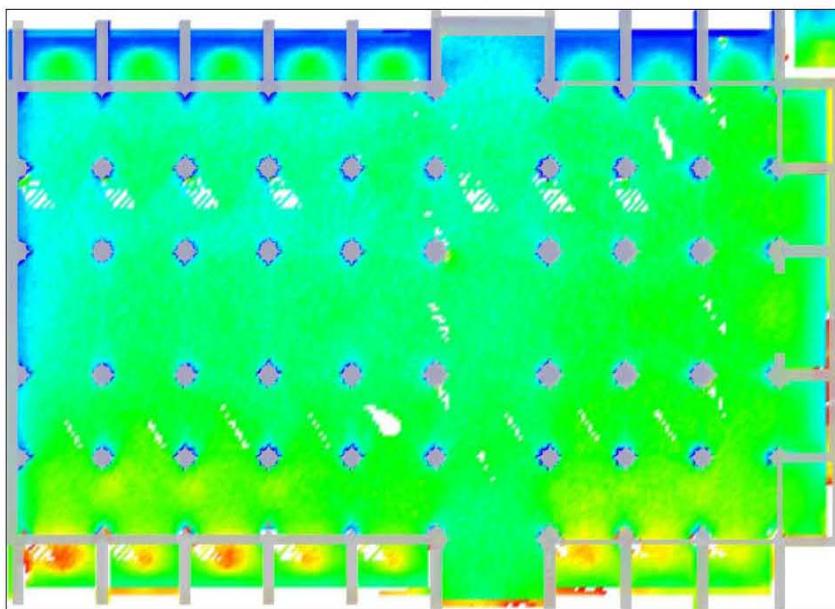
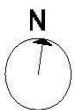


Fig. 6.80. Gradiente de color utilizado para la catedral de Sevilla.

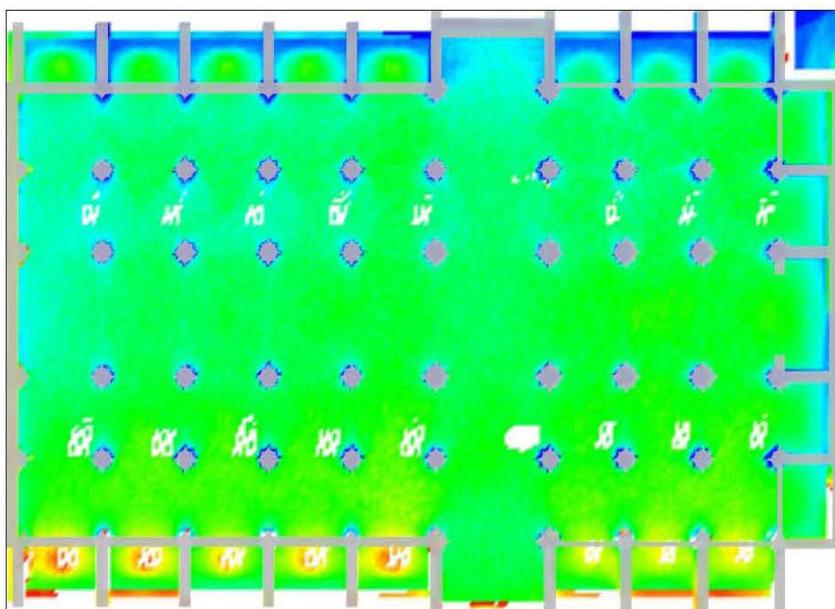
Las gráficas lumínicas resultantes para los cuatro días del año y las cuatro horas del día son las siguientes:

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

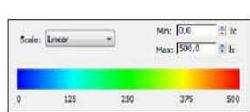


PLANTA 10:00

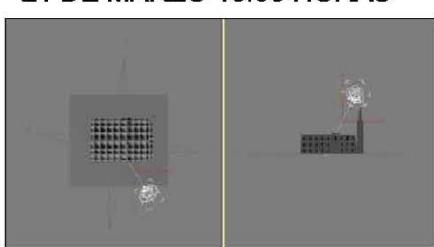


PLANTA 12:00

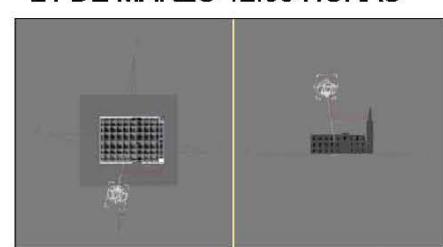
21 DE MARZO 10:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES



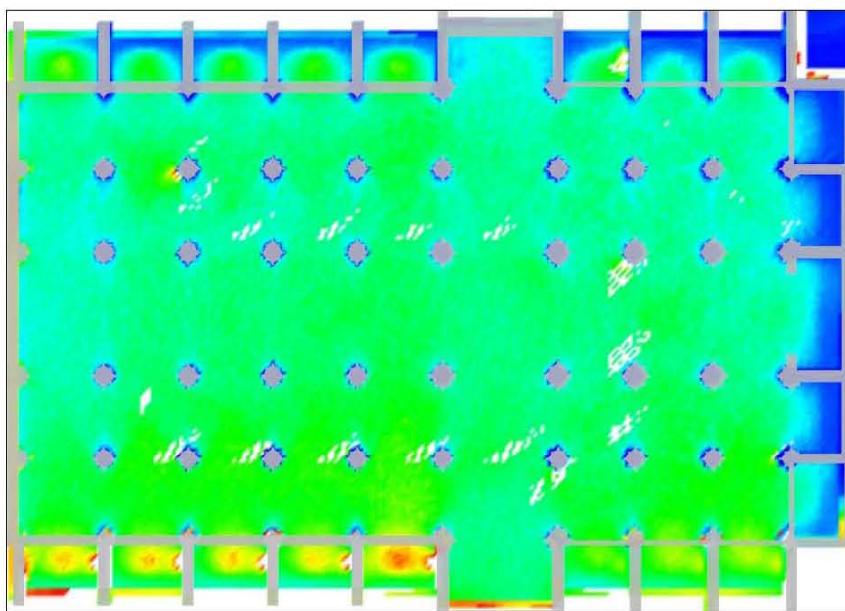
21 DE MARZO 12:00 HORAS



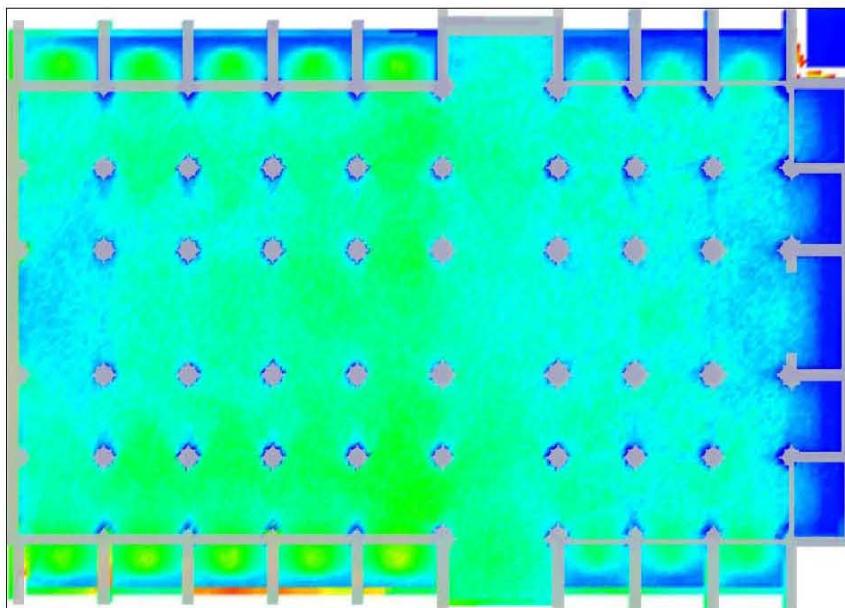
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

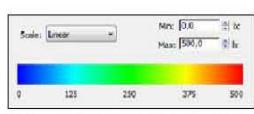


PLANTA 14:00

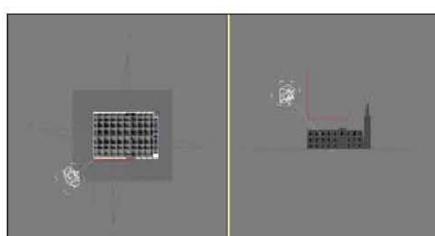


PLANTA 16:00

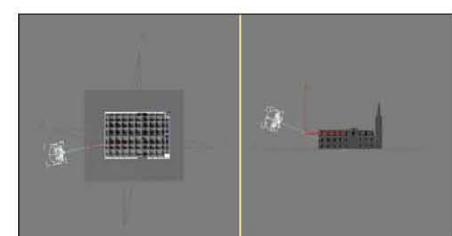
21 DE MARZO 14:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES

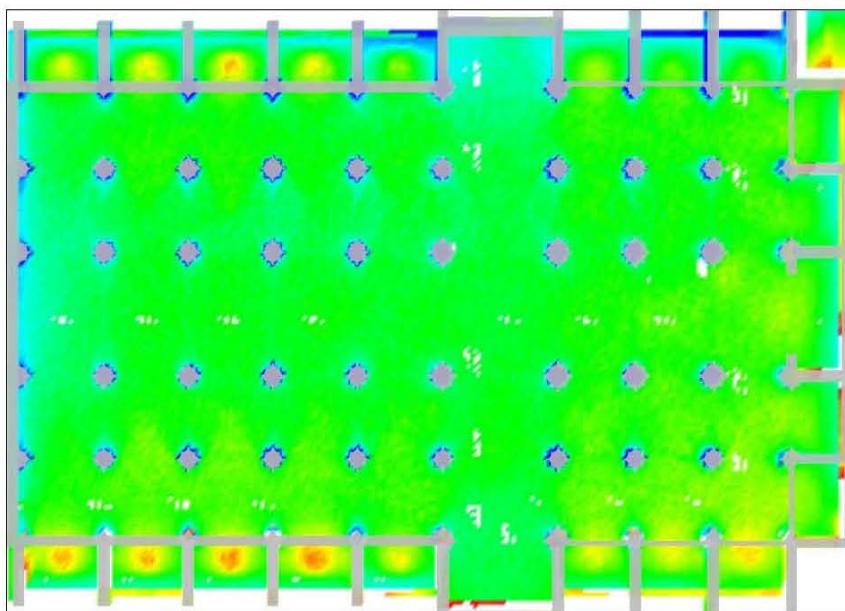


21 DE MARZO 16:00 HORAS

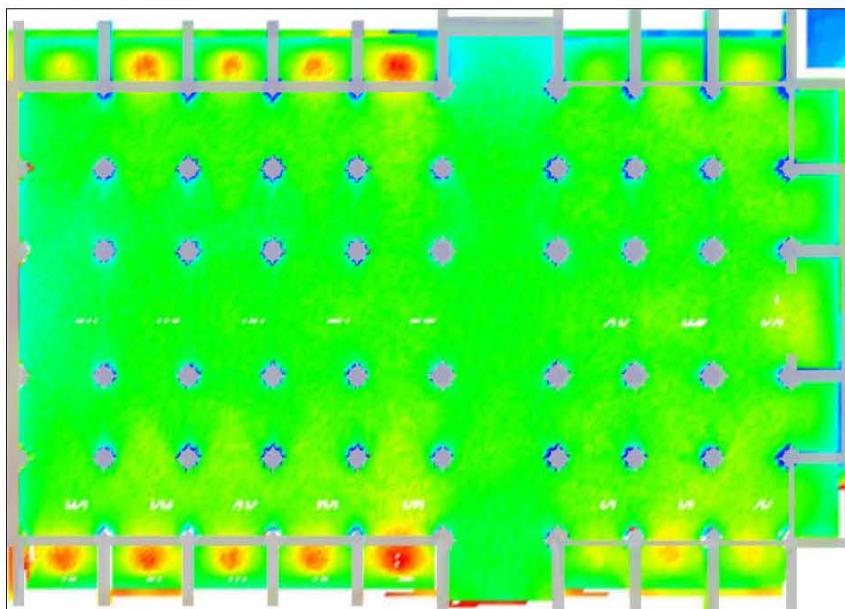


CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

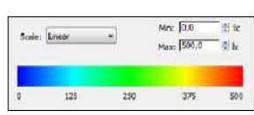


PLANTA 10:00

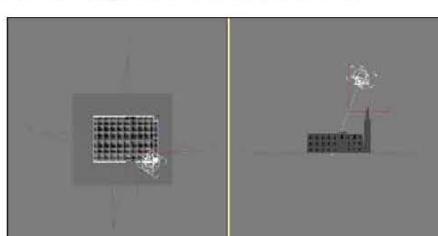


PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS

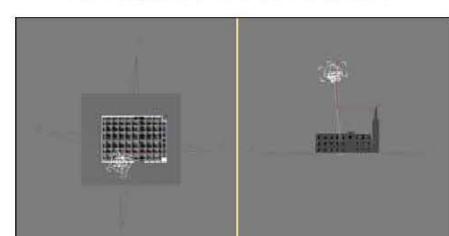


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



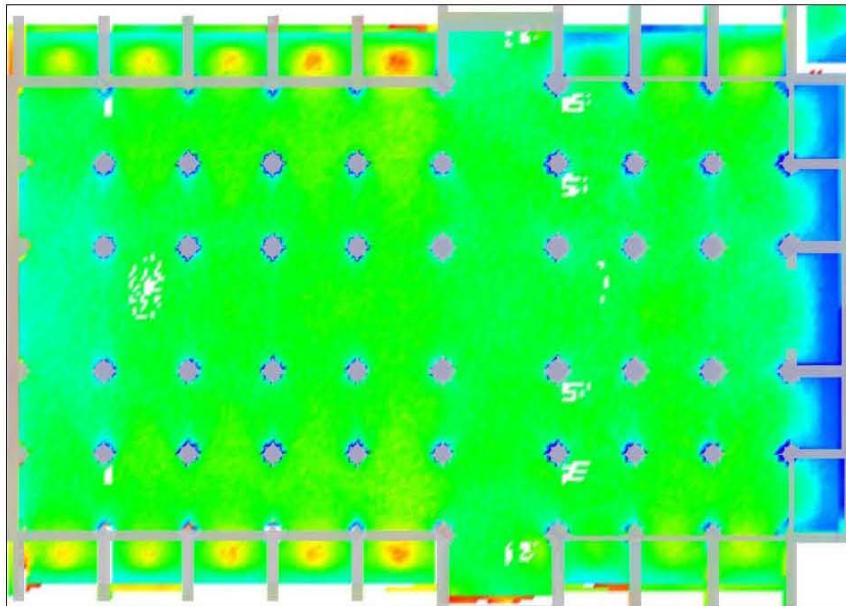
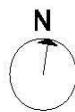
SITUACIÓN SOLAR

21 DE JUNIO 12:00 HORAS

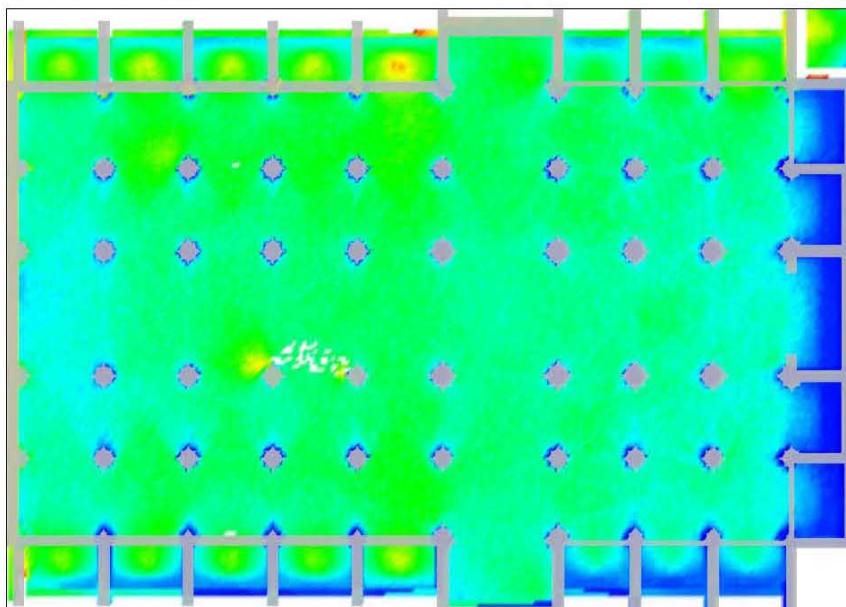


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

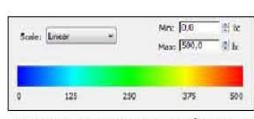


PLANTA 14:00

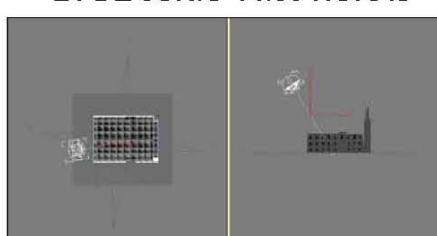


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

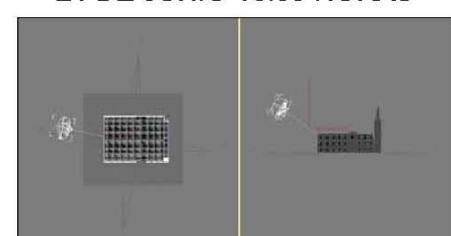


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

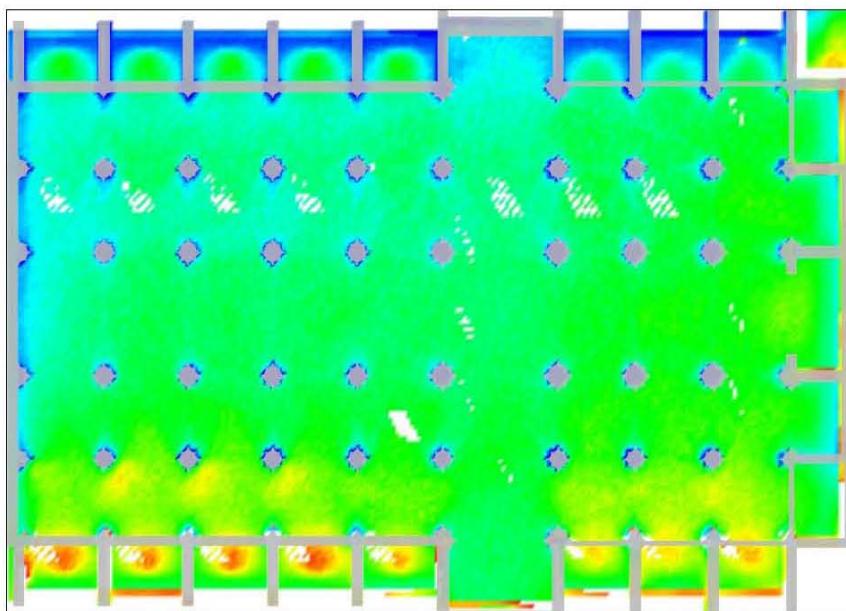
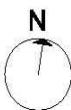
21 DE JUNIO 16:00 HORAS



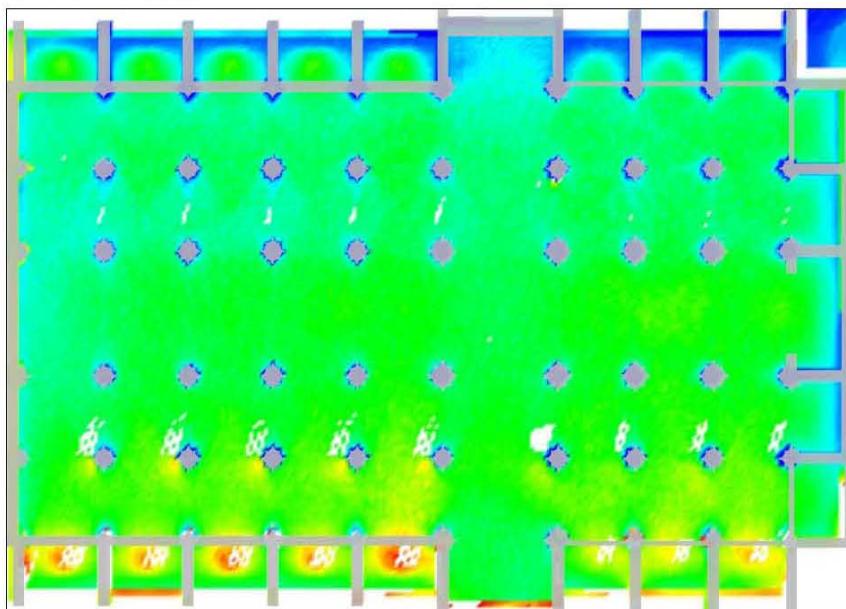
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

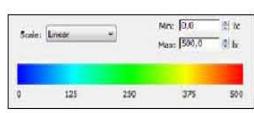


PLANTA 10:00

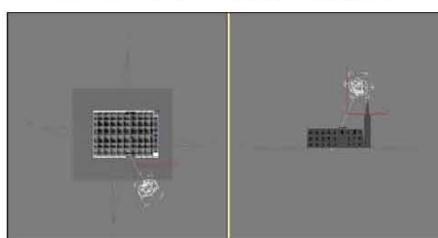


PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

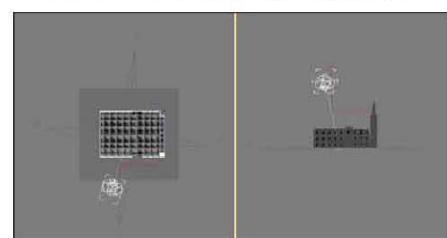


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

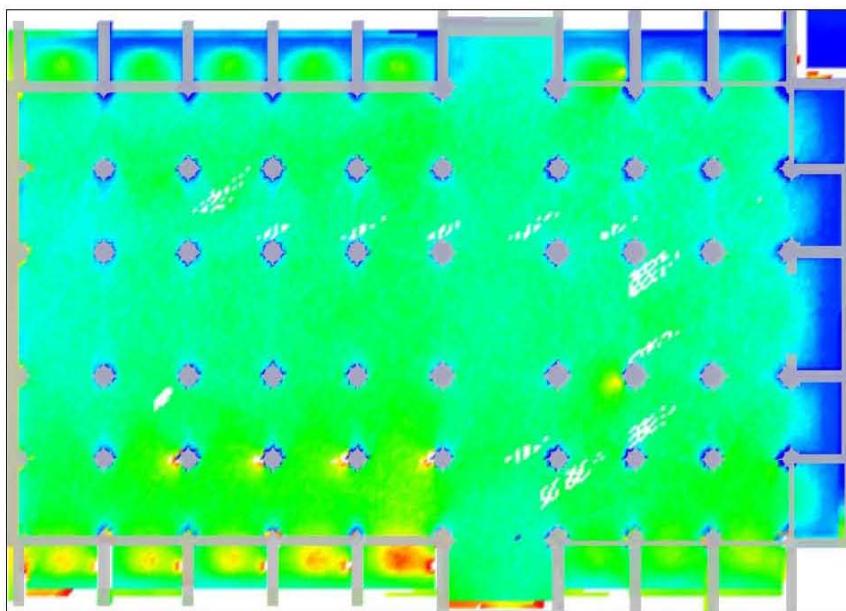
21 DE SEPT. 12:00 HORAS



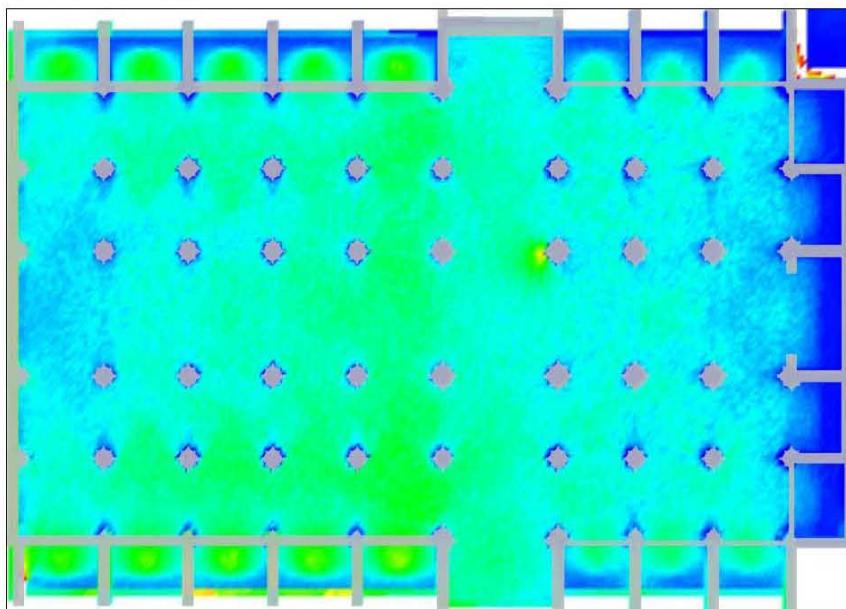
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

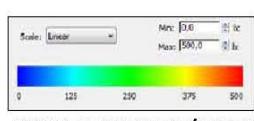


PLANTA 14:00

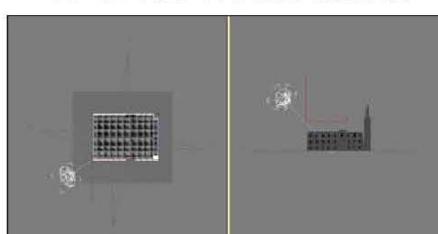


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

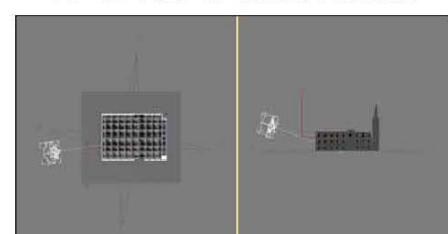


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



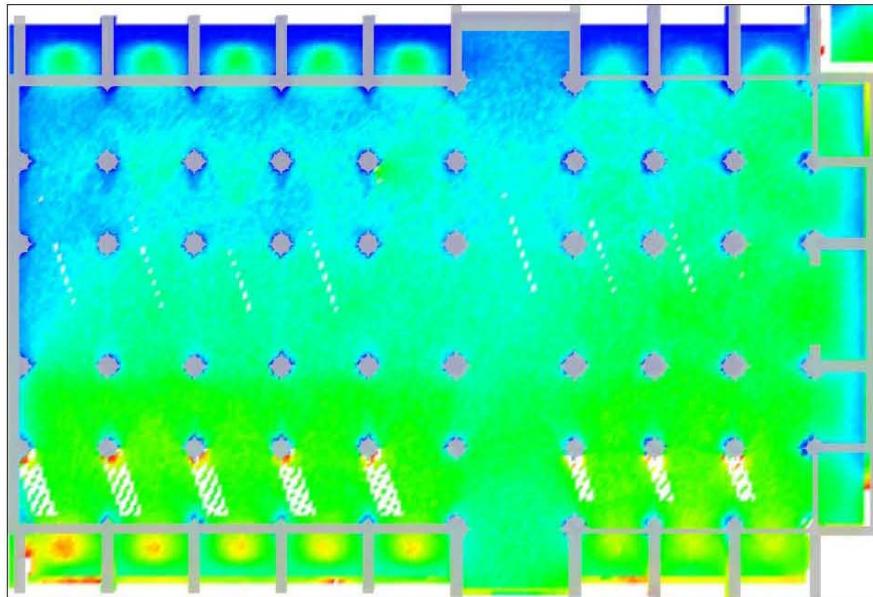
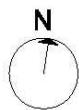
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 16:00 HORAS

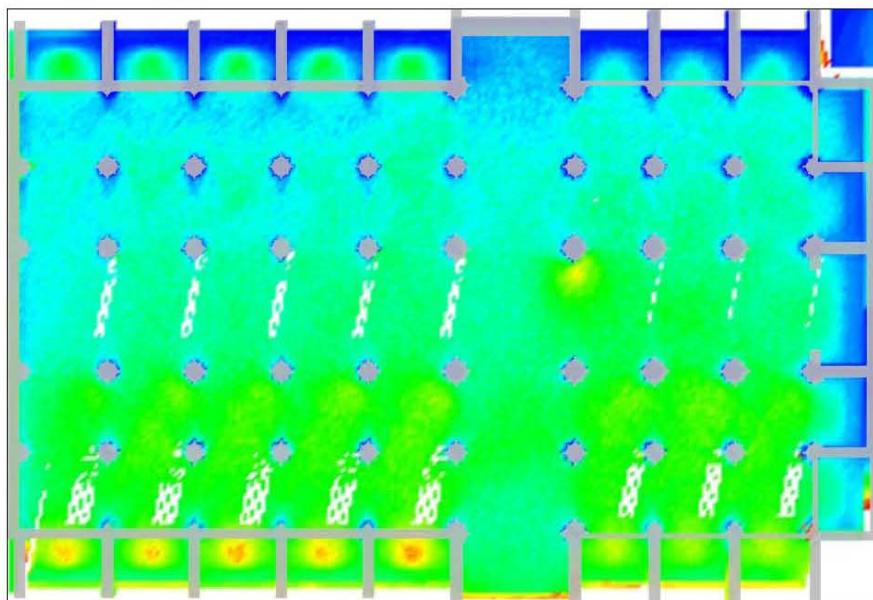


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

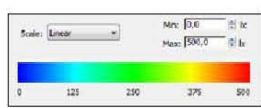


PLANTA 10:00

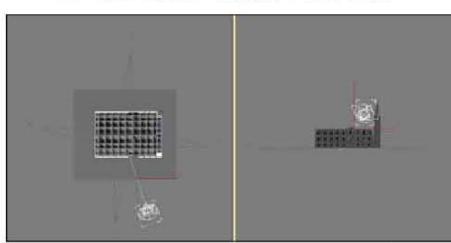


PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS

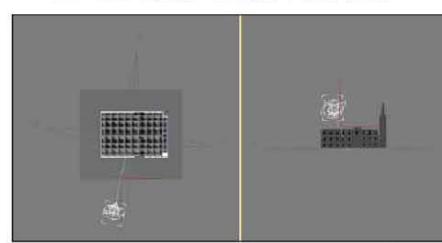


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

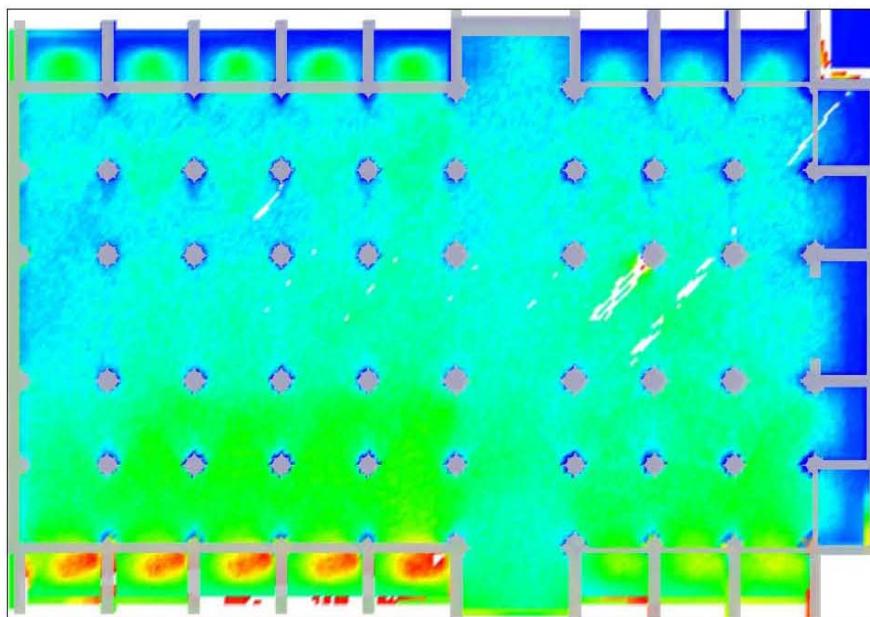
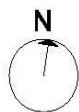
21 DE DIC. 12:00 HORAS



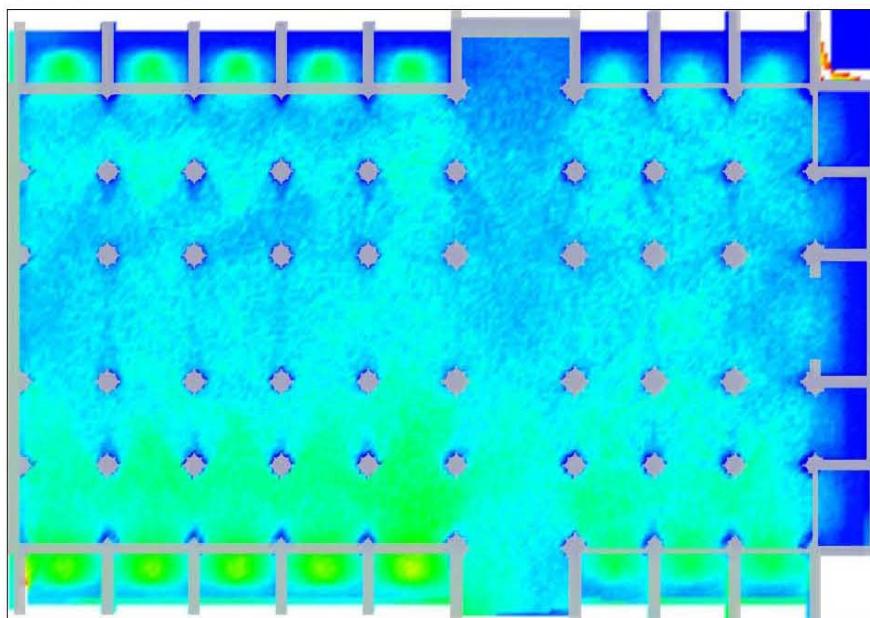
SITUACIÓN SOL

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

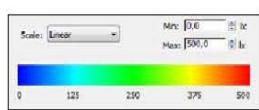


PLANTA 14:00

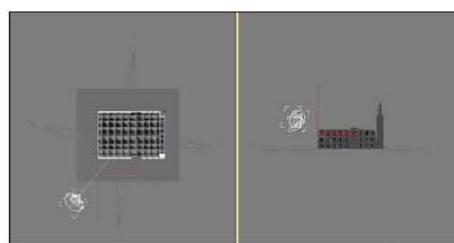


PLANTA 16:00

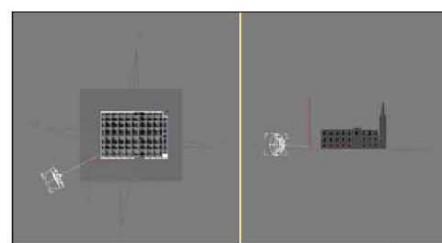
21 DE DIC. 14:00 HORAS



21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR



SITUACIÓN SOL

### 6.3.6 CATEDRAL DE SEVILLA. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN GENERAL DE LA CATEDRAL. ILUMINACIÓN INDIRECTA.

En este apartado estudiaremos los valores numéricos obtenidos en los distintos puntos de la catedral con su factor de escalado y las gráficas que se han extractado a partir de estos para, de ese modo, poder analizar de manera pormenorizada la iluminación en cada nave de la catedral y la comparación entre estas.

#### 6.3.6.1 NAVE CENTRAL.

Nave de iluminación extremadamente constante en primavera en lo referente a la iluminación general por punto a lo largo del día, sobre todo entre las 10:00 y las 14:00 horas con valores en primavera entre 15 luxes y 18 de media entre los distintos puntos de la nave, mientras que sufre un leve descenso de iluminación a las 16:00 con un valor medio de iluminación por punto de 11 luxes.

En verano se repite el esquema general de iluminación de primavera, con valores de 10:00 a 14:00 entre 20 y 22 de media entre los distintos puntos de la nave, mientras que el descenso que sufre a las 16:00 llega a los 14 luxes.

En otoño volvemos a tener la máxima iluminación a las 12 pero con un patrón similar a primavera y verano, con valores de 10:00 a 14:00 entre 14 y 19 y con un descenso a las 16:00 hasta los 10 luxes de media.

En invierno la iluminación general desciende, teniendo valores medios por punto de 14 y 15 a las 10:00 y a las 12:00 respectivamente, mientras que a las 14:00 y a las 16:00 horas se obtienen valores mucho más bajos, llegando hasta los 9 luxes de media a las 16:00 horas.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (fig. 6.81) a las 10:00 horas nos muestra como la iluminación sufre un ascenso entre los puntos 19 a 22 (de los pies hacia el crucero), partiendo de los 11 luxes y hasta alcanzar los 20. Sin embargo a la altura del crucero podemos observar un leve descenso de iluminación hasta los 15 luxes para, posteriormente, volver a ascender hasta los 18 luxes a la altura del ábside.

Este esquema de gráfica se repite de manera paralela para las otras 4 horas del día mostrando homogeneidad en la distribución de las líneas tanto para las 12:00 como para las 14:00. A las 16:00 podemos observar como los valores siguen mostrando líneas paralelas

a las anteriores pero con valores más pequeños, así de los 11 luxes de los pies pasamos a 7, de los 18 del ábside bajamos a 6 y de los 15 llegamos a 11 en el crucero.

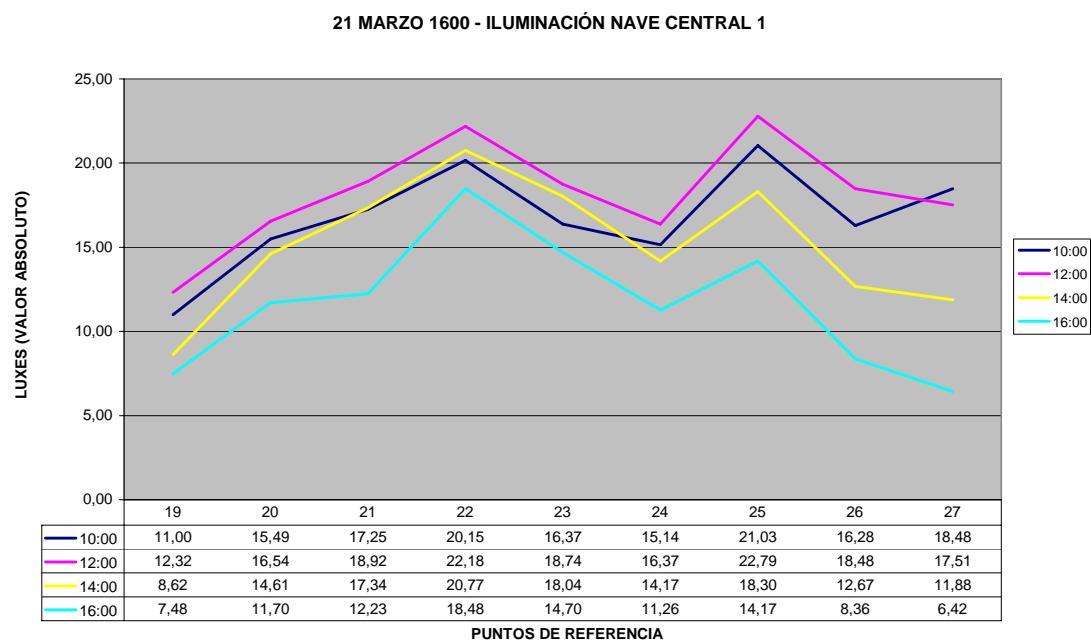


Fig. 6.81. Gráfica de la nave 1. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.82) muestra unos valores de comportamiento similar a la de primavera, siguiendo el patrón de aumento de la iluminación desde los pies hacia el ábside. También sucede que en el crucero desciende la iluminación en todas las horas del día hasta valores de 13 luxes a las 16:00 horas.

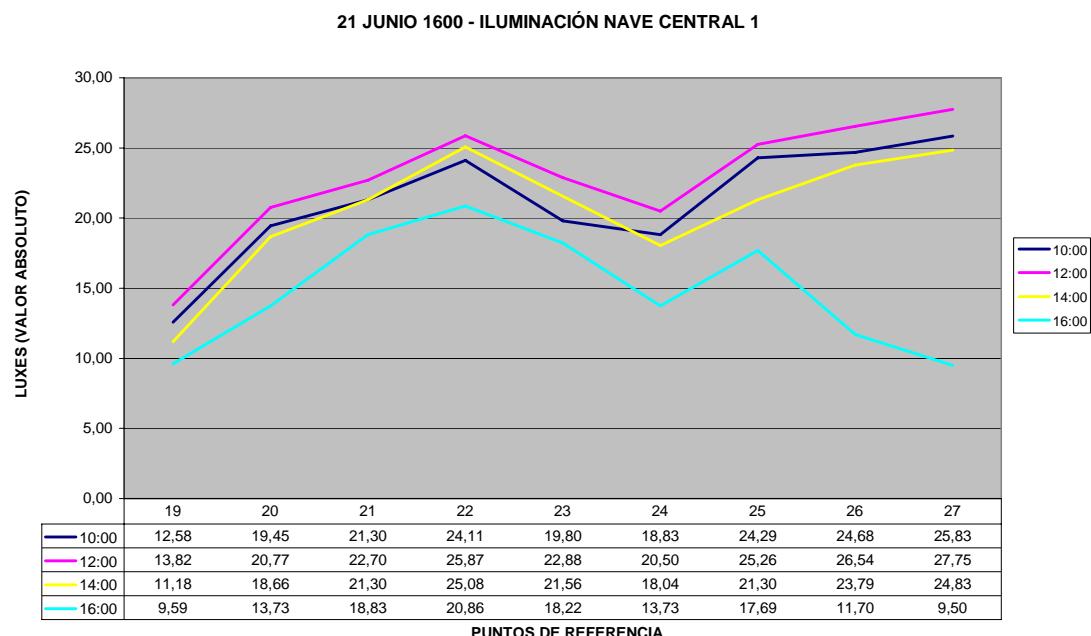


Fig. 6.82. Gráfica de la nave 1. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

La particularidad de este mes que lo diferencia del resto de los meses es que en el ábside es donde se dan los valores más altos (hasta 27 luxes a las 12:00). Mientras que en los demás meses el ábside es un punto valle de iluminación.

Las gráficas a las diferentes horas del día vuelven a mostrar líneas paralelas de comportamiento con una salvedad que es la iluminación del ábside a las 16:00 horas, que no alcanza apenas los 9 luxes de intensidad.

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.83) es prácticamente idéntica a la de primavera por lo que la descripción de valores se podría asemejar a esta en todos los extremos siendo de nuevo los valores más representativos los que se producen en los puntos 22 y 25 de la mitad de la nave y los puntos valle los de los pies, el crucero y el ábside.

Las gráficas a las distintas horas no muestran variación significativa en su distribución, salvo por los consabidos descensos de iluminación general entre las 12:00 y las 16:00 horas, siendo todas ellas paralelas entre sí.

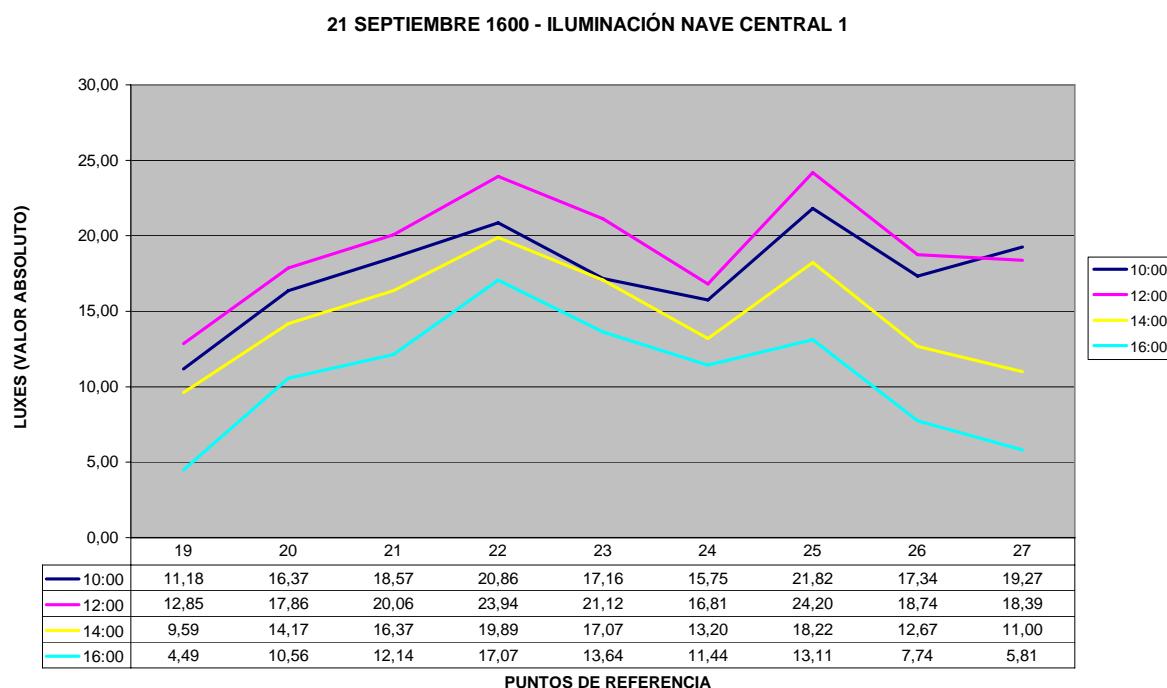


Fig. 6.83. Gráfica de la nave 1. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** La gráfica de invierno (Fig. 6.84) se comporta como las de primavera y otoño con la diferencia de que los valores son mucho más bajos en general.

Sigue el patrón de aumentos de los pies hacia el ábside pero de descensos en los puntos singulares de la catedral como son los pies, el crucero y el ábside pero, mientras en verano encontramos valores en los puntos máximos de hasta 27 luxes, en invierno estos mismos puntos no alcanzan los 12 luxes por lo que el descenso de iluminación es manifiesto.

A las distintas horas del día tenemos de nuevo líneas de comportamiento paralelas.

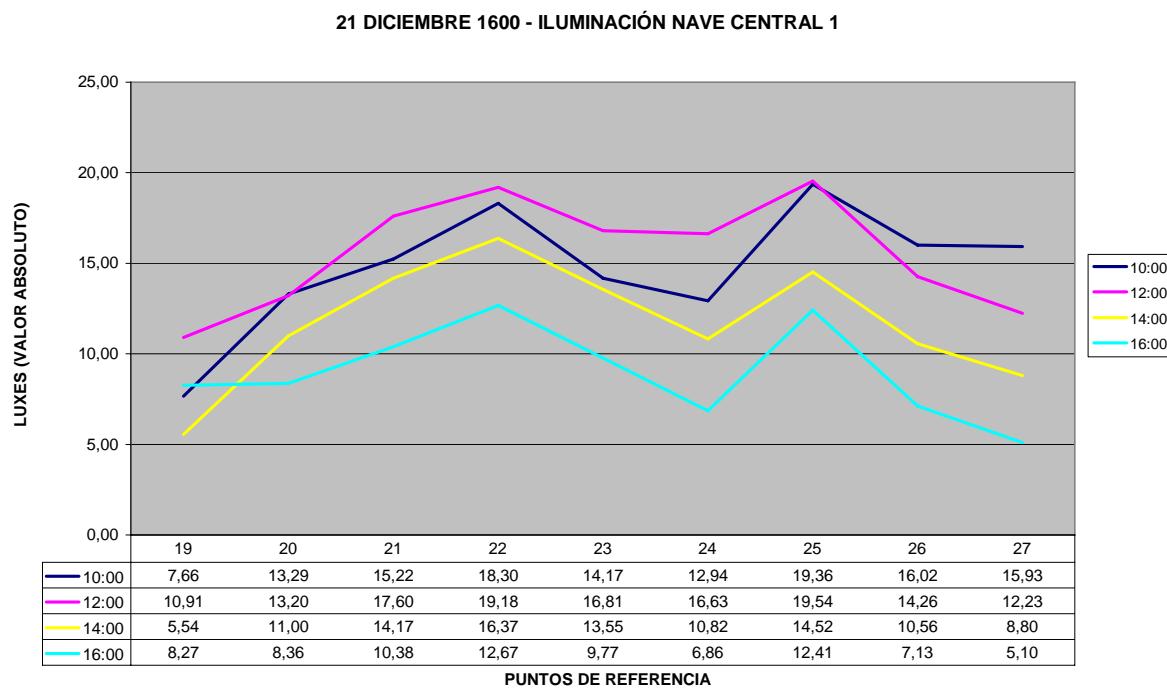


Fig. 6.84. Gráfica de la nave 1. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

### 6.3.6.2 NAVE TRANSVERSAL.

Nave de iluminación muy constante a lo largo del día en lo que se refiere a valores medios. Así en primavera tiene su máximo apogeo a las 12:00 horas, con valores medios de iluminación por punto a lo largo de la nave de 14 luxes, con iluminación similar a las 10:00 y a las 14:00 (13 y 13 luxes de media respectivamente) y que sufre un leve descenso a las 16:00 horas hasta llegar a los 12 luxes de media por punto.

En verano se repite el mismo esquema de primavera con valores algo superiores, teniendo a las 12:00 horas 18 luxes por punto de media y valores similares a las 10:00 y a las 14:00 (16 y 17 respectivamente). A las 16:00 horas vuelve a sufrir un ligero descenso hasta los 14 luxes, pero que en todo caso mantiene la homogeneidad general comentada.

En otoño se repite casi exactamente el esquema de valores medios de primavera, con picos de 15,79 luxes a las 12:00 (por los 14,96 de marzo) y valores mínimos de 12,18 a las 16:00 (coincidente con la medición de la misma hora del mes de primavera).

En diciembre, de nuevo volvemos a obtener un esquema de distribución por horas similar a los anteriores pero con valores en claro descenso. Así tenemos 13 luxes de media a las 12:00 (valor pico) por tan sólo 7 luxes de media a las 16:00 horas.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (Fig. 6.85) muestra un esquema de líneas de tendencia que muestran que el crucero no se comporta de la misma manera en los distintos puntos del mismo. Si lo estudiamos de norte a sur, el primer punto recibe hasta 15 luxes a las 12:00 horas mientras que el opuesto obtiene un dato algo inferior, 13 luxes.

El punto central de la catedral (24), correspondiente al crucero, tiene un valor de 16 luxes, similar a los extremos de la nave pero donde se produce el desequilibrio más interesante es entre los puntos intermedios a la izquierda y a la derecha del mismo (al norte y al sur del crucero), puntos 13 y 31, que sufren una variación relativa entre ellos que va desde los 10 luxes hasta los 19 luxes a las 12:00 horas.

Este esquema de homogeneidad entre los puntos extremos de la nave transversal (bajo los rosetones norte y sur) y el crucero mismo (punto 24), se repite a las distintas horas del día y también lo hace la distorsión de medida entre los puntos intermedios al norte y al sur del crucero (puntos 13 y 31), siendo sensiblemente mayor la iluminación del punto 31, influenciado por el rosetón sur, que la del 13.

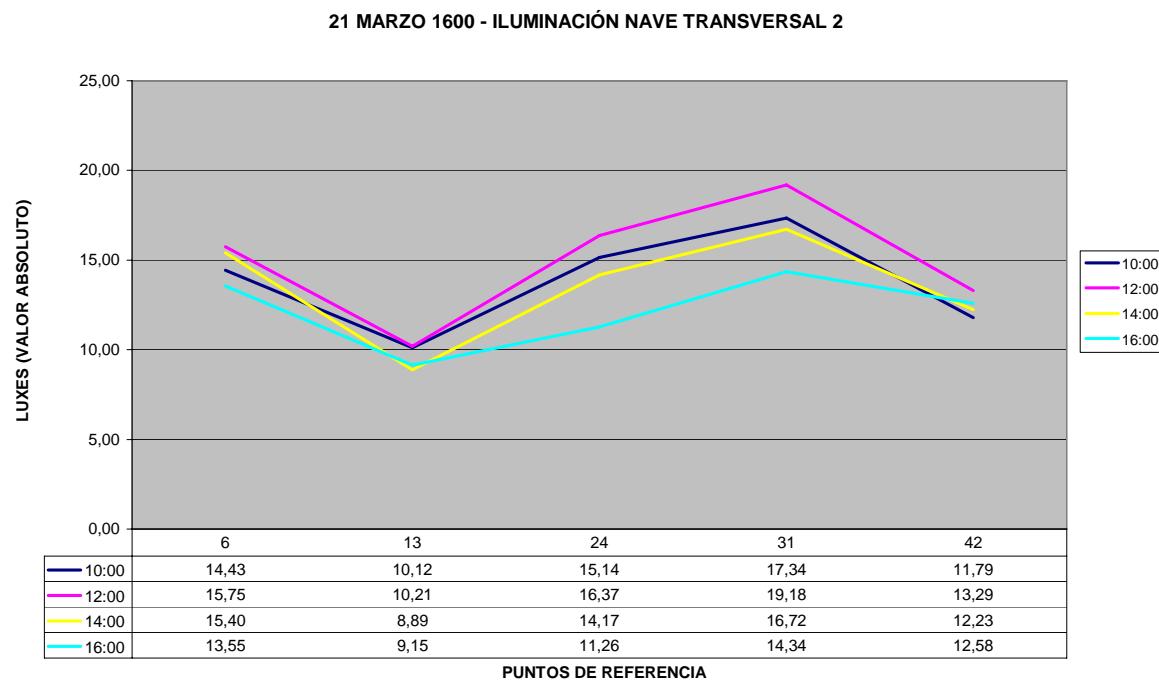


Fig. 6.85. Gráfica de la nave 2. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.86) repite el esquema general de la de primavera pero con valores algo superiores.

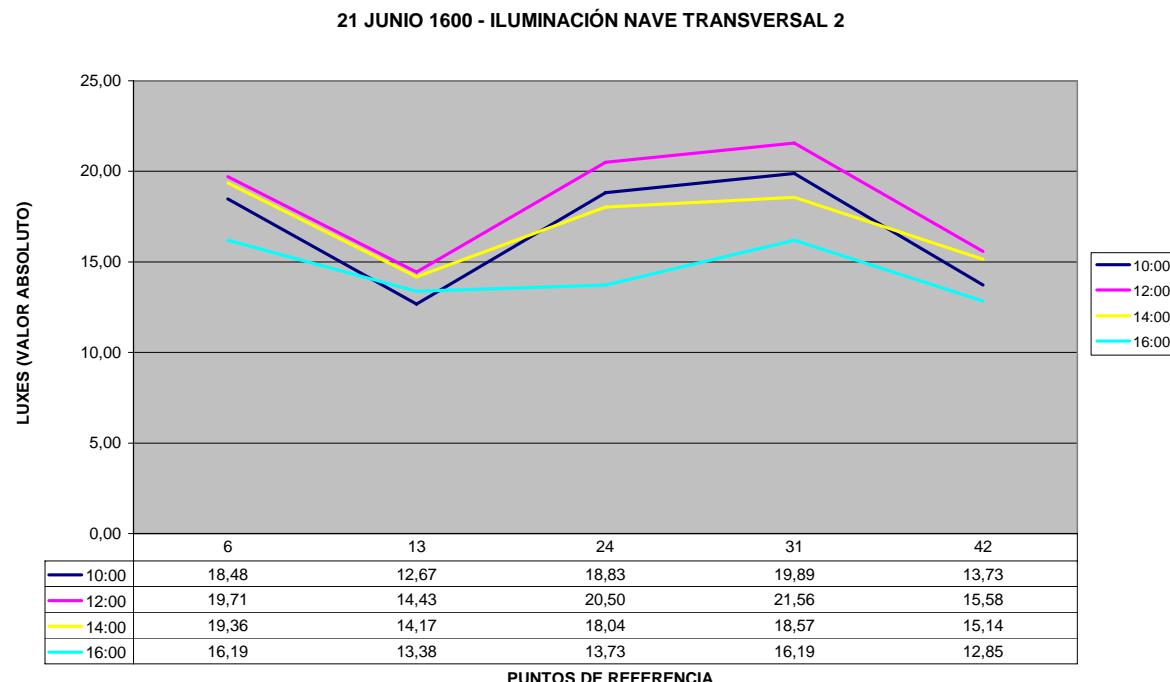


Fig. 6.87. Gráfica de la nave 2. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

Lo que diferencia esta gráfica de su predecesora es que los valores del crucero, en este caso son equiparables a los del punto de máxima iluminación, EL 31. El valle sigue encontrándose en el punto 13 (punto intermedio al norte del crucero).

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.88) reproduce de nuevo de manera idéntica las condiciones de iluminación de primavera, con los mismos puntos pico y valle y con diferencias de paralelismo entre las líneas de tendencia de las distintas horas, siendo de nuevo la línea de las 16:00 horas la que tiene menor iluminación, sobre todo en la zona sur de la nave (puntos 31 y 42).

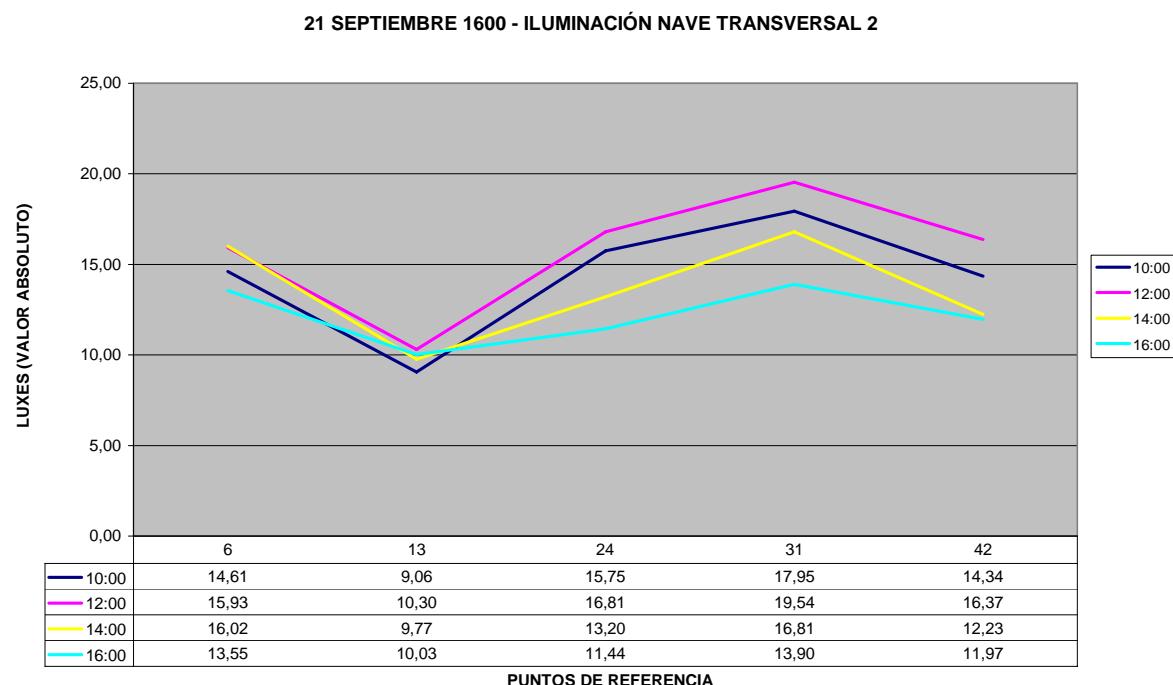


Fig. 6.88. Gráfica de la nave 2. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** En invierno (Fig. 6.89) la iluminación sigue un patrón similar a los anteriores pero con una diferencia esencial. La iluminación en esta estación varía ostensiblemente entre las distintas horas del día. De ese modo, en el crucero, a las 12:00 tenemos una iluminación de 16 luxes mientras que a las 16:00 tan sólo disponemos de 6 luxes.

El resto de la comparativa es similar al de las otras estaciones del año, con una mayor iluminación en los puntos 24 y 31 (crucero y punto intermedio situado al sur del mismo) que en los otros puntos de la nave.

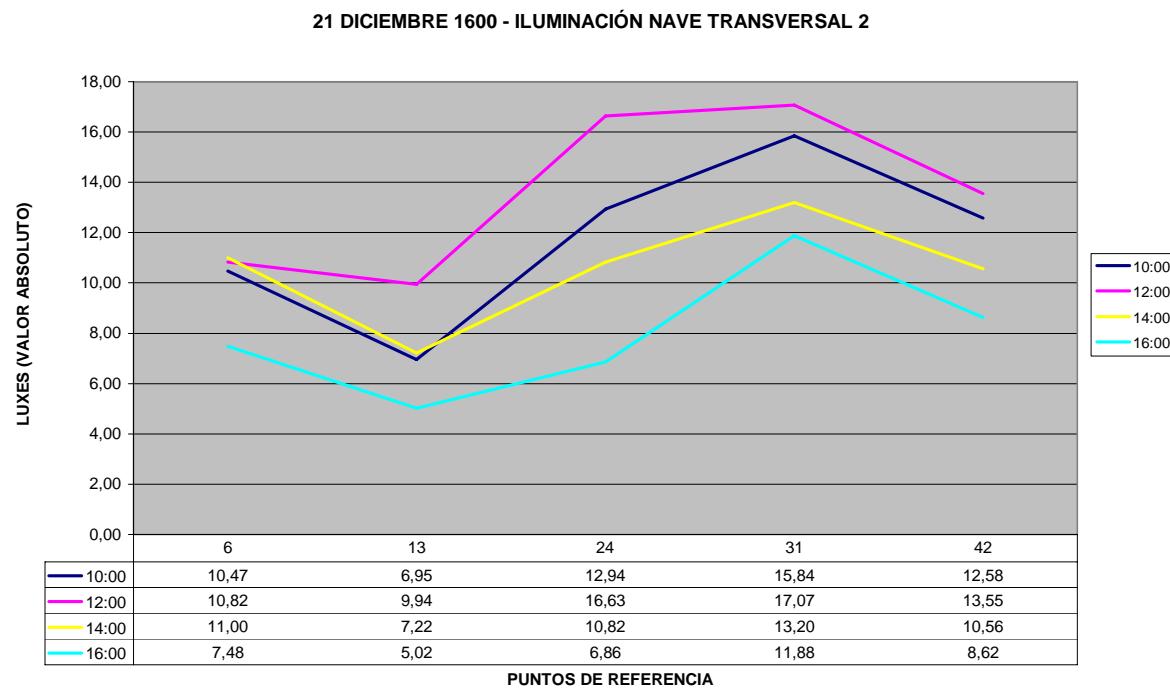


Fig. 6.89. Gráfica de la nave 2. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

### 6.3.6.3 RESTO DE NAVES LONGITUDINALES.

Si comparamos el resto de naves longitudinales de la catedral (Fig. 6.90 a Fig. 6.93), podemos observar patrones de comportamiento claros en lo que se refiere a la distribución de la intensidad lumínica a lo largo de los distintos espacios.

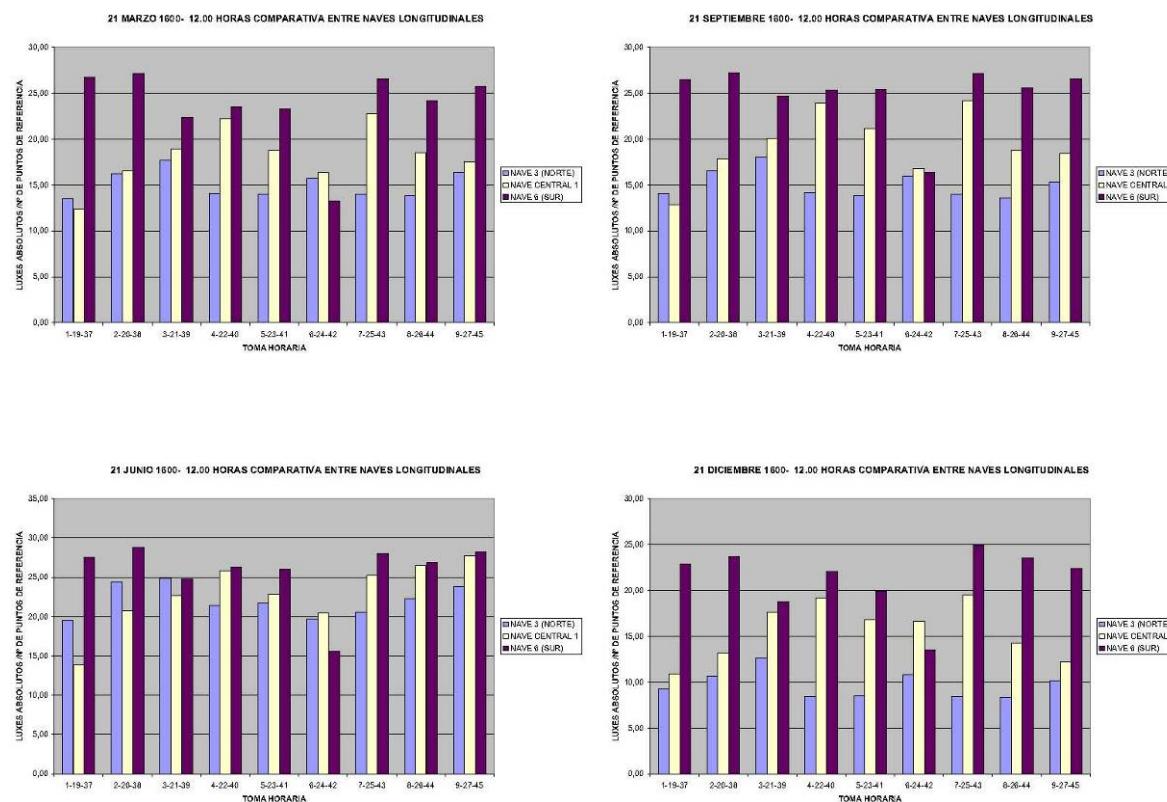


Fig. 6.90 a 6.93. Comparativa de valores de iluminación media por punto en las 3 naves longitudinales más importantes de la catedral de Sevilla para los cuatro días del año a las 12:00 horas. Autor: Juan M. Medina

La nave lateral sur es, en todos los casos, la nave con mayor iluminación por punto (suma de la iluminación en cada punto de la nave dividida por el número de puntos de la misma), ya sea en las distintas horas del día como en los 4 días del año. Así encontramos valores a las 12:00 horas de 22 luxes en marzo, 24 en junio, 22 en septiembre y 22 en diciembre, por los 15, 18, 16 y 14 luxes de los 4 días del año a las 12:00 horas dentro de la nave 3 (Norte). (Fig. 6.94)

	MARZO				JUNIO			
	10.00	12.00	14.00	16.00	10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	14	15	13	12	17	18	17	14
NAVE 3 (NORTE)	14	15	14	11	20	22	20	17
NAVE 4	14	15	13	11	18	20	18	15
NAVE CENTRAL 1	17	18	15	12	21	23	21	15
NAVE 5	20	22	18	13	23	24	21	16
NAVE 6 (SUR)	24	24	21	15	24	26	22	16
TOTAL LUXES	103	108	95	75	123	133	119	92

	SEPTIEMBRE				DICIEMBRE			
	10.00	12.00	14.00	16.00	10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	14	16	14	12	12	14	11	8
NAVE 3 (NORTE)	14	15	14	11	9	10	9	8
NAVE 4	15	15	13	11	11	12	10	8
NAVE CENTRAL 1	18	19	15	11	15	16	12	9
NAVE 5	21	22	18	13	21	22	17	11
NAVE 6 (SUR)	26	25	20	14	23	21	19	14
TOTAL LUXES	108	112	94	72	91	94	77	58

Fig. 6.94. Valores de iluminación media por punto en las distintas naves longitudinales de la catedral de Sevilla para los cuatro días del año y las 4 horas del día. Autor: Juan M. Medina

La nave norte, como es obvio, obtiene los valores globales más bajos de las longitudinales, mientras que la nave central queda marcada por valores intermedios a estas dos aunque bastante más cerca de la iluminación general de la nave norte que de la nave sur.

Es interesante apuntar que las naves intermedias como son la nave 4 (al norte de la nave central) y la 5 (al sur de la misma), obtienen en general valores de iluminación mayores incluso que la nave central. Este hecho es comprensible para la nave 5, ya que se encuentra influenciada por la entrada solar proveniente de la fachada sur, pero lo significativo es que la nave 4, situada al norte de la central, consiga valores que superen la iluminación de la nave central sobre todo en junio. Esto es debido sin duda a la geometría de la misma y lo analizaremos más adelante cuando comparemos este comportamiento con el resto de catedrales. El resto de meses del año, la iluminación de ambas naves contiguas es prácticamente la misma.

Otro factor a tener en cuenta en la distribución de la iluminación a lo largo del día es la uniformidad de comportamiento en cualquier época del año, obteniendo los valores mayores a las 12:00 horas (24, 26, 25 y 21 luxes medios por punto para las cuatro estaciones) y a las 10:00 horas (24, 24, 26 y 23 luxes medios por punto para las cuatro estaciones), mientras que estos valores descienden para las 14:00 (21, 22, 20 y 19) y sobre todo a las 16:00 (15, 16, 14 y 14).

Si particularizamos para cada nave longitudinal encontramos los siguientes gráficos:

Nave 3 (norte):

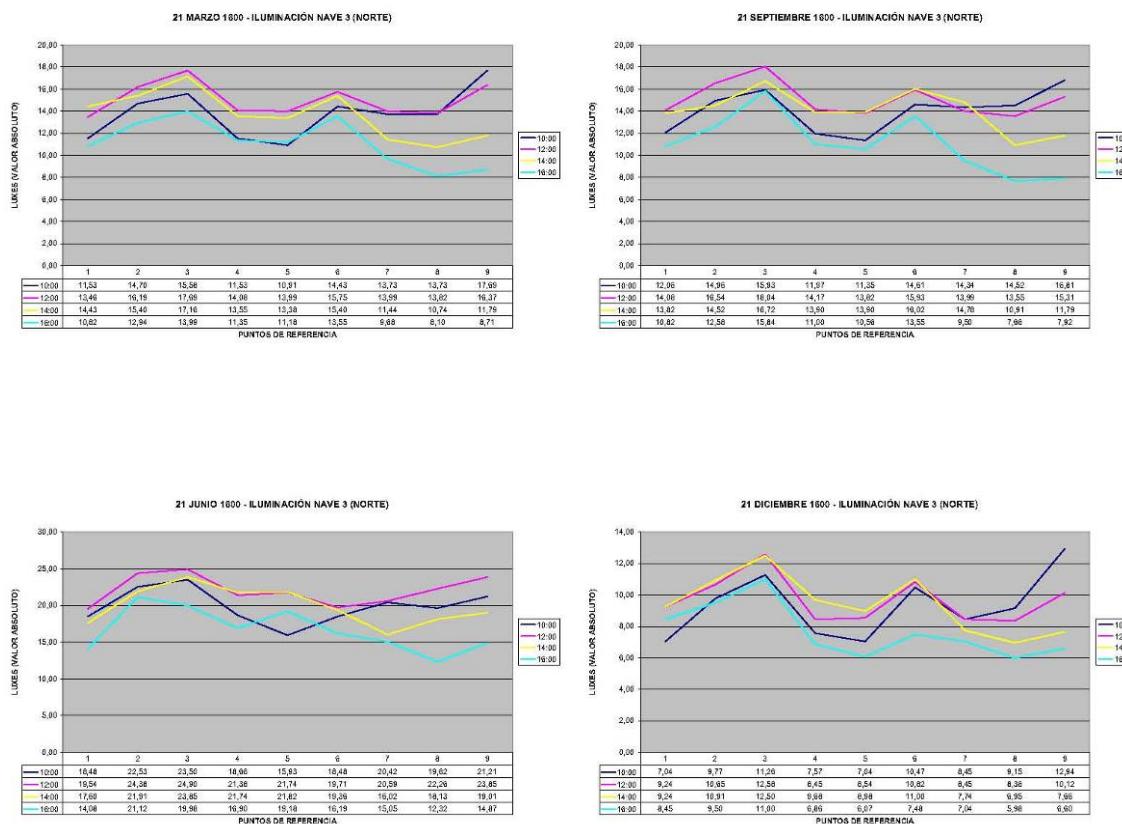


Fig. 6.95 a 6.98. Gráfica de iluminación de la nave 3. Autor: Juan M. Medina

Nave que tiene rangos de iluminación muy similares para marzo, septiembre e incluso diciembre, con una continuidad de iluminación a lo largo de la nave con picos en los puntos de referencia números 3, 6 y 9 aunque con valores relativos algo más bajos para el mes de diciembre que para los equinoccios, que son prácticamente iguales.

Para nosotros será significativo el empuje que marca el punto 6 (coincidente con el cruce con la nave transversal) y el último, el 9, ya que corresponde al extremo noreste de la catedral, con influencia de dos huecos en esquina.

En cuanto al mes de junio, podemos observar como, aunque los valores generales son claramente superiores, no existe un pico de iluminación en el punto 6 (transepto), y si existe en los puntos 3 y 9 como también ocurría en los meses antes descritos.

Nave 4 (interior al norte de la nave principal):

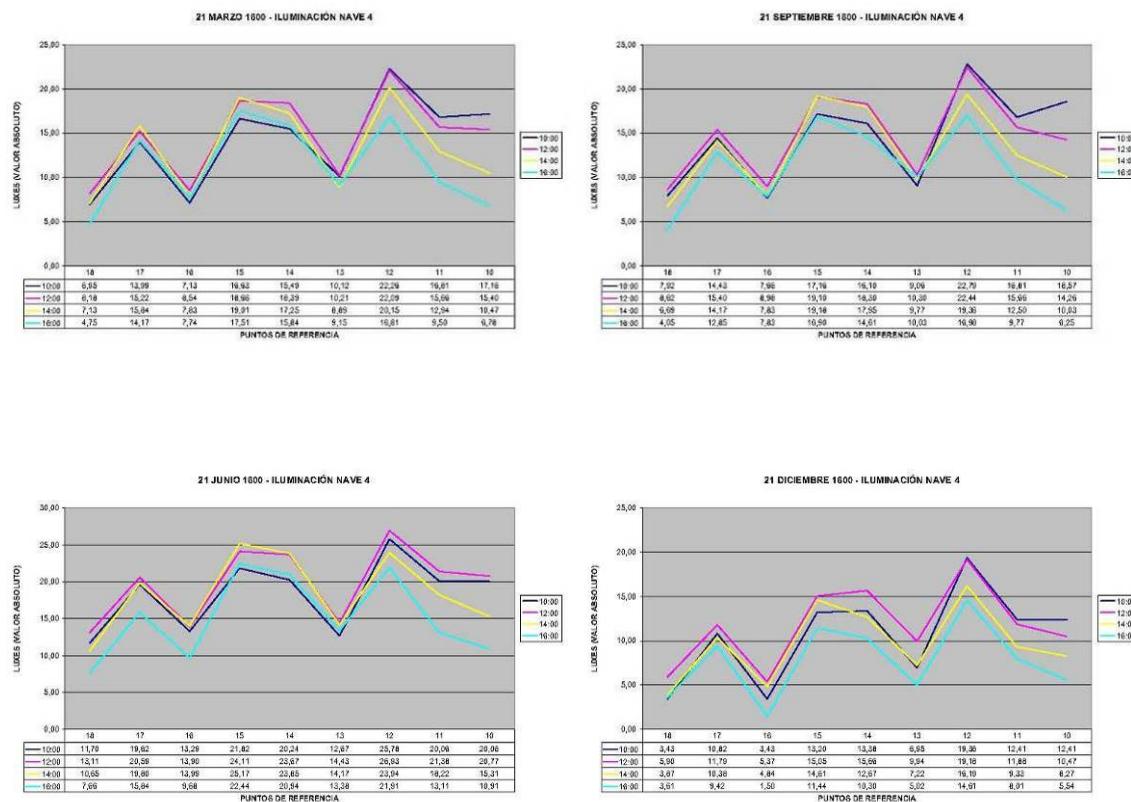


Fig. 6.99 a 6.102. Gráfica de iluminación de la nave 4. Autor: Juan M. Medina

El patrón de iluminación es constante a lo largo de las 4 estaciones y tan sólo varía en la intensidad global de cada día, repitiéndose de nuevo la máxima de iluminación mayor en verano, iluminación con valores similares en los equinoccios y una menor intensidad en el período invernal.

Lo interesante de esta nave es que posee unas gráficas de iluminación con puntos de inflexión continuos entre bóvedas contiguas. De ese modo podemos observar como a los pies de la iglesia (punto 18), en los puntos intermedios 16 y 13 y en el punto final de la nave, junto al muro este (punto 10), obtenemos valores de iluminación relativos de hasta un 50% más bajos que algunos de los contiguos a estos. Así el 21 de Junio obtenemos valores en el punto 13 de 12,67 luxes por los 25,78 de la bóveda contigua número 12.

Nave 5 (interior al sur de la nave principal):

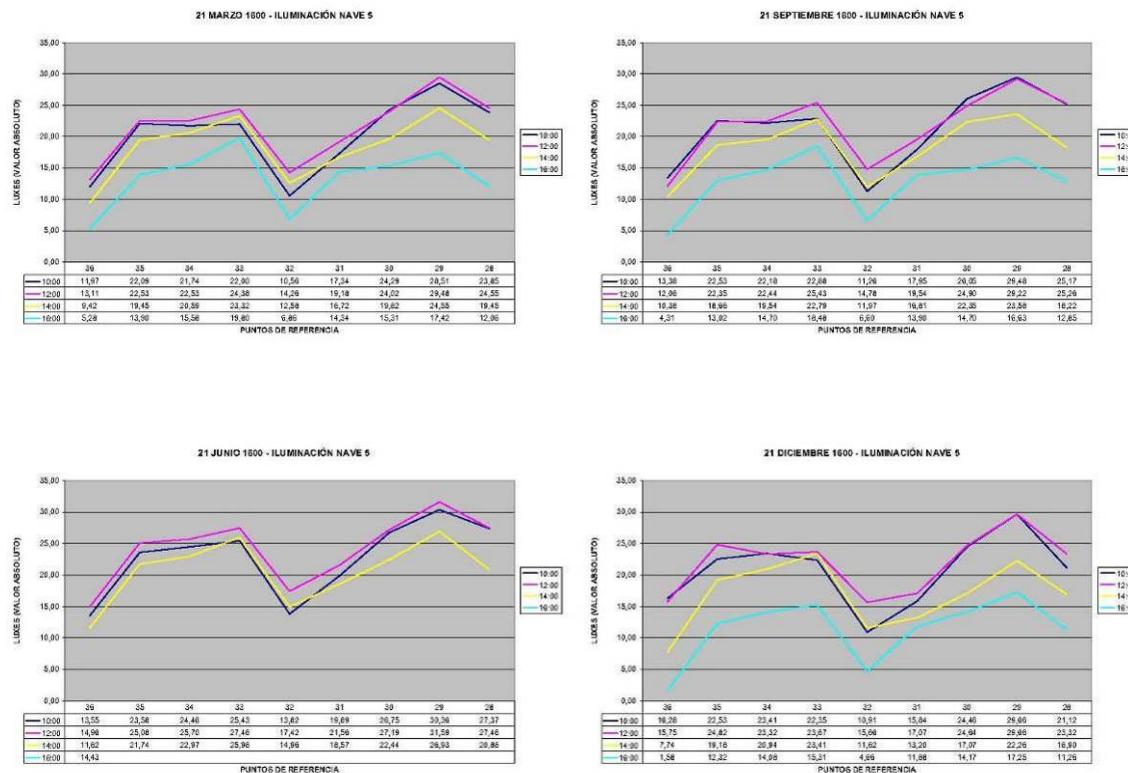


Fig. 6.103 a 6.107. Gráfica de iluminación de la nave 5. Autor: Juan M. Medina

La gráfica presenta, de nuevo, un comportamiento uniforme a lo largo del año, y nos muestra una nave que vuelve a tener los puntos más bajos de iluminación a los pies de la misma, desde los 14 luxes del 21 de Junio a las 12:00 hasta los 1,58 luxes a las 16:00 horas del 21 de diciembre, y que vuelve a tener puntos valle en lugares intermedios de la nave, coincidentes con el cruce con el transepto (punto 32). Por último observamos como el punto 29, el anterior a su encuentro con el muro este de la catedral, es el punto de mayor incidencia luminosa, con valores de hasta 32 luxes en verano.

Nave 6 (Sur):

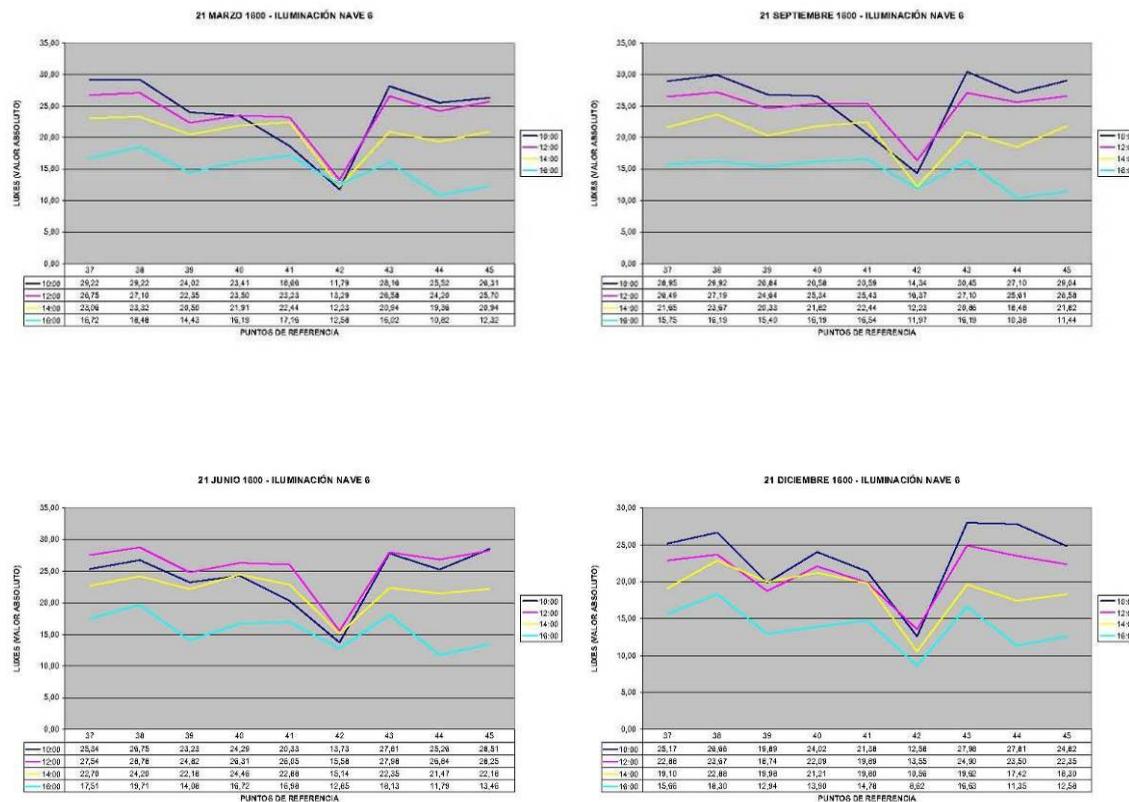


Fig. 6.108 a 6.111. Gráfica de iluminación de la nave 6. Autor: Juan M. Medina

La nave 6 es, sin duda, la más beneficiada de las naves longitudinales en lo que se refiere a parámetros de iluminación, obteniendo para cada uno de sus puntos “paralelos” al resto de naves, valores más altos en luxes, influenciado, como es obvio, por su situación junto a la fachada sur de la catedral.

La gráfica se muestra, en este caso, con constancia y homogeneidad a lo largo del día y las cuatro estaciones del año, con un matiz interesante que es el descenso brusco que se presenta siempre en el punto 42, de nuevo en su cruce con el transepto, debajo del rosetón. Este factor será estudiado en el apartado de la incidencia solar y su ángulo de inclinación y con la iluminación directa sobre el interior de la catedral, demostrando que, en determinados puntos singulares de la catedral, las condiciones geométricas de la misma provocan “sombras” perpetuas.

#### 6.3.6.4. ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS.

Para determinar en términos globales el régimen de iluminación general de los distintos espacios de la catedral entre sí, establecemos una comparación de iluminación total de cada nave a las 4 horas del día censadas. Esto lo haremos para las cuatro estaciones y estableciendo valores medios de iluminación por punto en cada nave, es decir, sumando la iluminación total que recibe la nave en ese momento dado y dividiéndola por el número de puntos que tiene la nave.

**21 de marzo:**

La gráfica de primavera (Fig. 6.112) nos muestra como la nave más iluminada es, tal como describimos anteriormente, la nave 6 (sur), influenciada por su proximidad a la fachada sur de la catedral.

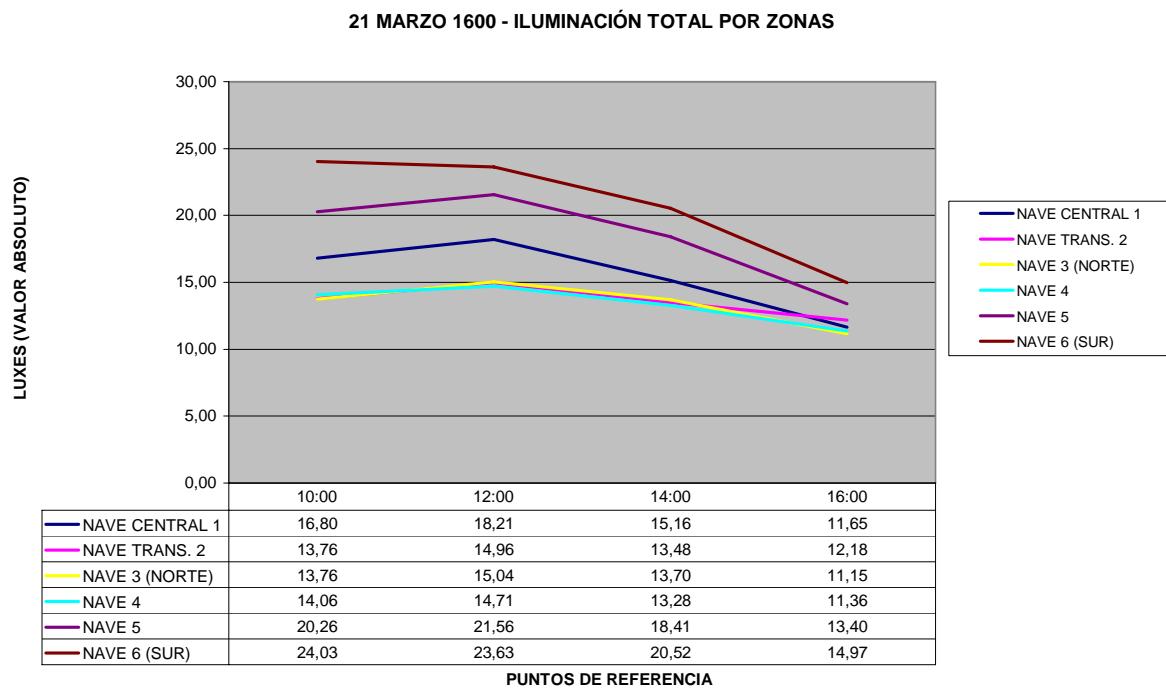


Fig. 6.112. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de marzo. Autor: Juan M. Medina

En segundo lugar tendríamos la nave 5, nave lateral situada al sur de la nave principal y junto a la nave 6, que también disfrutaría de una privilegiada posición con respecto a la fachada sur.

En tercer lugar encontramos la iluminación de la nave principal, una nave de iluminación sensiblemente constante a lo largo del día y de valores de iluminación medios con respecto a la iluminación general de la catedral.

Por último encontramos la iluminación de la nave 2 (transversal), y las naves laterales situadas al norte de la nave principal, las naves 3 y 4, que reciben una iluminación también constante a lo largo del día y prácticamente igual entre ellas, con valores muy atenuados de entre 12 y 15 luxes por punto como valor medio.

### 21 de junio:

La gráfica de verano (Fig. 6.113) muestra como las naves más iluminadas vuelven a ser las mismas que en marzo, la nave 6 en primer lugar, seguida de la nave 5 y la nave 1. En este caso, las diferencias en los puntos intermedios se reducen considerablemente, variando desde los 21 a los 23 luxes.

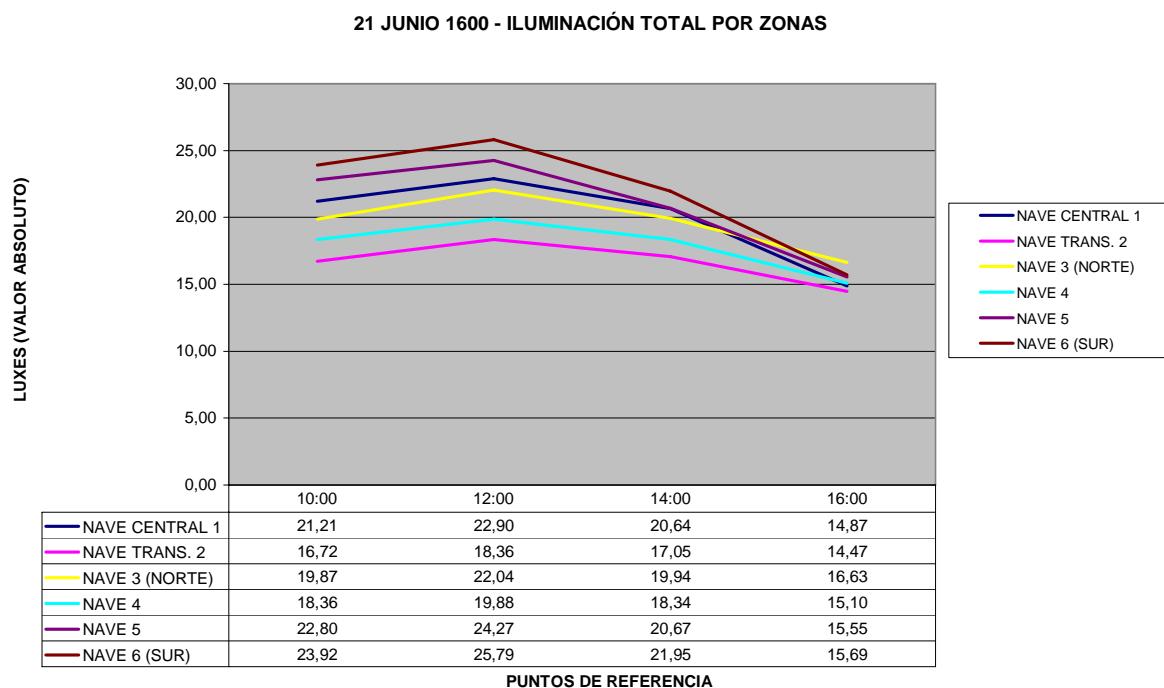


Fig. 6.113. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de junio. Autor: Juan M. Medina

También existen diferencias de comportamiento en las 3 naves de menor iluminación. Podemos observar como, en verano, la iluminación de la nave transversal cae con respecto a la de las naves laterales norte, 3 y 4, obteniendo los valores medios de iluminación más bajos de la catedral.

Al igual que en la gráfica anterior pero de manera más acusada si cabe, podemos observar cómo la iluminación a las 16:00 horas tiende a igualarse en las distintas naves de la catedral, teniendo diferencias de apenas 2 luxes entre unas naves y otras.

### 21 de septiembre:

En otoño (Fig. 6.114) se repite de manera casi exacta el patrón de iluminación del equinoccio de primavera.

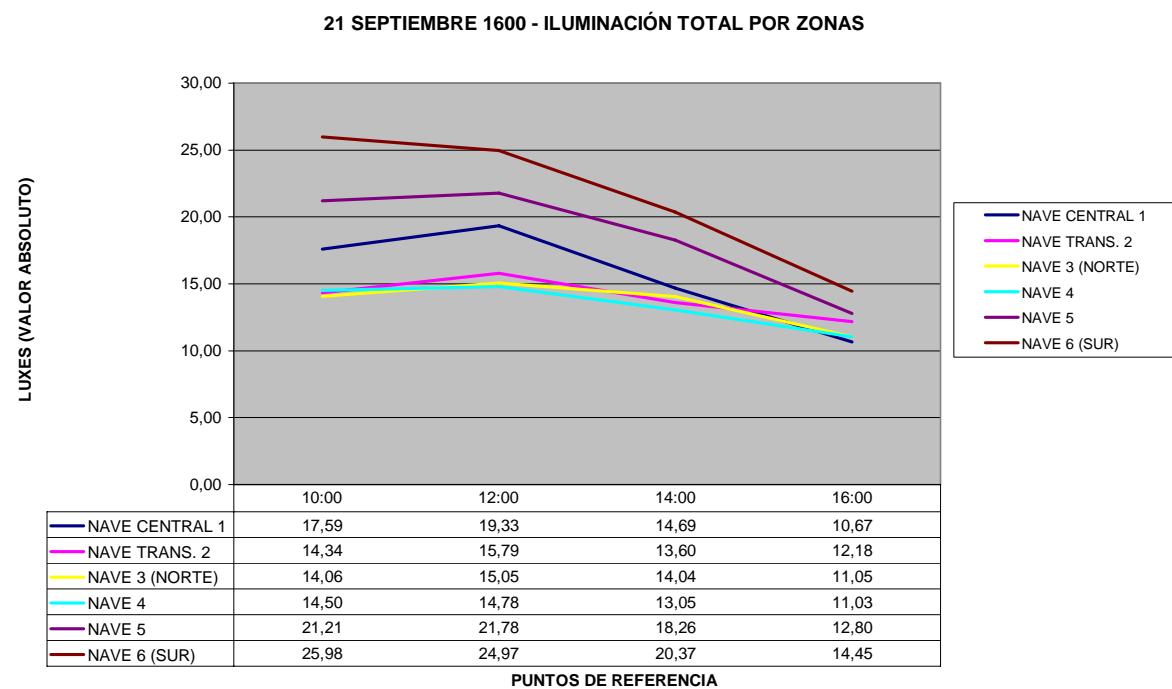


Fig. 6.114. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de septiembre. Autor: Juan M. Medina

Vuelve a destacar la iluminación de las naves 6, 5 y 1 frente a las templadas naves 3, 4 y 2, y de nuevo observamos como la iluminación a las 16:00 horas tiende a compactarse en valores de entre 11 y 14 luxes por punto.

### 21 de diciembre:

En invierno (Fig. 6.115) observamos como las diferencias se polarizan entre naves con saltos de iluminación media que van desde los 9 luxes de la nave norte a las 10:00 horas hasta los 23 de la nave sur en el mismo momento.

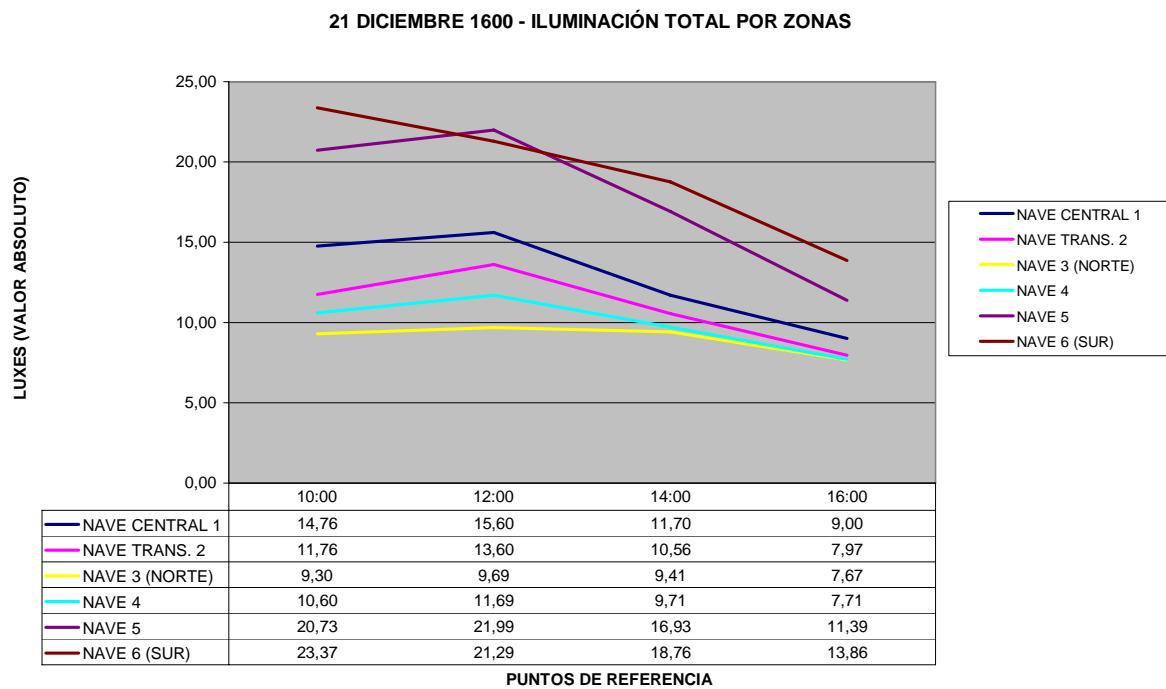


Fig. 6.115. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de diciembre. Autor: Juan M. Medina.

Las tres primeras naves siguen siendo las naves sur y la principal (6, 5 y 1), que alcanzan valores de hasta 22 y 23 luxes, aunque las naves sur en este caso con mucha mayor intensidad que la principal, mientras que es la nave 3, la nave norte, la que se ve más penalizada por la escasa iluminación recibida, siempre en el entorno de los 9 luxes medios por punto.

Podemos establecer por tanto, que la iluminación media por punto entre las distintas naves, sigue un patrón que hace que las naves sur, la nave 6 y la nave 5, sean en general las más beneficiadas en términos de iluminación general, seguidas de la nave 1, que posee una iluminación templada y constante a lo largo del tiempo. Las naves norte 3 y 4 y la nave transversal son las que obtendrán valores de iluminación en general más bajos.

### 6.3.7 CATEDRAL DE SEVILLA. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA. RECORRIDO DE VIDRIERAS.

El presente capítulo pretende dar respuesta a la pregunta de la profesora Cassinello sobre cual sería el “**recorrido de vidrieras**” que se establece en una catedral gótica.

La iluminación directa en el interior de la catedral muestra cómo las vidrieras impactan con toda su fuerza simbólica sobre el espectador, como colorean no sólo el ambiente general de la catedral sino de manera puntual los distintos elementos del templo sobre los que se proyectan, dibujando en definitiva, el “mensaje” simbólico pretendido sobre el suelo de la catedral.

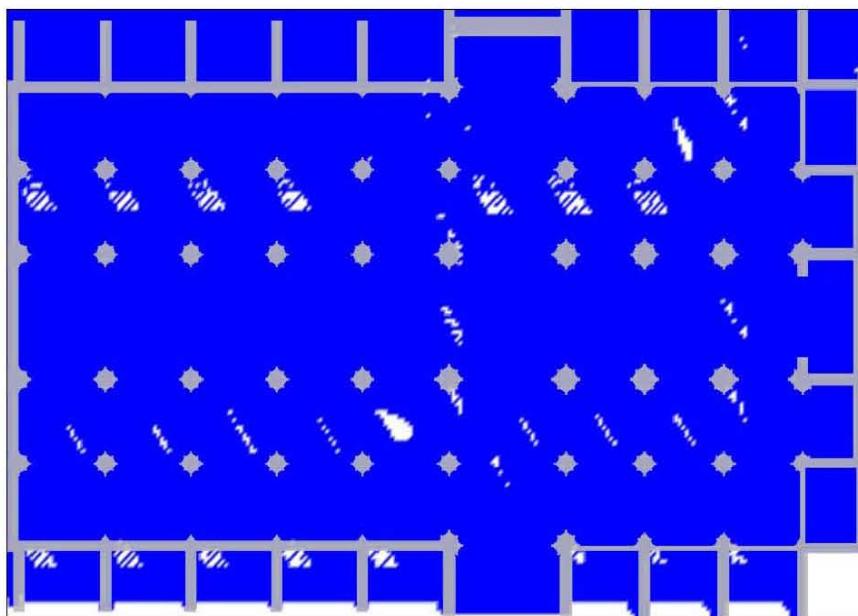
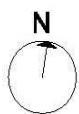
Cada nave tiene su momento de esplendor en términos de iluminación indirecta pero sin duda tienen también momentos de esplendor diferenciados en función del impacto de la “lux vera” sobre los fieles, y estas gráficas muestran en **blanco sobre azul** cuales son cada uno de esos momentos y a lo largo de toda la catedral. (Fig. 6.116)



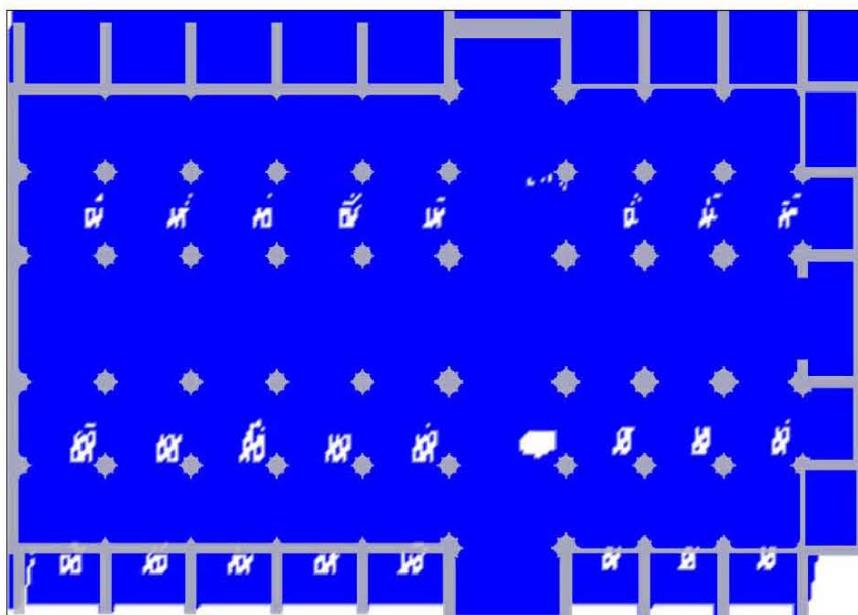
Fig. 6.116. Matices de color sobre la piedra y el vidrio. Catedral de Sevilla. Agosto de 2011. Fotografía: Juan M. Medina.

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

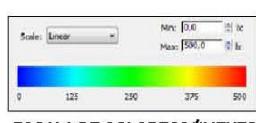


PLANTA 10:00

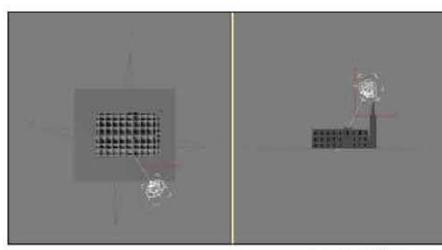


PLANTA 12:00

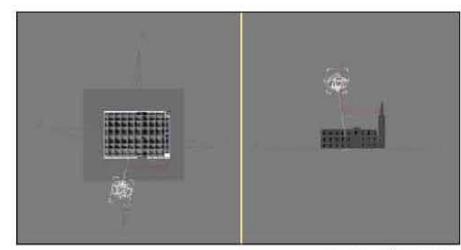
21 DE MARZO 10:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES

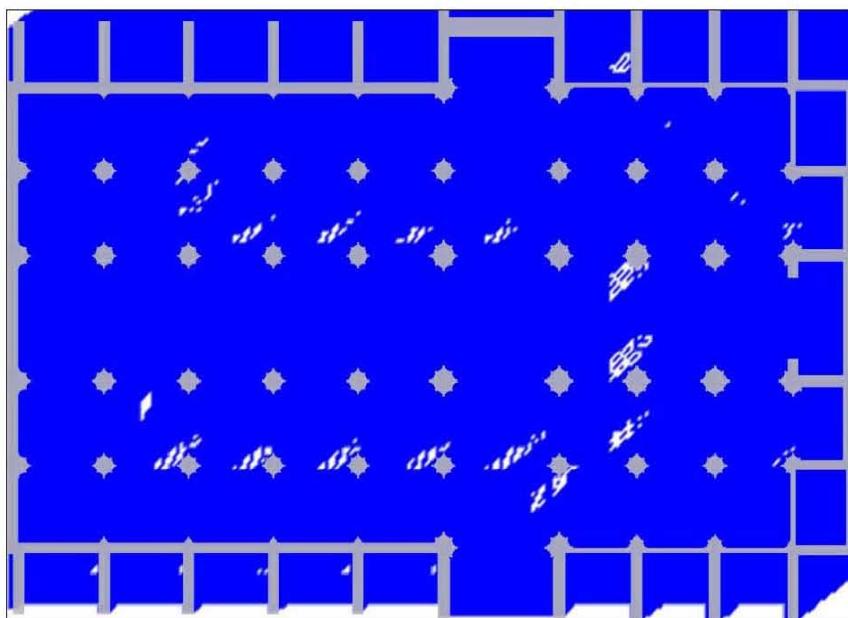


21 DE MARZO 12:00 HORAS

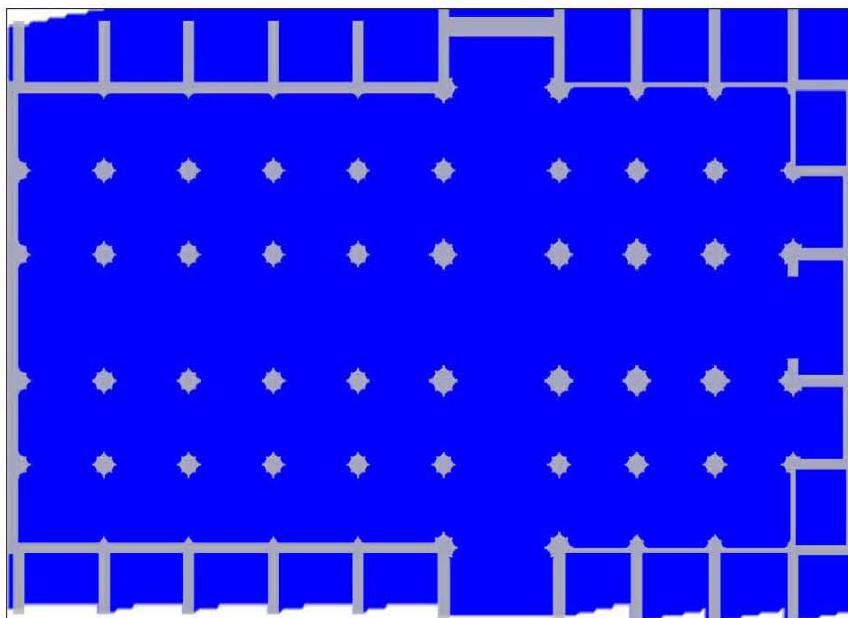


CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

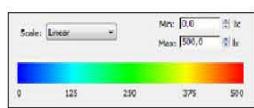


PLANTA 14:00

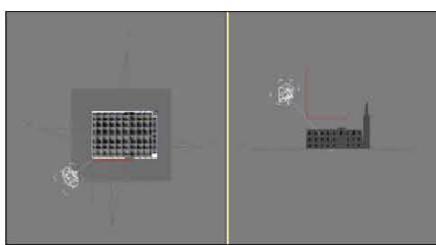


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

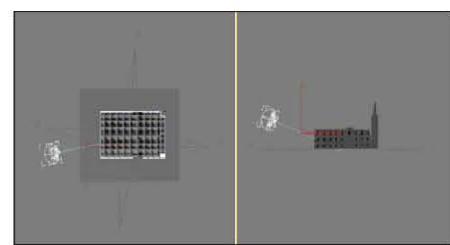


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



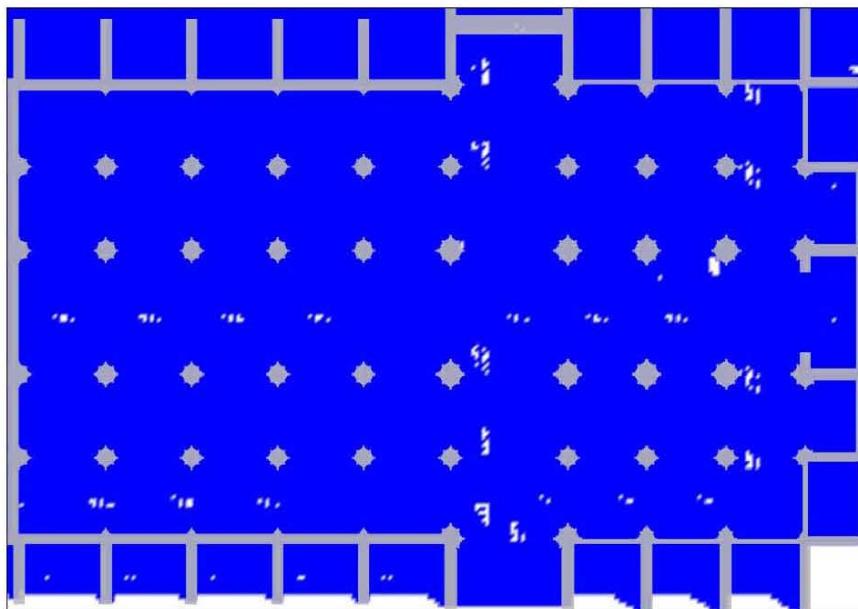
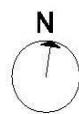
SITUACIÓN SOLAR

21 DE MARZO 16:00 HORAS

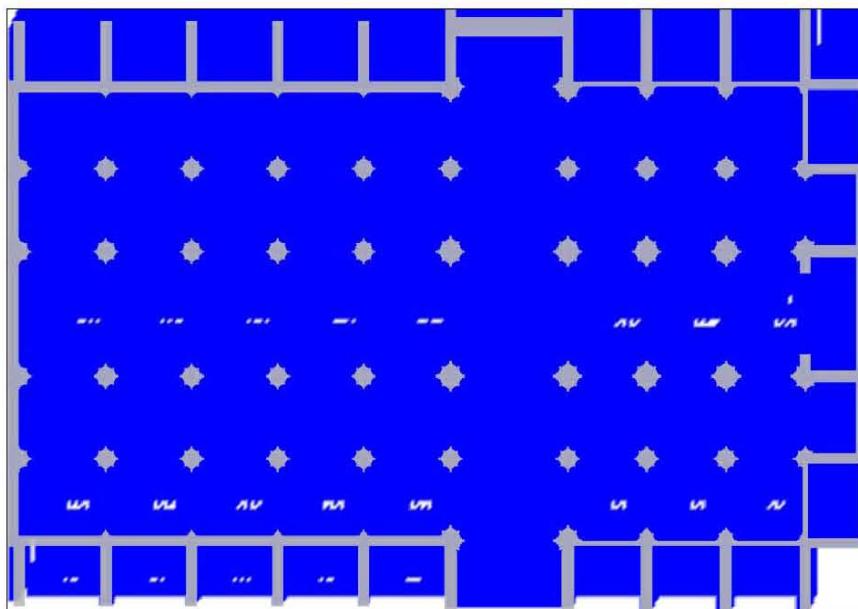


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

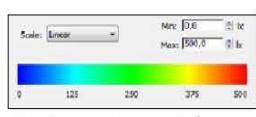


PLANTA 10:00

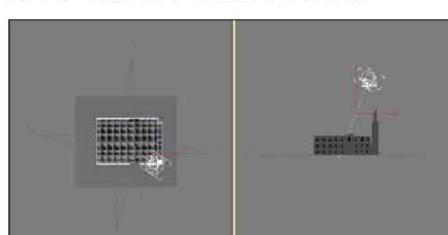


PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS

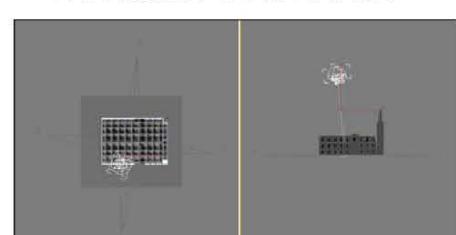


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

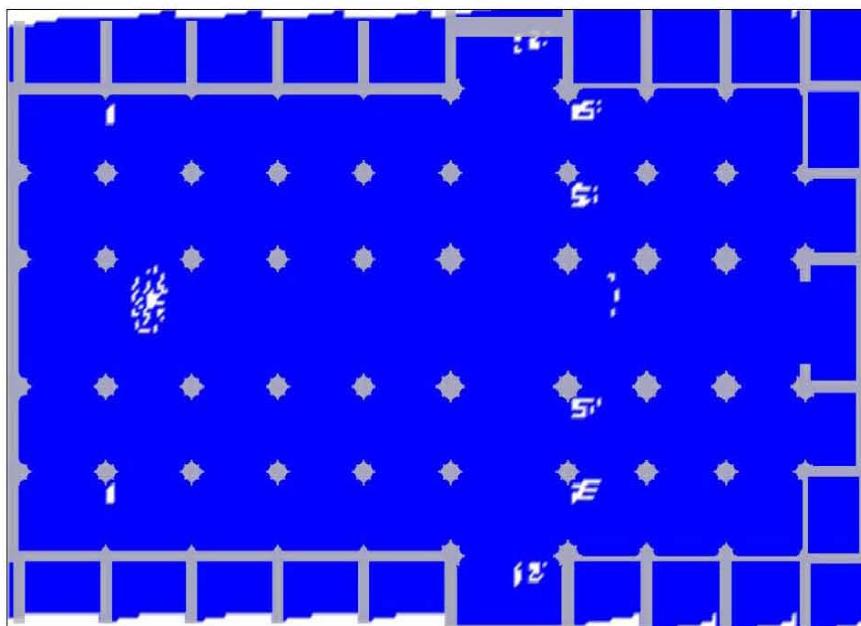
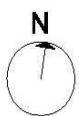
21 DE JUNIO 12:00 HORAS



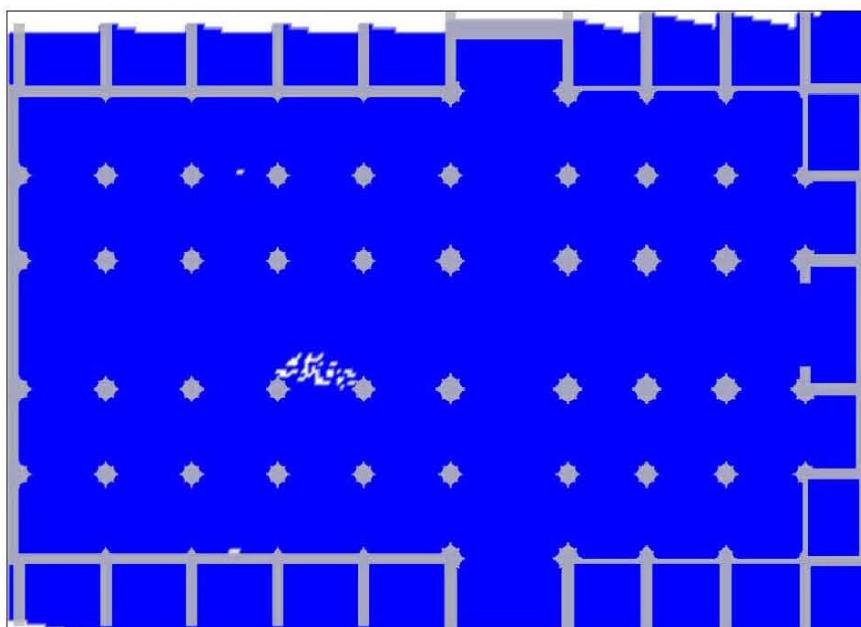
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

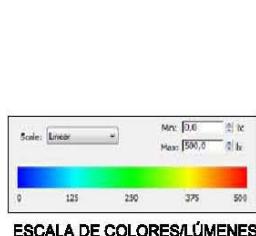


PLANTA 14:00

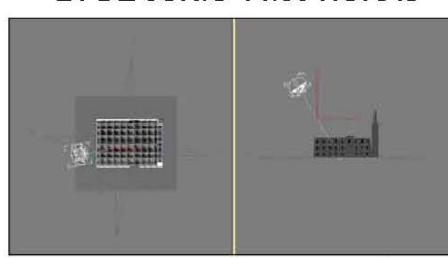


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

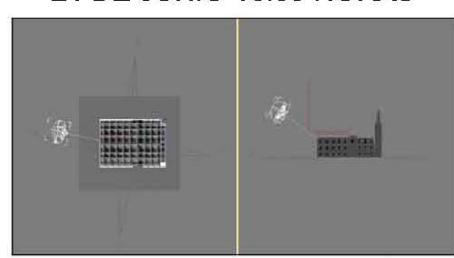


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



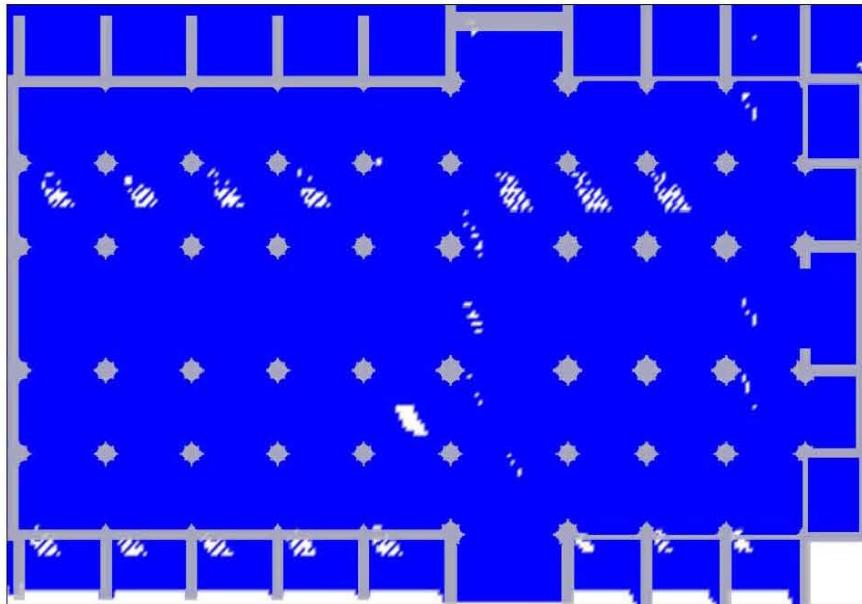
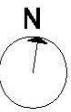
SITUACIÓN SOLAR

21 DE JUNIO 16:00 HORAS

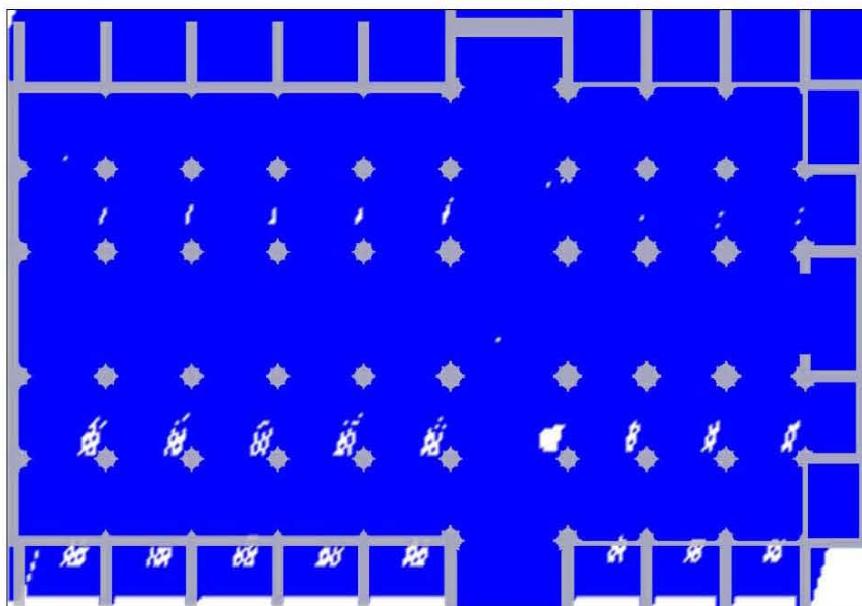


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

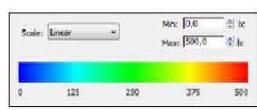


PLANTA 10:00

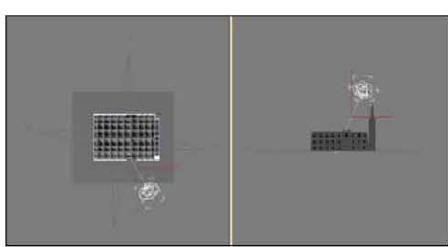


PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

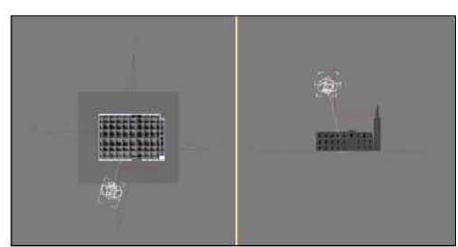


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

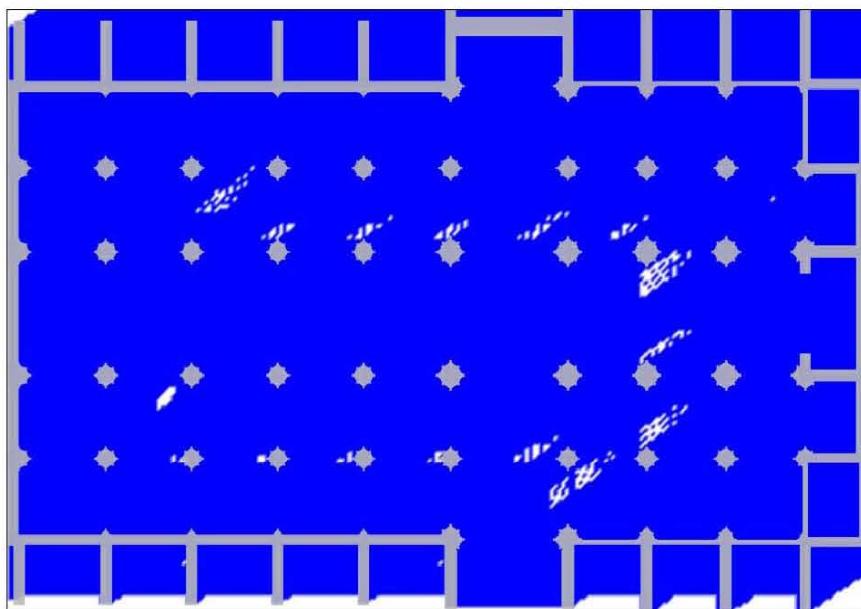
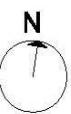
21 DE SEPT. 12:00 HORAS



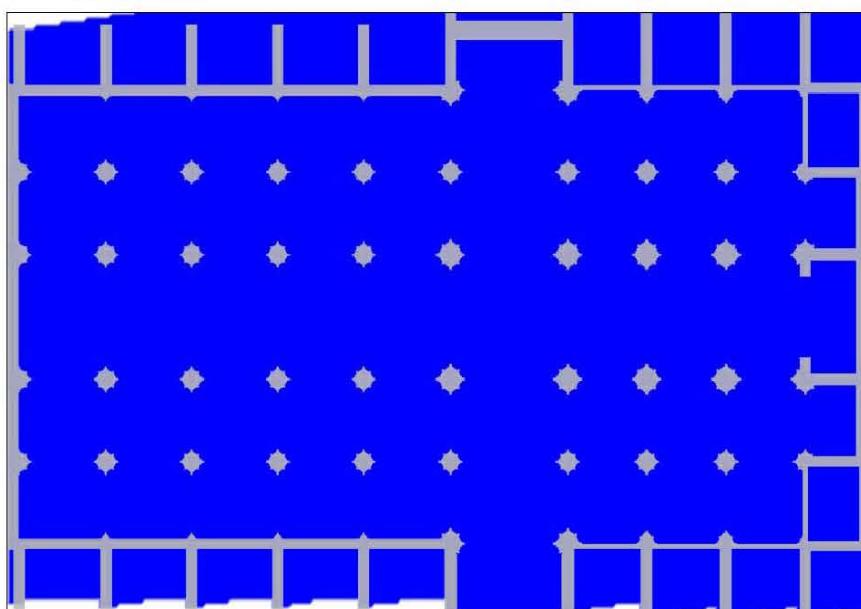
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

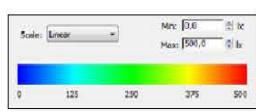


PLANTA 14:00

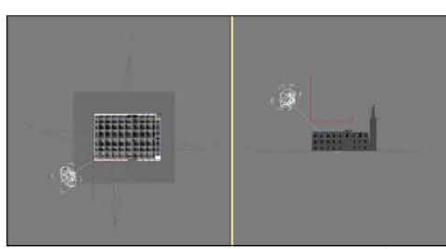


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

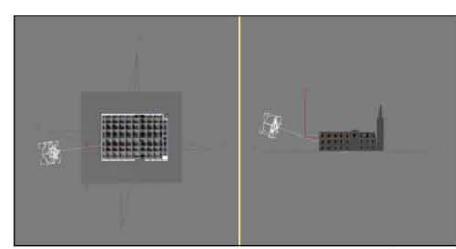


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



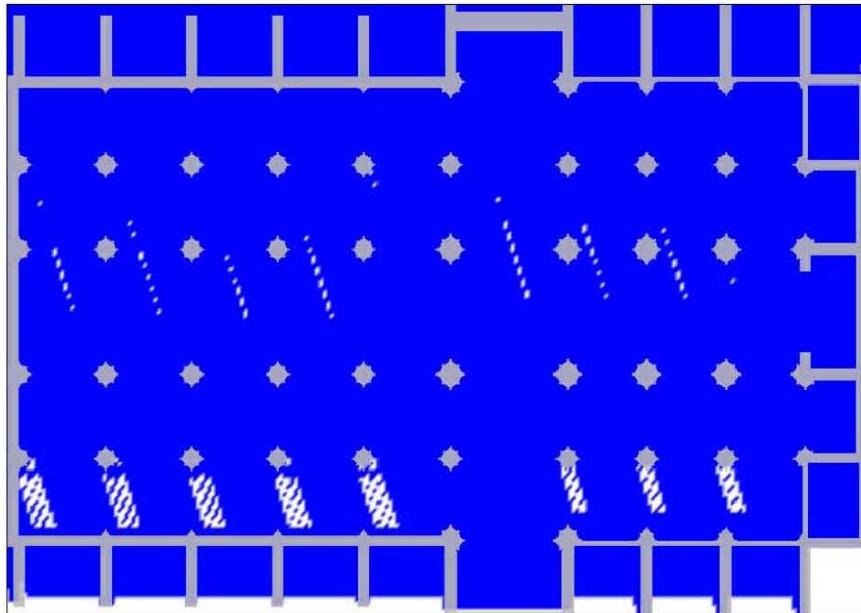
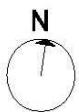
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 16:00 HORAS

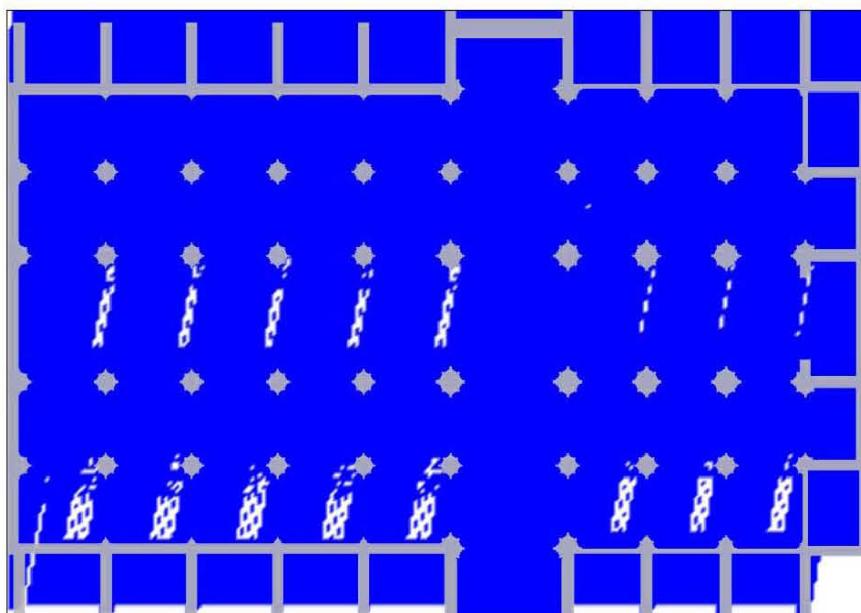


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600



PLANTA 10:00

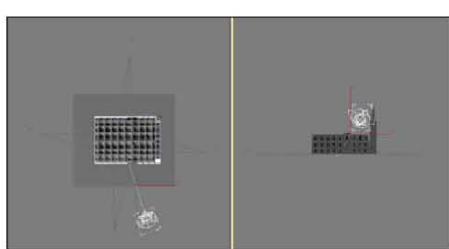


PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS

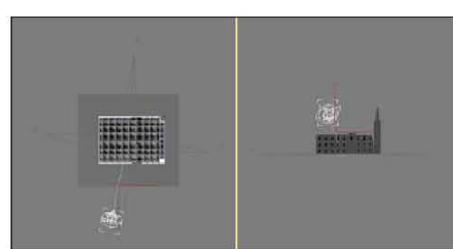


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



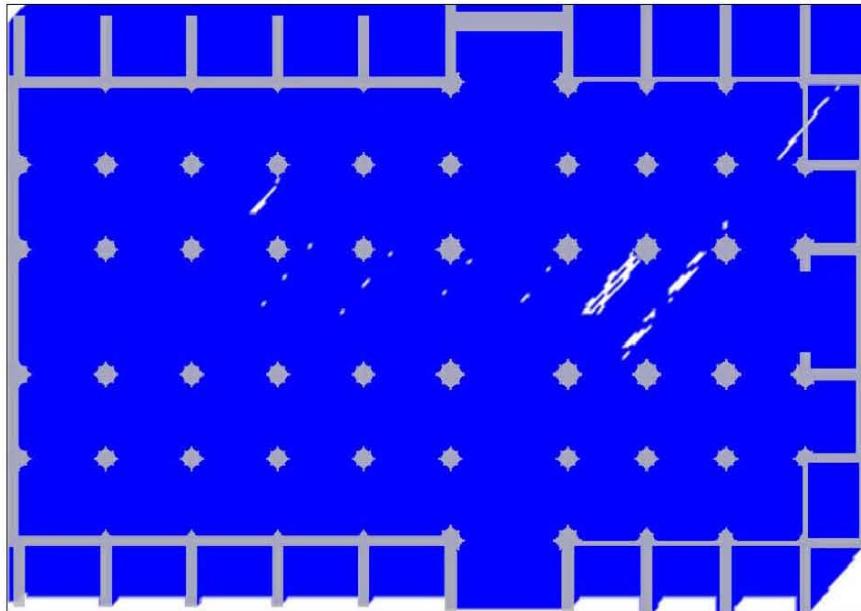
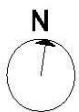
SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 12:00 HORAS

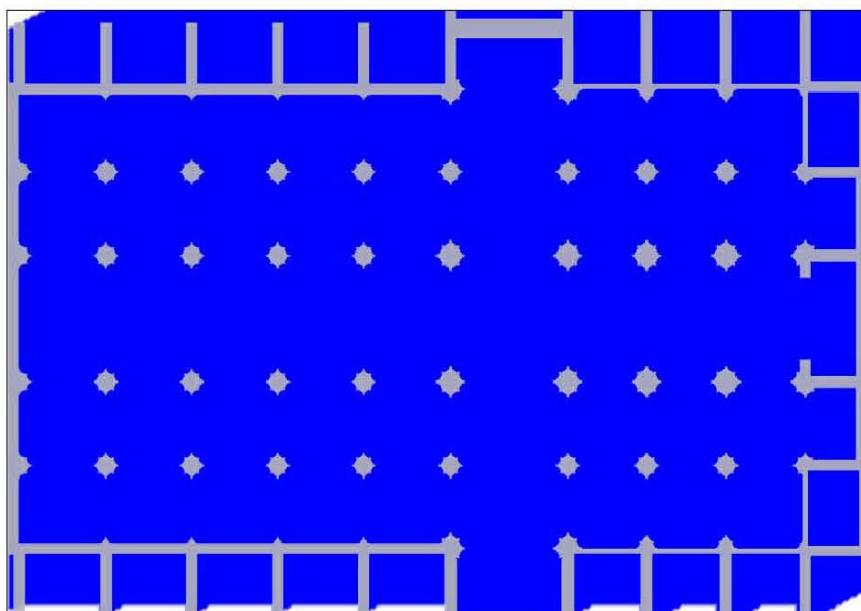


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE SEVILLA  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600



PLANTA 14:00

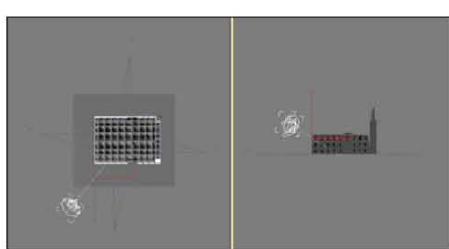


PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS

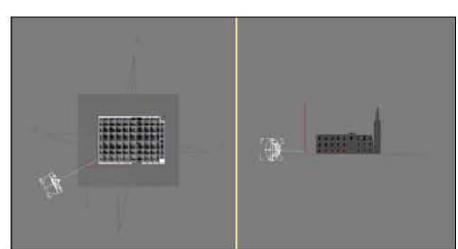


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

### 6.3.8 CATEDRAL DE SEVILLA. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL..

Como complemento ineludible de la Tesis Doctoral, dentro de este apartado se estudia la **situación actual de la iluminación en la catedral**.

Para poder estudiar el estado actual de la iluminación y ver si esta es coincidente o divergente con respecto a la iluminación primitiva gótica se realizó una medición en un día coincidente con uno de los días estudiados por la recreación en 3D, concretamente el día **21 de junio de 2011**.

La medición se realiza para todos los puntos muestra de la catedral (uno debajo de cada bóveda) y para las cuatro horas en que hemos dividido el día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00), con un luxómetro de mano de sensibilidad de 0 a 20.000 luxes bajo condiciones de iluminación exterior nubladas.

Una vez recogidos los valores de iluminación referidos, fueron comparados con los que se extraen de la medición realizada sobre el modelo 3D para el mismo día y a la misma hora, y puestos en comparación a través de secciones por la catedral.

Para que esta comparación fuera viable, había que descartar dos efectos incontrolables: en primer lugar, la **iluminación del día** preciso en que se toman los datos, ya que esta podía ser más o menos intensa que la que proponíamos en la modelización 3d, y en segundo lugar, el **factor de filtrado de las vidrieras**, otro valor desconocido puesto que las vidrieras varían su factor de filtrado en función de cada color y cada grosor de vidrio diferentes.

Para salvar estos dos obstáculos, se cogieron los valores de ciertos puntos de la catedral que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. A continuación igualamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división entre el valor inicial y el medido in situ nos facilita un **factor de escala** que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor de iluminación “**comparable**” en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes:  
16, 17, 18, 19, 20, 21, 34, 35 y 36, y el factor de escala obtenido **0.088**.

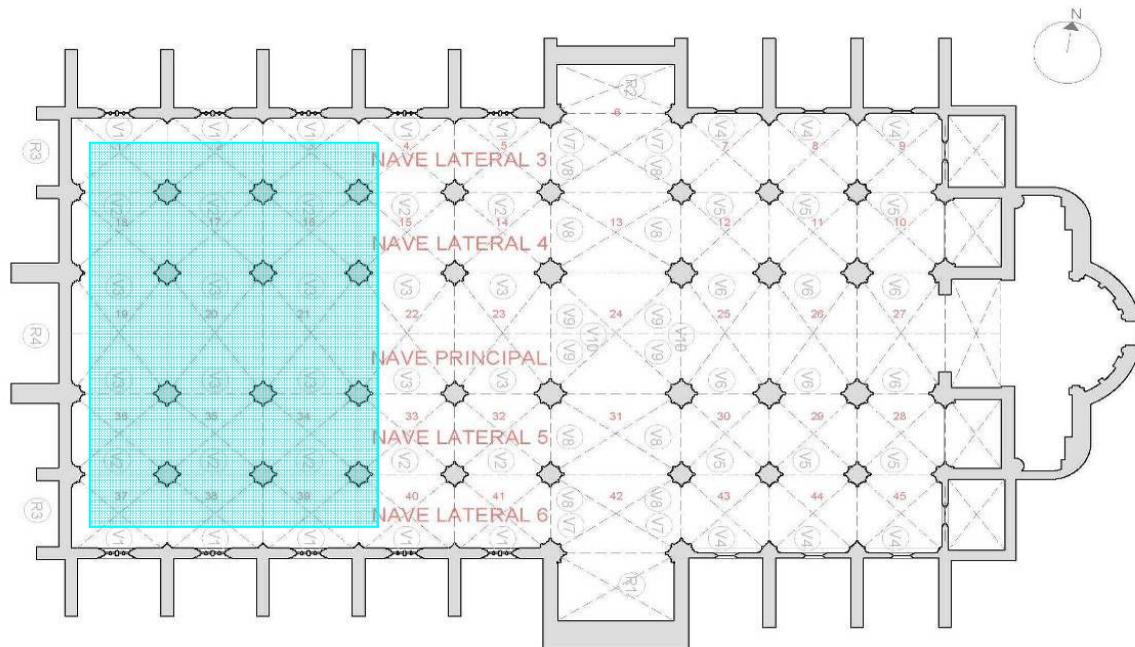


Fig. 6.117. Planta de la catedral con los puntos censados y los considerados "estables", tomados para la obtención del factor de escala. Autor: Juan M. Medina

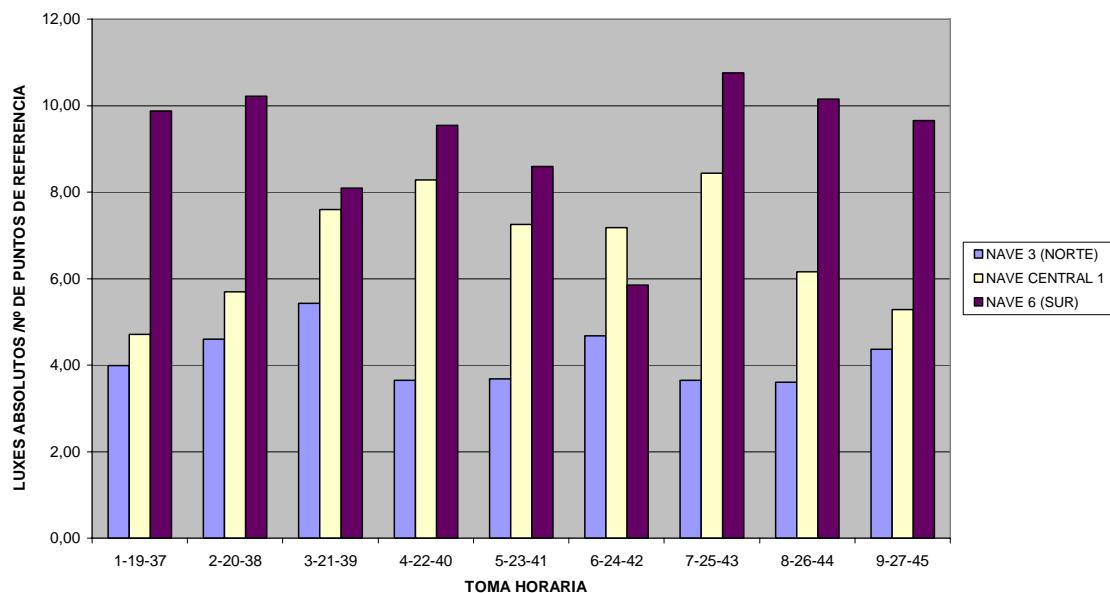
La toma de datos in situ y la obtenida por el modelo 3D nos arroja los siguientes valores:

		21 JUNIO 1600							
F.ESCALA 0,088	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE TRANS. 2	6	210,00	18,48	224,00	19,71	220,00	19,36	184,00	16,19
NAVE TRANS. 2	13	144,00	12,67	164,00	14,43	161,00	14,17	152,00	13,38
NAVE TRANS. 2	24	214,00	18,83	233,00	20,50	205,00	18,04	156,00	13,73
NAVE 3 (NORTE)	31	226,00	19,89	245,00	21,56	211,00	18,57	184,00	16,19
NAVE 3 (NORTE)	42	156,00	13,73	177,00	15,58	172,00	15,14	146,00	12,85
NAVE 3 (NORTE)	1	210,00	18,48	222,00	19,54	200,00	17,60	160,00	14,08
NAVE 3 (NORTE)	2	256,00	22,53	277,00	24,38	249,00	21,91	240,00	21,12
NAVE 3 (NORTE)	3	267,00	23,50	283,00	24,90	271,00	23,85	227,00	19,98
NAVE 4	4	212,00	18,66	243,00	21,38	247,00	21,74	192,00	16,90
NAVE 4	5	181,00	15,93	247,00	21,74	248,00	21,82	218,00	19,18
NAVE 4	6	210,00	18,48	224,00	19,71	220,00	19,36	184,00	16,19
NAVE 4	7	232,00	20,42	234,00	20,59	182,00	16,02	171,00	15,05
NAVE 4	8	223,00	19,62	253,00	22,26	206,00	18,13	140,00	12,32
NAVE 4	9	241,00	21,21	271,00	23,85	216,00	19,01	169,00	14,87
NAVE CENTRAL 1	10	228,00	20,06	236,00	20,77	174,00	15,31	124,00	10,91
NAVE CENTRAL 1	11	228,00	20,06	243,00	21,38	207,00	18,22	149,00	13,11
NAVE CENTRAL 1	12	293,00	25,78	306,00	26,93	272,00	23,94	249,00	21,91
NAVE CENTRAL 1	13	144,00	12,67	164,00	14,43	161,00	14,17	152,00	13,38
NAVE CENTRAL 1	14	230,00	20,24	269,00	23,67	271,00	23,85	238,00	20,94
NAVE CENTRAL 1	15	248,00	21,82	274,00	24,11	286,00	25,17	255,00	22,44
NAVE CENTRAL 1	16	151,00	13,29	158,00	13,90	159,00	13,99	110,00	9,68
NAVE CENTRAL 1	17	223,00	19,62	234,00	20,59	225,00	19,80	180,00	15,84
NAVE CENTRAL 1	18	133,00	11,70	149,00	13,11	121,00	10,65	87,00	7,66
NAVE CENTRAL 1	19	143,00	12,58	157,00	13,82	127,00	11,18	109,00	9,59
NAVE CENTRAL 1	20	221,00	19,45	236,00	20,77	212,00	18,66	156,00	13,73
NAVE CENTRAL 1	21	242,00	21,30	258,00	22,70	242,00	21,30	214,00	18,83
NAVE CENTRAL 1	22	274,00	24,11	294,00	25,87	285,00	25,08	237,00	20,86
NAVE CENTRAL 1	23	225,00	19,80	260,00	22,88	245,00	21,56	207,00	18,22
NAVE CENTRAL 1	24	214,00	18,83	233,00	20,50	205,00	18,04	156,00	13,73
NAVE CENTRAL 1	25	276,00	24,29	287,00	25,26	242,00	21,30	201,00	17,69
NAVE CENTRAL 1	26	280,43	24,68	301,57	26,54	270,29	23,79	133,00	11,70
NAVE CENTRAL 1	27	293,57	25,83	315,36	27,75	282,21	24,83	108,00	9,50
NAVE 5	28	311,00	27,37	312,00	27,46	237,00	20,86	164,00	14,43
NAVE 5	29	345,00	30,36	359,00	31,59	306,00	26,93	222,00	19,54
NAVE 5	30	304,00	26,75	309,00	27,19	255,00	22,44	209,00	18,39
NAVE 5	31	226,00	19,89	245,00	21,56	211,00	18,57	184,00	16,19
NAVE 5	32	157,00	13,82	198,00	17,42	170,00	14,96	104,00	9,15
NAVE 5	33	289,00	25,43	312,00	27,46	295,00	25,96	228,00	20,06
NAVE 5	34	278,00	24,46	292,00	25,70	261,00	22,97	206,00	18,13
NAVE 5	35	268,00	23,58	285,00	25,08	247,00	21,74	177,00	15,58
NAVE 5	36	154,00	13,55	170,00	14,96	132,00	11,62	96,00	8,45
NAVE 6 (SUR)	37	288,00	25,34	313,00	27,54	258,00	22,70	199,00	17,51
NAVE 6 (SUR)	38	304,00	26,75	327,00	28,78	275,00	24,20	224,00	19,71
NAVE 6 (SUR)	39	264,00	23,23	282,00	24,82	252,00	22,18	160,00	14,08
NAVE 6 (SUR)	40	276,00	24,29	299,00	26,31	278,00	24,46	190,00	16,72
NAVE 6 (SUR)	41	231,00	20,33	296,00	26,05	260,00	22,88	193,00	16,98
NAVE 6 (SUR)	42	156,00	13,73	177,00	15,58	172,00	15,14	146,00	12,85
NAVE 6 (SUR)	43	316,00	27,81	318,00	27,98	254,00	22,35	206,00	18,13
NAVE 6 (SUR)	44	287,00	25,26	305,00	26,84	244,00	21,47	134,00	11,79
NAVE 6 (SUR)	45	324,00	28,51	321,00	28,25	252,00	22,18	153,00	13,46

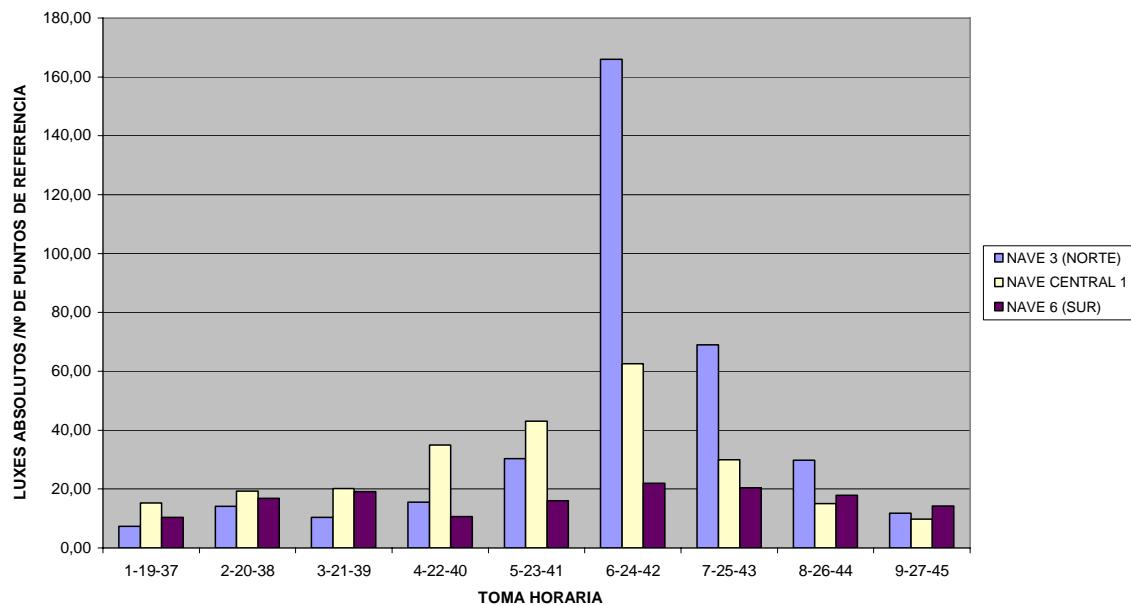
PUNTO BAJO BÓVEDA	21 DE JUNIO DE 2011				
	10:00	12:00	14:00	16:00	
NAVE TRANSVERSAL 2	6	12,30	166,00	16,50	18,50
	13	22,60	163,60	16,50	19,70
	24	23,00	62,60	25,60	25,60
	31	12,60	25,00	18,60	19,98
	42	9,00	22,00	14,90	19,70
NAVE 3 (NORTE)	1	4,50	7,30	9,00	8,60
	2	8,70	14,10	12,20	13,90
	3	8,20	10,40	8,20	9,97
	4	9,30	15,60	9,00	12,18
	5	9,50	30,30	10,50	11,15
	6	12,30	166,00	16,50	18,50
	7	15,00	69,00	17,20	18,90
	8	15,00	29,80	26,40	18,40
	9	9,90	11,80	19,10	16,50
NAVE 4	10	6,00	14,20	14,70	12,60
	11	9,80	12,90	12,40	10,57
	12	98,00	56,90	14,50	13,30
	13	22,60	163,60	16,50	19,70
	14	10,30	40,10	10,80	16,00
	15	25,20	18,20	10,40	10,30
	16	12,80	12,00	13,60	12,10
	17	9,40	13,50	13,80	12,90
	18	5,50	10,10	11,30	11,20
NAVE CENTRAL 1	19	9,40	15,30	15,10	16,60
	20	36,20	19,30	19,10	20,50
	21	23,10	20,20	19,10	23,70
	22	24,00	35,00	21,00	24,00
	23	23,00	43,00	23,00	24,00
	24	23,00	62,60	25,60	25,60
	25	13,00	30,00	20,00	20,00
	26	8,00	15,00	12,00	11,00
	27	6,00	9,80	12,60	7,80
NAVE 5	28	4,20	12,30	11,00	11,00
	29	4,80	9,50	10,20	9,50
	30	17,00	14,50	12,00	13,80
	31	12,60	25,00	18,60	19,98
	32	15,00	18,00	13,00	15,00
	33	21,00	11,60	9,30	9,30
	34	24,30	15,00	18,50	15,44
	35	9,60	17,20	20,20	18,30
	36	8,00	16,00	15,60	14,00
NAVE 6 (SUR)	37	7,50	10,40	14,70	12,40
	38	10,00	16,80	23,40	21,00
	39	23,80	19,20	26,20	22,60
	40	9,00	10,60	9,60	8,80
	41	12,00	16,00	11,80	11,20
	42	9,00	22,00	14,90	19,70
	43	10,30	20,40	19,20	20,20
	44	5,90	17,80	16,00	16,60
	45	4,80	14,30	13,40	12,00

Con esta toma de datos se elaboran las correspondientes gráficas por naves y se comparan los resultados de iluminación en la actualidad con los obtenidos en el modelo 3D del proyecto original gótico, el mismo día y a las mismas horas. Tras realizar la consabida conversión de equivalencia de valores (factor de escalado) para poder obviar el efecto de filtrado de la luz producido por las vidrieras y las comparaciones resultantes son las siguientes:

21 DICIEMBRE 1600- 12.00 HORAS COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES



21 JUNIO 2012- 12.00 HORAS COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES

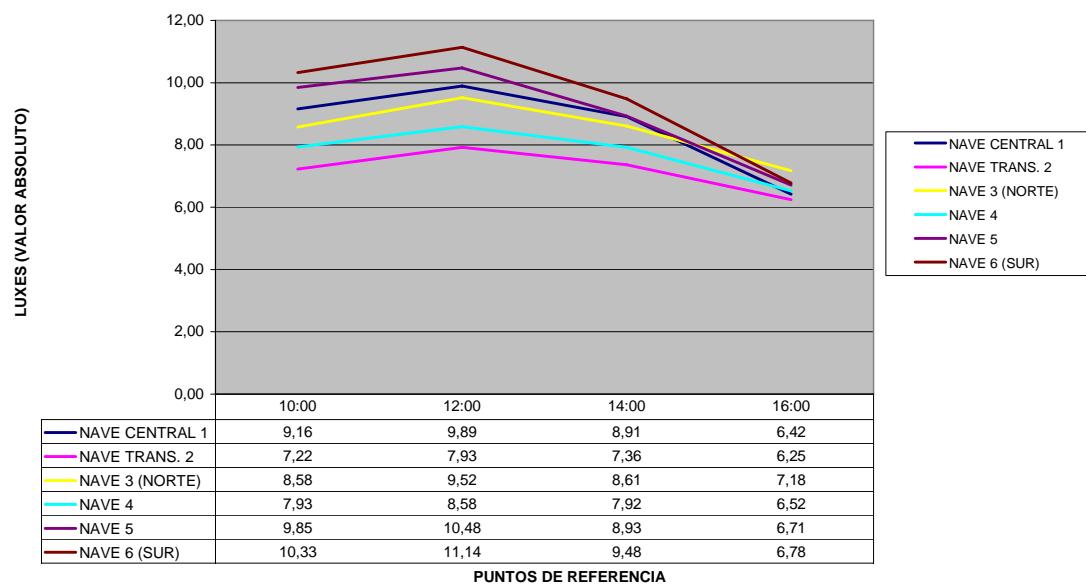


Si comparamos las naves longitudinales principales entre sí a las 12:00 horas para los días 21 de junio de 1600 (proyecto original) y 2012 (actualidad), podemos observar como existe

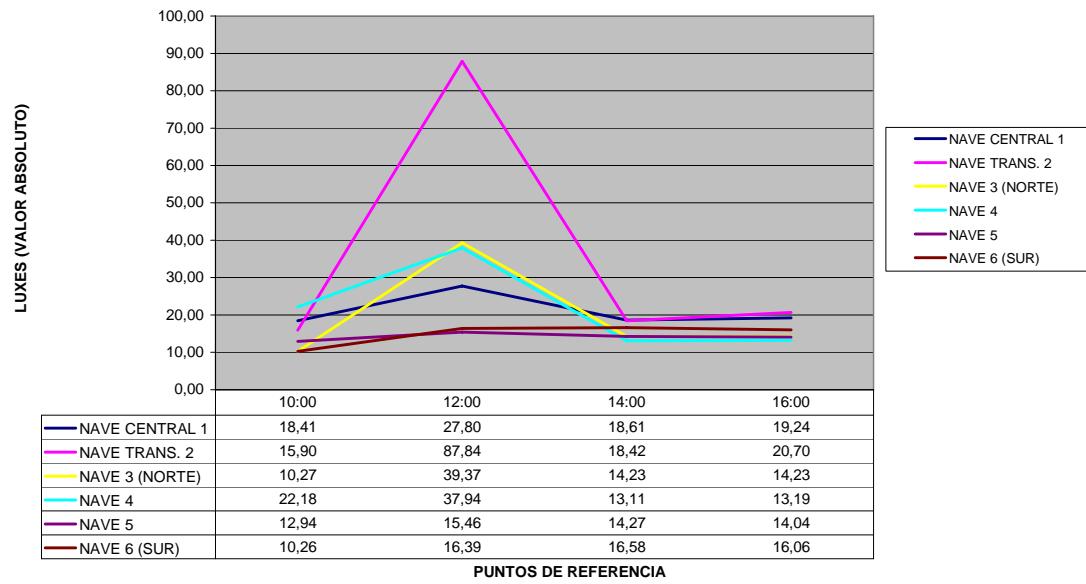
una tremenda distorsión en la nave 3 (nave norte) que desvirtúa la iluminación en ese punto de manera completa. Esto es debido a que esta nave tiene algunas vidrieras sustituidas por vidrios transparentes, y por la iluminación artificial sobrepuerta en la zona del transepto por la exposición de una serie de figuras escultóricas sobre un atril.

Podemos observar como, en el proyecto original la nave más iluminada de las tres es la nave sur, y sin embargo en la actualidad es la que menos iluminación tiene. Esto es debido a factores externos como son la interposición de iluminación artificial general en todas las naves y puntual en determinados puntos de la iglesia (coro, crucero, altar o esculturas).

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS



21 JUNIO 2012 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS



Si atendemos a las gráficas de iluminación total por zonas para el 21 de junio, también observamos grandes diferencias entre la iluminación inicial y la actual. Mientras en 1600, la iluminación se distribuía de manera uniforme en los distintos espacios de 10:00 a 16:00 horas, con leves aumentos a las 12:00 de la mañana, con el sol en el punto más alto, en 2012 observamos como los valores son similares para las 10:00 de la mañana y especialmente altos en la nave transversal 2 a las 12:00, distorsionando la comparativa general.

Este efecto de distorsión general se produce, fundamentalmente, porque a las 11:00 se encienden unos potentes focos de iluminación amarilla, que iluminan desde el triforio hacia las bóvedas. Este gesto que pretende dar importancia a los nervios de las bóvedas desvirtúa, de algún modo el concepto de iluminación gótico. La iluminación gótica llevaba al espectador a mirar hacia las vidrieras "retroiluminadas" para poder leerlas y disfrutar de su colorido dejando las bóvedas en oscuridad, sin embargo, la situación actual de la catedral si bien ayuda a entender el programa de bóvedas, provoca un efecto diferente sobre las vidrieras altas ya que la iluminación artificial hace que estas ventanas del claristorio queden difuminadas en el entorno alterando en cierto modo la estructura lumínica primitiva. (Fig. 6.118 y Fig. 6.119)

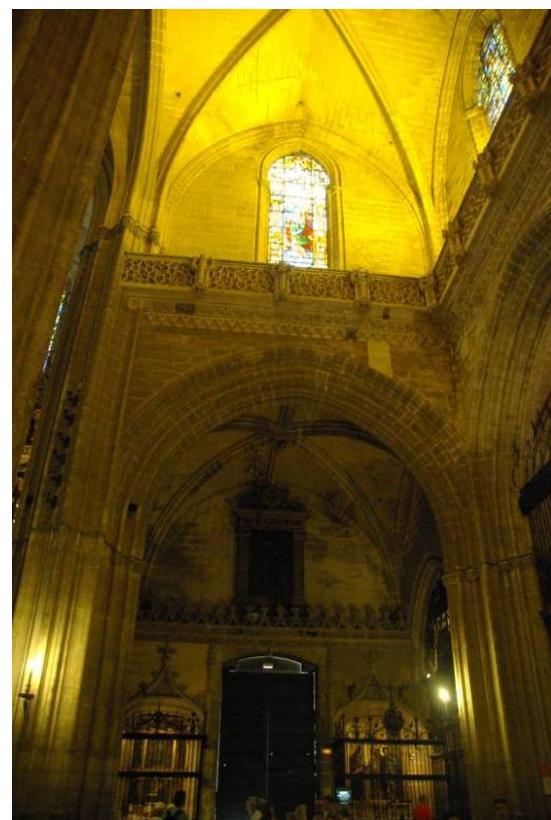
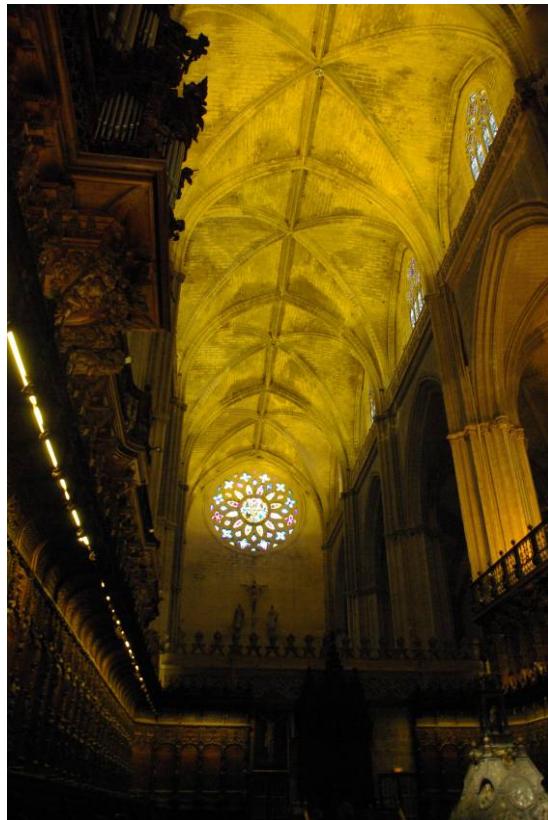
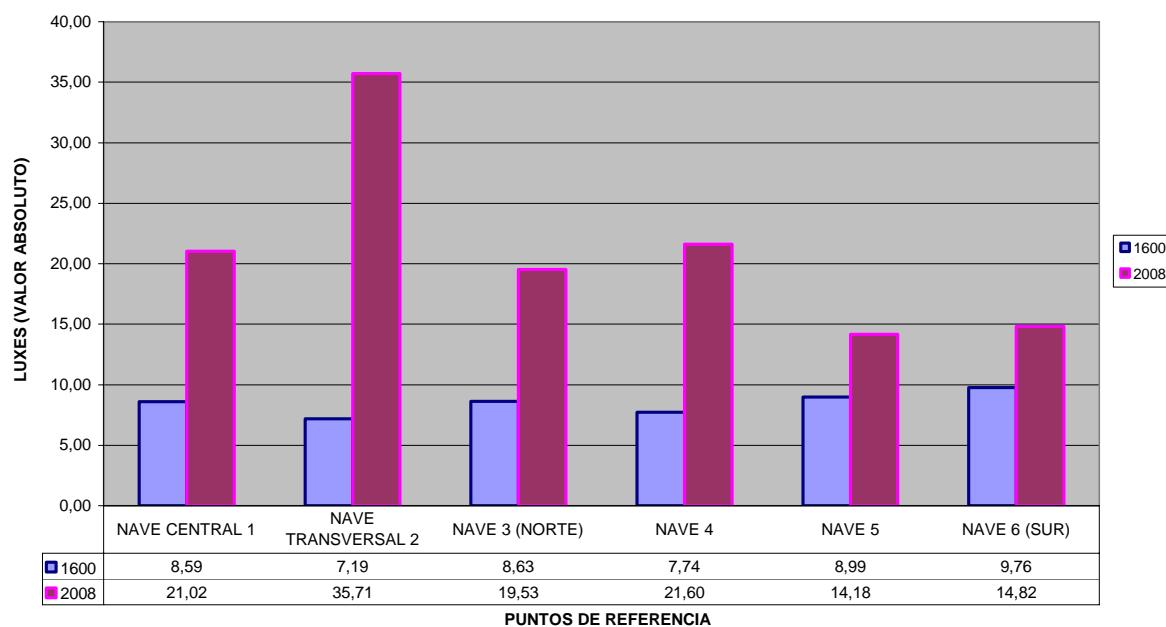


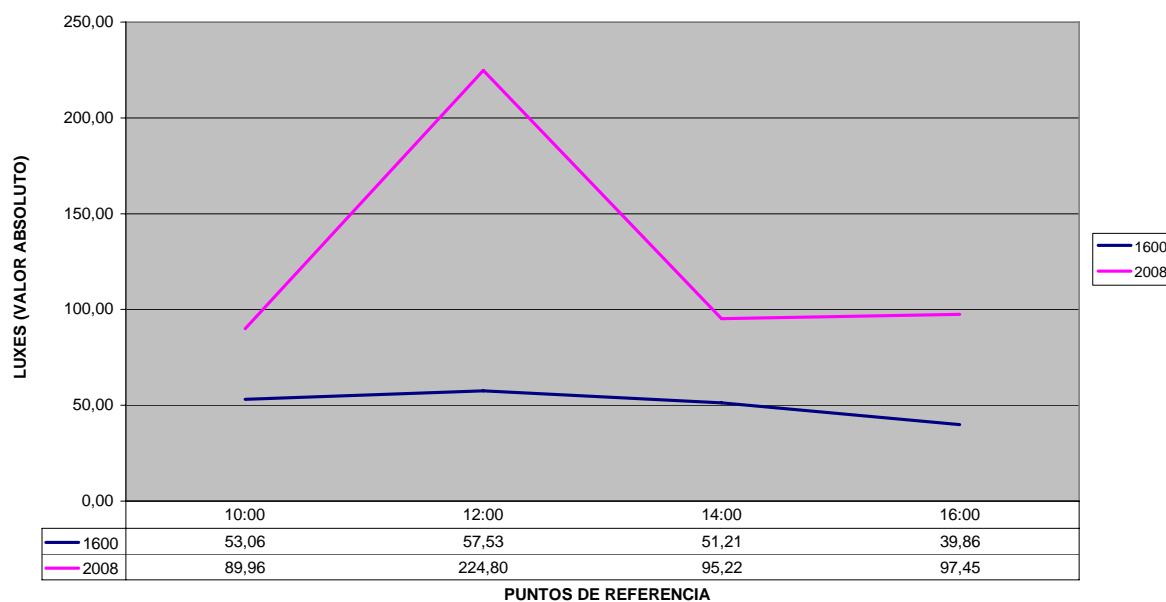
Fig. 6.117 y Fig. 6.119. Iluminación artificial sobre las bóvedas de la nave principal y capillas. Fotografía: Juan M. Medina. 21 de Junio de 2011. 12:00 AM.

21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO POR ZONAS



Si observamos la comparativa entre 1600 y 2008 diseccionada por naves, observamos como hay naves que conservan su espíritu gótico en lo que a iluminación media global se refiere, mientras que otras como la nave transversal se encuentran completamente distorsionadas.

21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO EN LA CATEDRAL A LAS DISTINTAS HORAS DEL DÍA

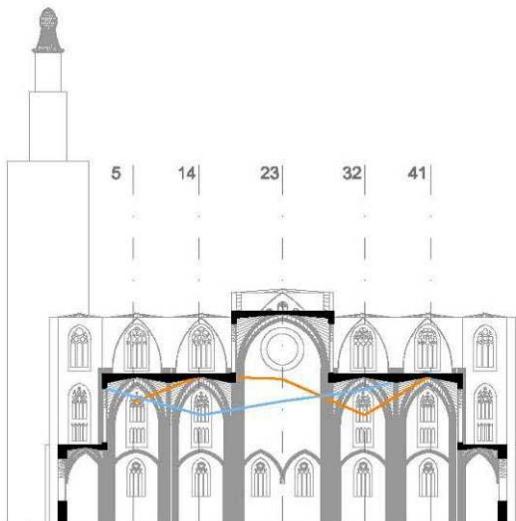


Del mismo modo si tenemos en cuenta la iluminación a lo largo del día, vemos en esta gráfica como a las 12:00 de la mañana, con la iluminación artificial proyectada sobre las bóvedas, la línea de iluminación global se dispara.

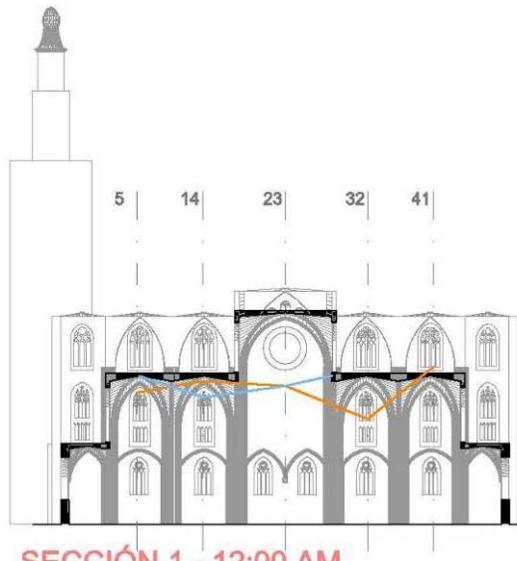
La catedral se encuentra libre de obstrucciones por construcciones anexas en las ventanas altas, exceptuando algún adosamiento que afecta a capillas laterales bajas muy puntuales.

A continuación se incorporan las gráficas comparativas que relacionan la iluminación actual con el estado inicial sobre las secciones de la iglesia.

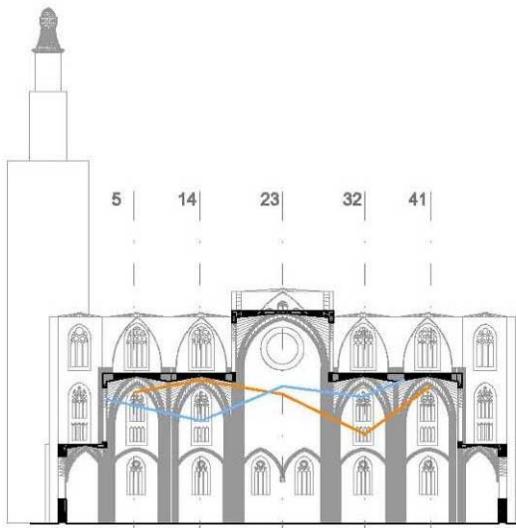
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



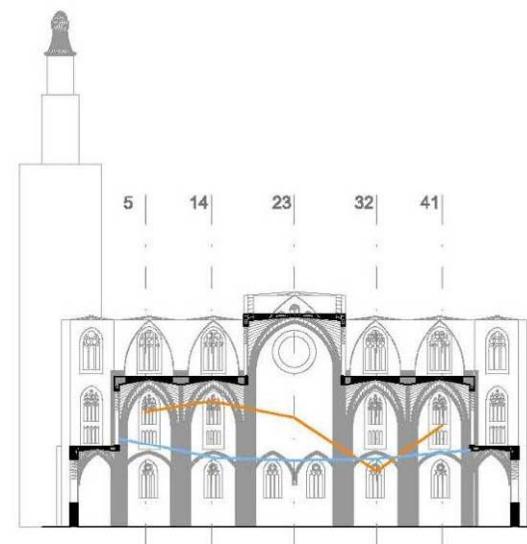
SECCIÓN 1 - 10:00 AM



SECCIÓN 1 - 12:00 AM

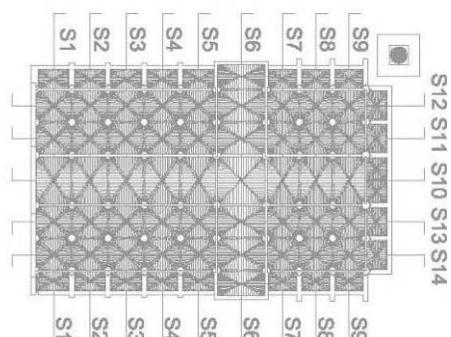


SECCIÓN 1 - 14:00 PM

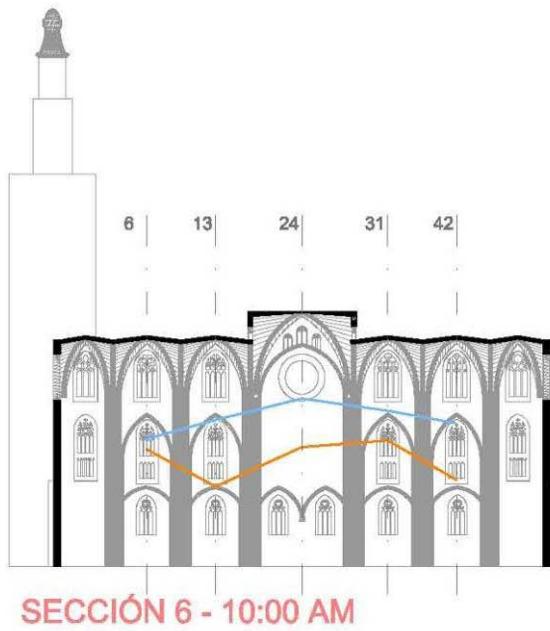


SECCIÓN 1 - 16:00 PM

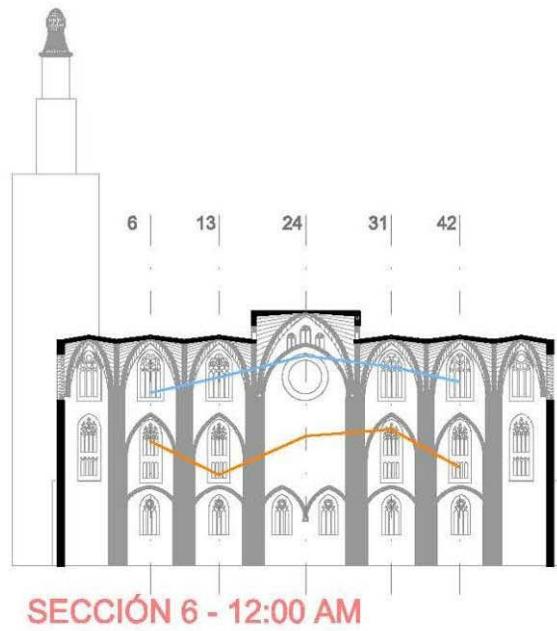
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



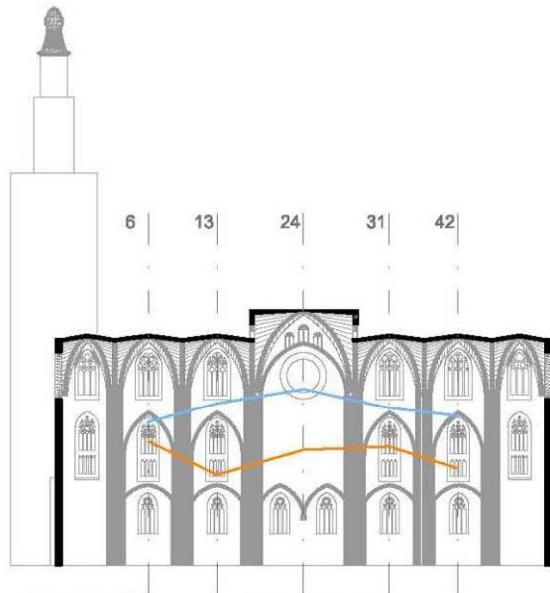
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



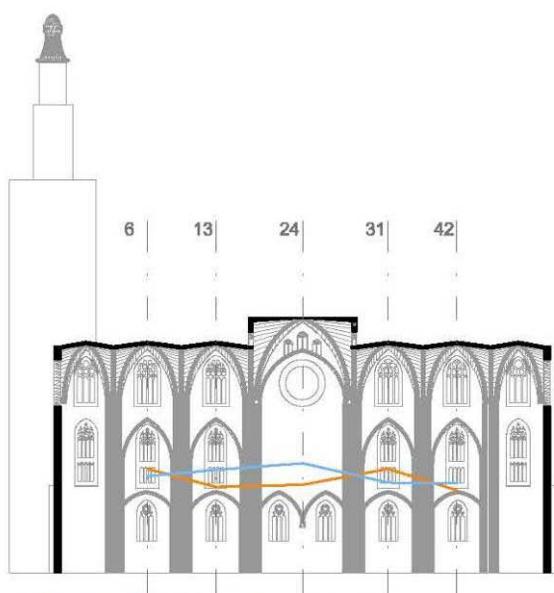
SECCIÓN 6 - 10:00 AM



SECCIÓN 6 - 12:00 PM

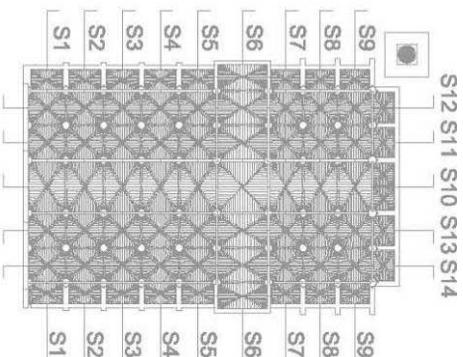


SECCIÓN 6 - 14:00 PM

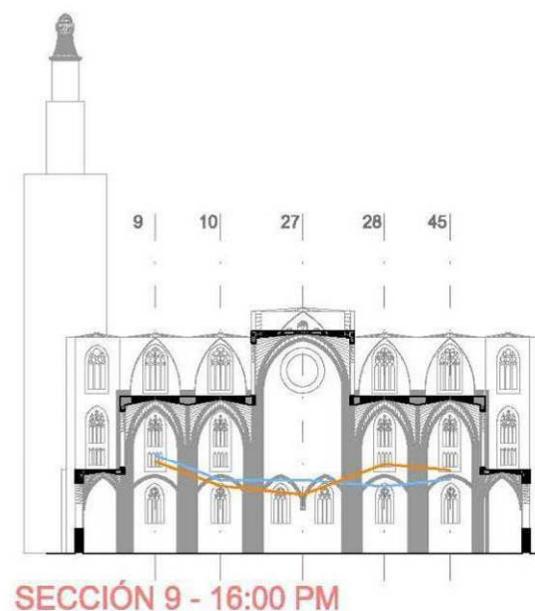
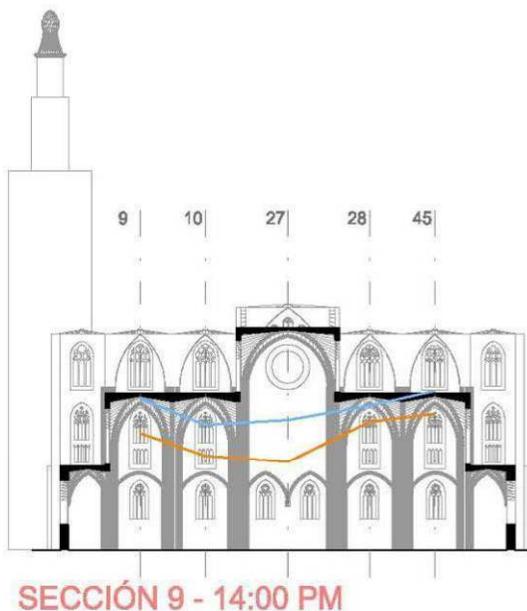
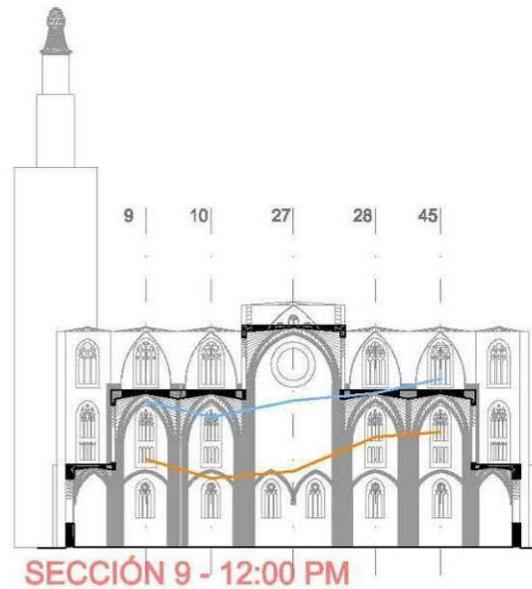
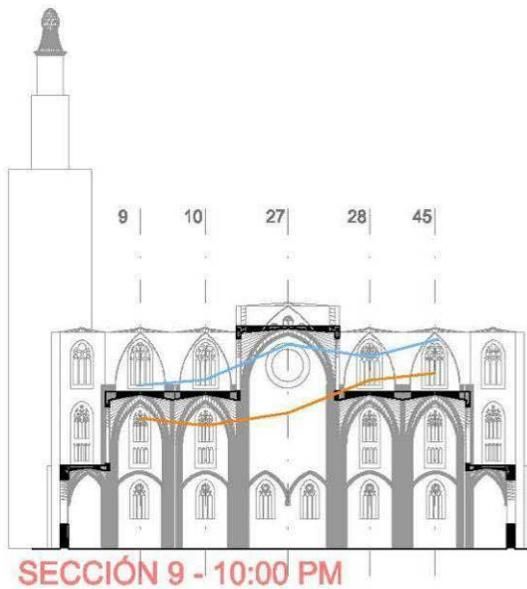


SECCIÓN 6 - 16:00 PM

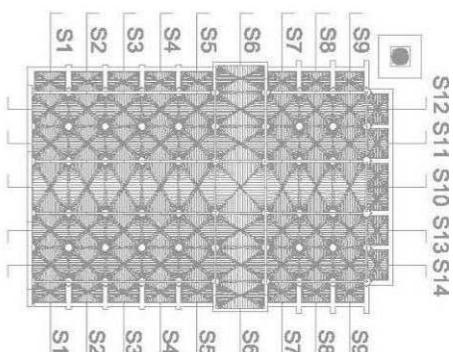
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL

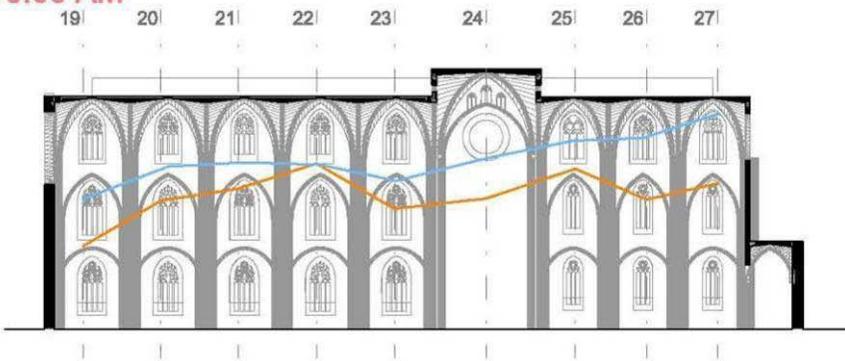


ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —

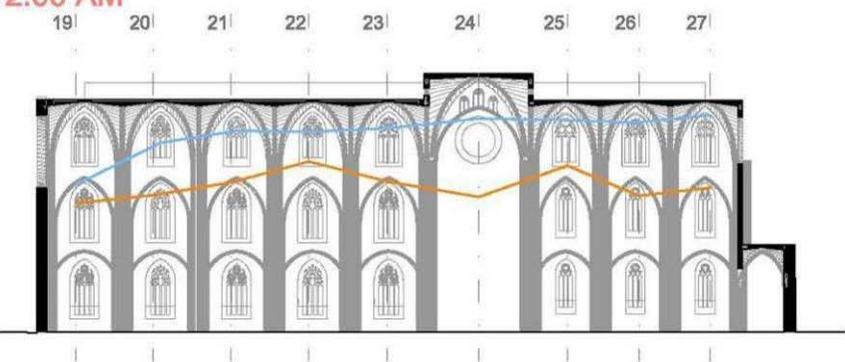


COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL

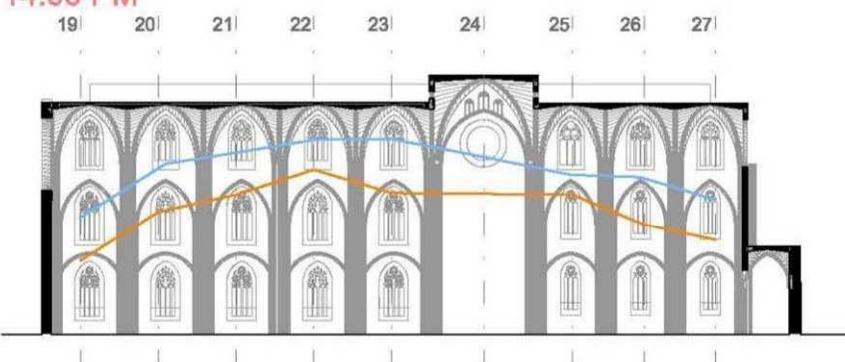
SECCIÓN 10 - 10:00 AM



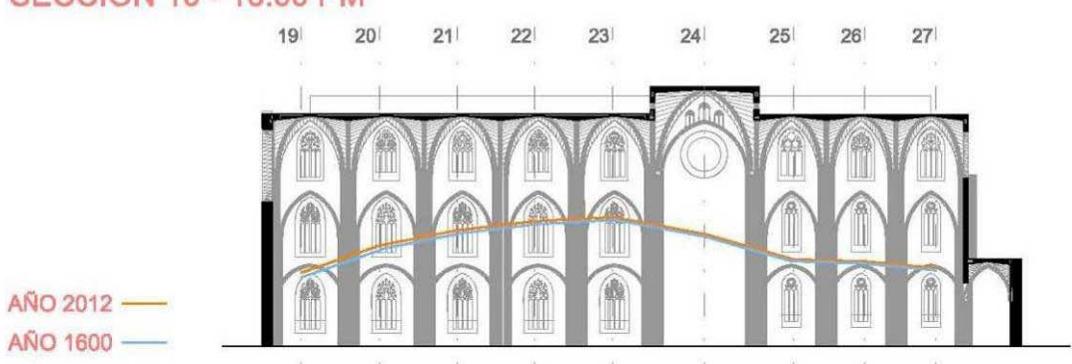
SECCIÓN 10 - 12:00 AM



SECCIÓN 10 - 14:00 PM



SECCIÓN 10 - 16:00 PM



### 6.3.9 CATEDRAL DE SEVILLA. ANÁLISIS DE COLOR.

El conjunto de vidrieras de la catedral de Sevilla es uno de los más grandes de mundo gótico, gracias a las dimensiones de la misma, la más grande construida por dicho estilo.

De entre los numerosos ejemplos de vidrieras que podemos observar, nos vamos a detener en un autor particular, el maestro vidriero **Enrique Alemán**. Este autor, influenciado desde sus inicios por las formas flamencas, dado el conocimiento cercano que el maestro Enrique tenía de las técnicas experimentadas en esas tierras, también trabajo en la catedral de Toledo y, por tanto, encontramos ejemplos de vidrieras de extraordinaria similitud entre ambos templos. La importancia de este maestro es tal que algunas de las mejores vidrieras góticas que podemos encontrar en el panorama español son creadas por el artista, y se ubican fundamentalmente en dos de los grandes templos de la época, Toledo y Sevilla. De él será la vidriera seleccionada que luego describiremos.

Cuando Enrique Alemán emprende el programa de las vidrieras de la Sevilla el edificio se encontraba todavía en obras. Iniciada la construcción del edificio por la parte occidental era lógico que las primeras vidrieras que se colocaron correspondiesen a los ventanales de la parte occidental. El se encargará de los ventanales que se abren sobre las capillas y en los de la nave central entre la fachada occidental y el crucero de esta misma parte del edificio

El programa de vidrieras de la catedral desarrolla, tal como describe Nieto, “*a escala monumental, el esquema iconográfico clásico de representaciones de grandes figuras en la nave central. En este sentido, casi toda la obra de Enrique Alemán está formada por vidrieras de este tipo, salvo alguna obra de su etapa final*”.

Sin embargo, en este ciclo, realizado por Enrique Alemán entre 1478 y 1479, se introdujeron novedades importantes desde un punto de vista tipológico. En estas vidrieras se introducen algunas variantes en relación con los principios compositivos de este modelo de vidriera, ya que, “*aunque los vanos se lo permitían y, tal vez por imposiciones del programa iconográfico, prescindió de representar las figuras en registros superpuestos, disponiendo una sola figura en cada lanceta. Esto hizo que el vidriero desarrollase en la parte superior unos dobletes de extraordinarias dimensiones y que constituyen la referencia que sirvió a Arnao de Flandes para la serie de vidrieras con figuras de santos que realizará para esta misma catedral en la centuria siguiente*”.

Lo más interesante para nuestra investigación es que, poco después, entre 1484 y 1492, Enrique Alemán realiza vidrieras para la catedral de Toledo y utiliza los mismos cartones que habían empleado en Sevilla, pero con unos enmarcamientos completamente distintos de acuerdo con la forma de los ventanales.

Esto provocó con frecuencia y entre las dos catedrales, “*repeticiones y novedades formales derivadas del empleo de un mismo cartón para vidrieras de edificios diferentes. En este sentido, debe observarse cómo las arquitecturas resultan variadas, diferentes y extraordinariamente imaginativas, frente a la permanencia de unos mismos modelos en las figuras*”.

En sus vidrieras se aprecia un empleo abundante de colores de base limitando el uso del **amarillo de plata** para el tratamiento de algunas partes de las figuras como cabellos, elementos ornamentales y arquitecturas. La mayor parte de la obra de Enrique Alemán fue del tipo mencionado de figuras en las que domina un efecto monumental, subrayado por el inteligente control de la luz y la aplicación de la grisalla para configurar los volúmenes.

La vidriera seleccionada está situada en la nave lateral norte (Fig. 6.121) y representa a Santiago el Mayor, San Felipe, Santiago el Menor y Judas Tadeo (Fig. 6.122), uno por cada lanceta, y las proporciones de color que posee así como la proporción de vidrio sobre plomo se analiza en los dibujos a continuación.

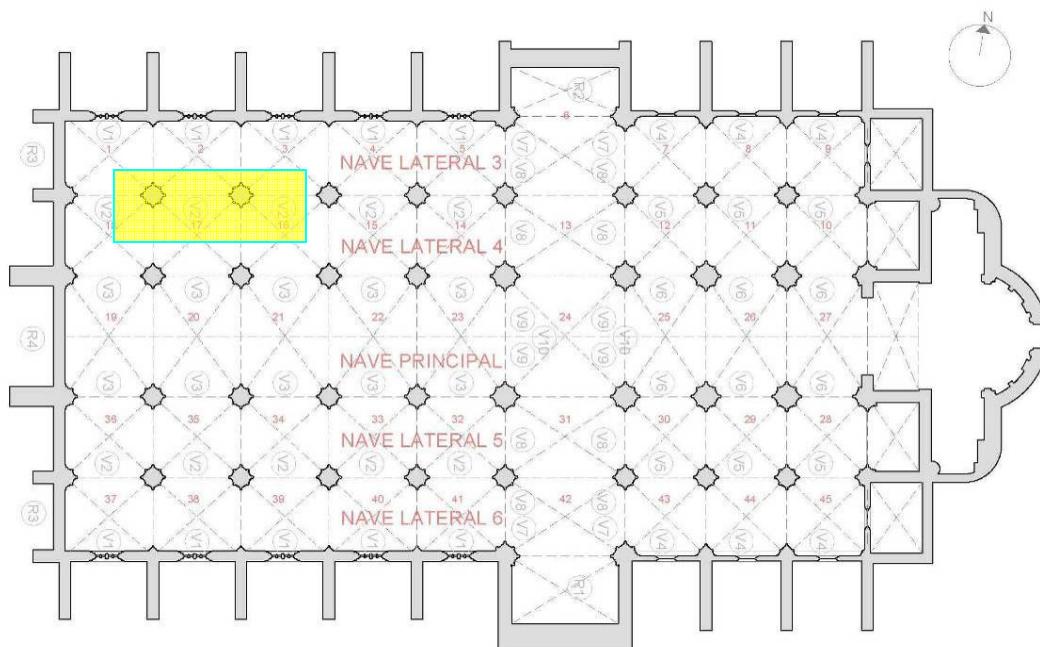


Fig. 6.120. Ubicación de la vidriera de Enrique Alemán seleccionada. Autor: Juan M. Medina

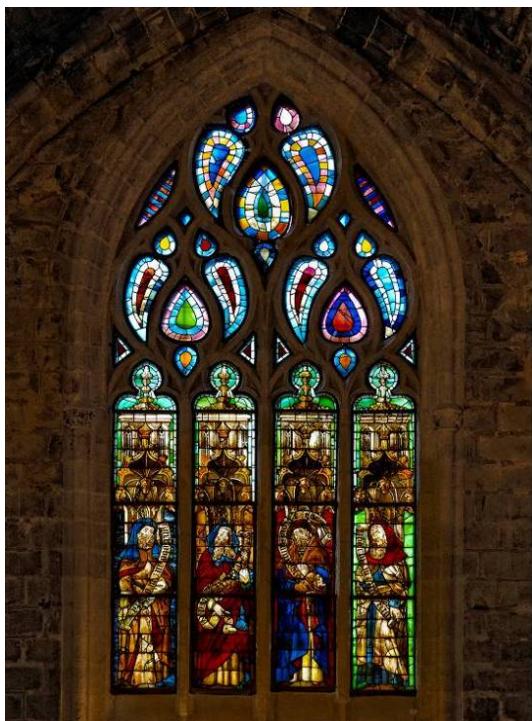


Fig. 6.121. Vidriera de la "Santiago el Mayor, San Felipe, Santiago el Menor y Judas Tadeo".  
Fotografías: Juan M. Medina.

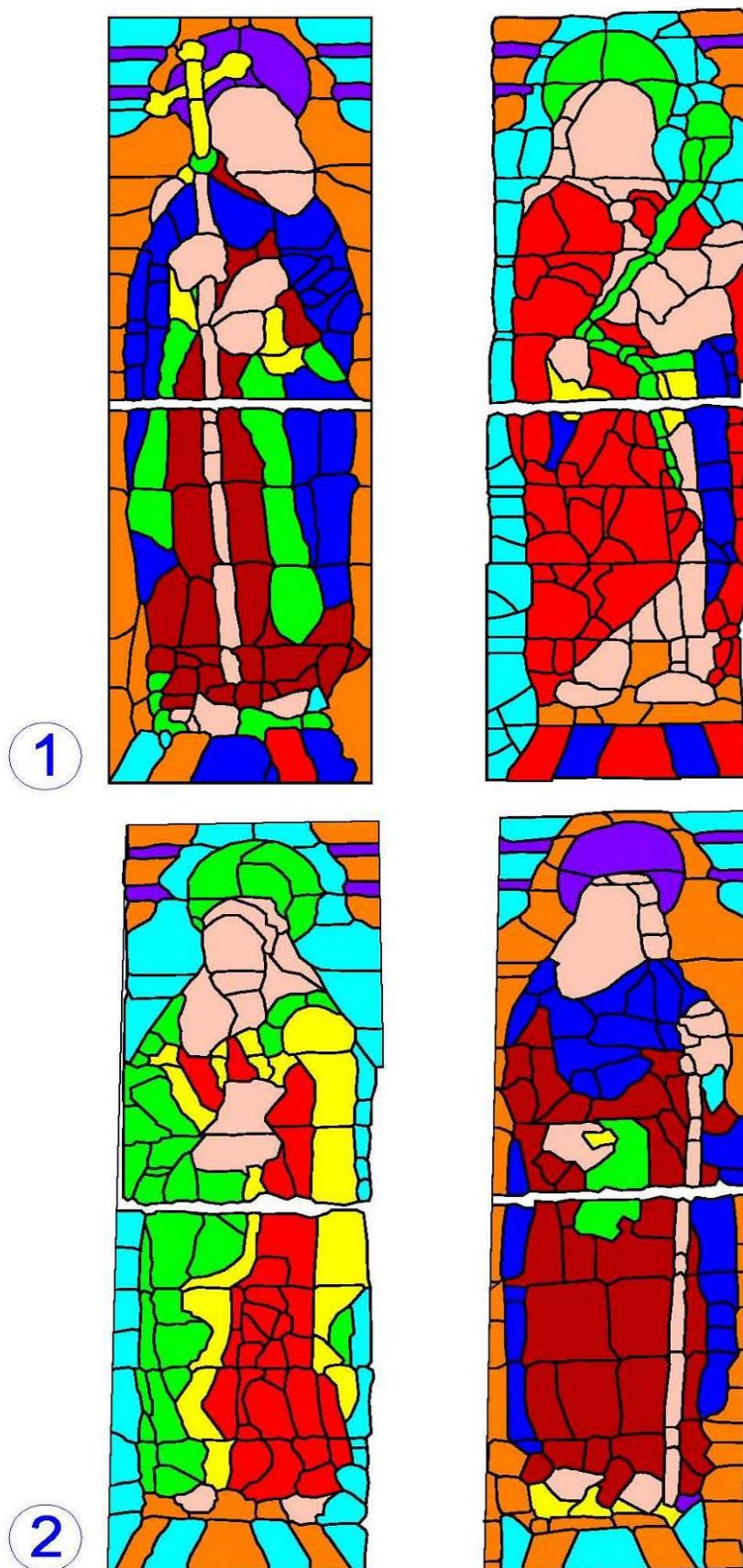
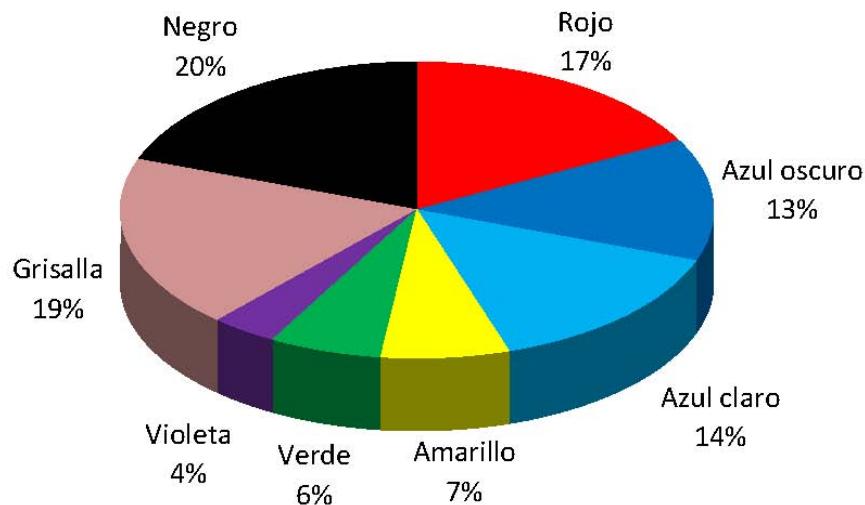
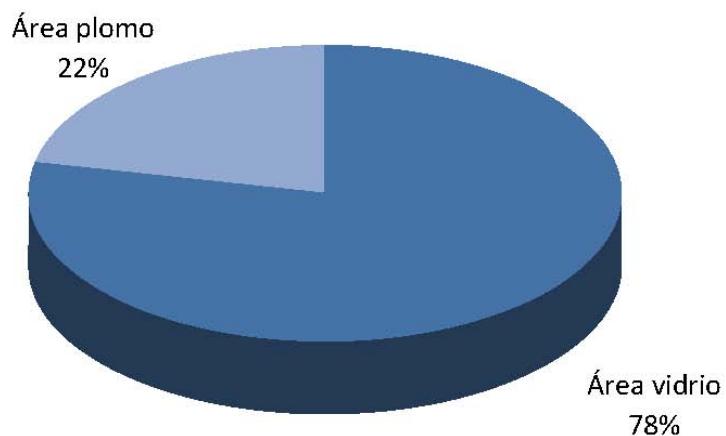


Fig. 6.122. Distribución del color de la vidriera de "Santiago el Mayor, San Felipe, Santiago el Menor y Judas Tadeo". Autor: Juan M. Medina.

### Distribución colores de vidriera. Sevilla Enrique Alemán



### Factor de empleo. Vidriera de Sevilla



6.4 CATEDRAL DE TOLEDO.

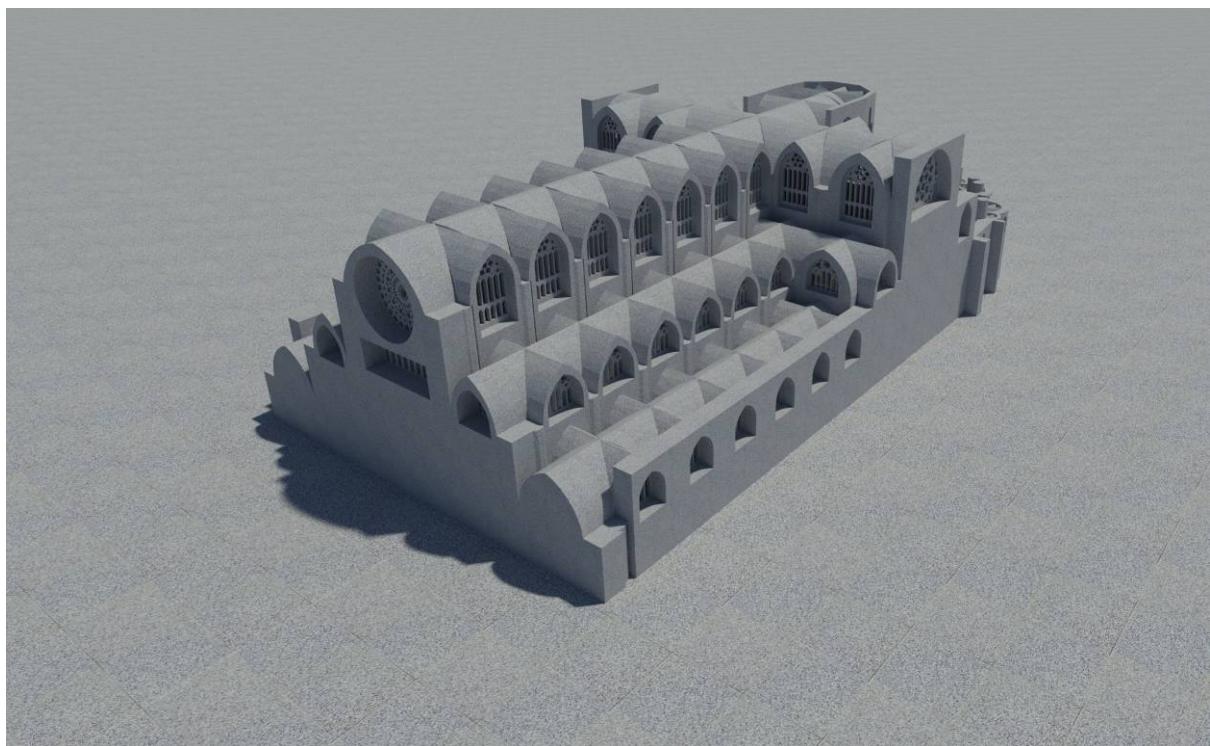


Fig. 6.123. Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.4.1 CATEDRAL DE TOLEDO. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

*"En nuestra presencia, Rodrigo Jiménez de Rada, hicisteis exponer que tu iglesia, que antes había estado destinada al culto de los paganos, finalmente arrebatada la ciudad de Toledo por la misericordia de Dios de las manos de ellos, fue dedicada al culto cristiano"*<sup>181</sup>.

Con estas palabras anunciaba el Papa Honorio III, en el año 1222, el comienzo las obras de la nueva catedral gótica de Toledo, situada sobre el lugar donde estuvo la antigua *Urbs regia* visigoda<sup>182</sup>. El comienzo de esta iglesia toledana respondía al intento de crear el epicentro histórico, geográfico y espiritual de España<sup>183</sup>.

La primera piedra se colocó sobre la explanación de construcción de la catedral en 1226, "aunque es seguro que la cimentación se realizó años antes. La traza debe situarse, según Lambert, hacia 1222, muy próxima a la de la catedral de Le Mans, con la que Toledo tiene grandes semejanzas".<sup>184</sup>

Sus inicios estuvieron alimentados por el privilegio de financiación preferente bendecido por el propio papa Honorio II, se comenzó la primera campaña constructiva. En esta primera campaña la catedral se construyó conviviendo con la antigua mezquita que ocupaba su lugar y que se iba demoliendo a medida que se requería. Duró hasta 1244, momento en el que el pueblo toledano expulsa al Cabildo de su ciudad,<sup>185</sup> ya que los ingresos se vieron mermados por la transferencia de fondos de la construcción a las campañas militares de Fernando III con Sevilla.

En esta primera etapa se realizan los trabajos de la cabecera y se comienza la construcción de los muros externos y las capillas. Estos trabajos se iniciaron bajo el prisma de un plan de catedral muy ambicioso, empujado por el arzobispo Rodrigo y que fijaba unas dimensiones de proyecto de longitud similar a la antigua basílica de San Pedro de Roma, con una relación entre la altura de la nave central y su anchura de 2 a 1 (Fig. 6.124). Este personaje fundamental en la generación del templo gótico había sido versado en el resto de construcciones realizadas en esos momentos en el territorio español pero su influencia

<sup>181</sup> MANSILLA, D. "La documentación pontificia de Honorio III (1216-1227)", Madrid, 1965, núm. 388.

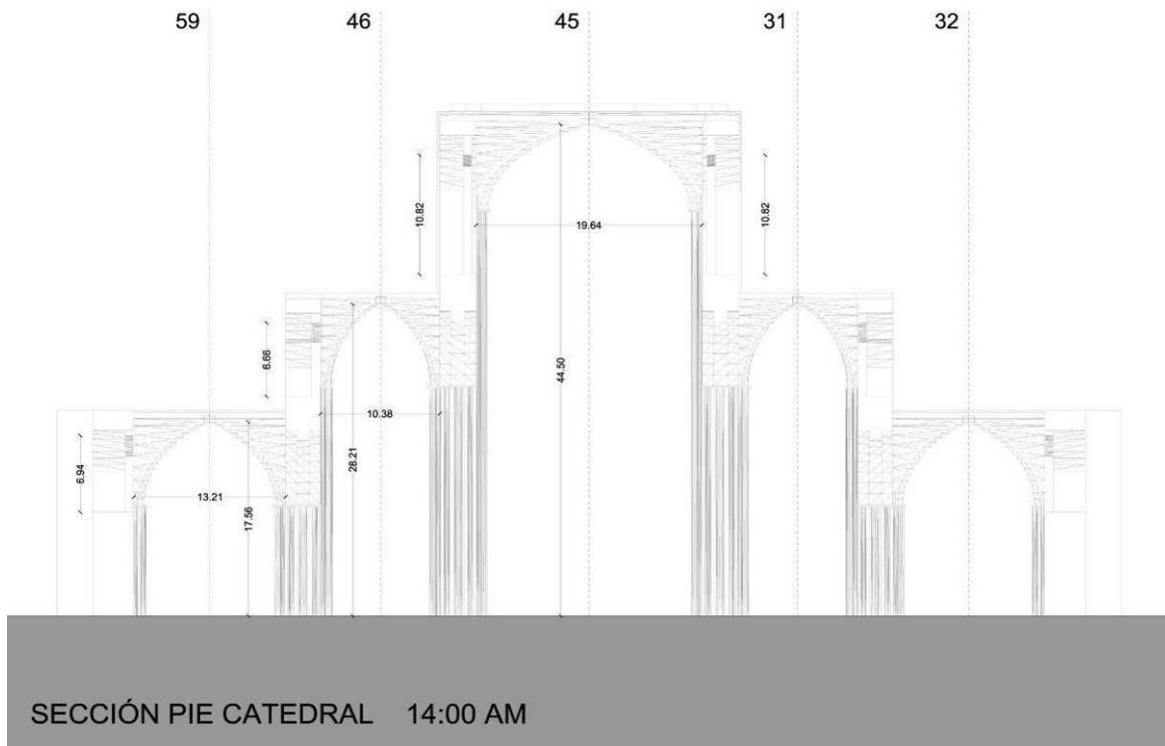
<sup>182</sup> GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p 148

<sup>183</sup> XIMENEZ DE RADA, R. y FERNANDEZ VALVERDE, J., "Historia de rebus Hispaniae sive Historia gothica", Turnholt, 1987.

<sup>184</sup> BALDELLOU, Miguel, "Catedrales de Europa" Ed: Espasa Calpe, Madrid, 1995, ISBN: 84-239-9302-7. p. 316

<sup>185</sup> HERNANDEZ, F.J, "La hora de Don Rodrigo" en "Cahiers de linguistique et de civilisation hispaniques médiévaless" número 26, 2003. p. 16-71

fundamental fue la que adquirió en su formación y contacto con el gótico europeo<sup>186</sup>, con visitas a Roma, Notre Dame y Bourges. Este conocimiento definirá el estilo final de la catedral como una catedral de tipo claramente “francés”, aunque no tan diáfana como estas, tal como describe Chueca “*la diafanidad no es la cualidad fundamental de la catedral de Toledo, firme y recia arquitectura aplomada sobre sus treinta y seis gruesos pilares*”.<sup>187</sup>



SECCIÓN PIE CATEDRAL 14:00 AM

Fig. 6.124. Sección transversal de la Catedral de Toledo por los pies de la Iglesia. Autor: Juan M. Medina.

Tras una primera implantación de estilo ecléctica francesa por parte del maestro Martín, El contacto entre Toledo y Francia se diluyó en los años posteriores, hasta que, en 1238 “se renueva, al mismo tiempo que los escultores de Bourges y Amiens llegaban a Burgos para trabajar en su catedral”<sup>188</sup>.

Después de una interrupción en 1244, la construcción de la catedral se retoma en un momento indeterminado posterior a 1250. El rey Alfonso X volvía a conceder numerosos privilegios a la catedral y esto impulsó de manera definitiva el avance de la misma hasta su siguiente “parada” temporal en 1261, a la muerte del arzobispo Sancho.

<sup>186</sup> NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 148

<sup>187</sup> CHUECA, Fernando, “*La catedral de Toledo*”. Ed: Everest, León, 1981. ISBN: 84-241-4719-7. p. 36

<sup>188</sup> KARGE, “*La catedral de Burgos*”, op.cit., p.153-7

En esta segunda etapa se terminaron los abovedamientos del deambulatorio interno y se completó el presbiterio. También se remataron “*los muros orientales de ambos transeptos, para sujetar los altos muros del presbiterio*”<sup>189</sup>. La zona terminada en esta época puede referenciarse con la de la nave principal de la Catedral de Bourges, construida antes de la cuarta década del S XIII y con detalles de la construcción de su coetánea catedral de Burgos.

La tercera campaña de construcción abarca desde 1282 a 1317. Para este momento los trabajos de la catedral de Burgos estaban virtualmente concluidos y con la llegada al trono de Sancho IV y de su colaborador, el arzobispo Gonzalo Pérez (1280-1299), la catedral de Toledo halla sus más importantes mecenas<sup>190</sup>. Con la cabecera concluida durante la segunda fase de construcción, los trabajos se centraron en esta etapa en los transeptos y en los tramos orientales de la nave central, priorizando el orden de construcción de este a oeste.

En esta época también se comenzaron los trabajos los cuatro tramos occidentales de la nave central y los tramos orientales de la misma nave de manera consecutiva, terminados probablemente antes de 1301 “*cuando el arzobispo Gonzalo Pérez fue sepultado en el coro litúrgico*”<sup>191</sup>.

Parece que la construcción de la catedral convivió con la existencia parcial de la antigua mezquita, que no fue totalmente derruida hasta finales de la tercera campaña, cuando únicamente quedaba por concluir la construcción de la fachada occidental y de las bóvedas superiores.

La construcción de la catedral quedará interrumpida desde 1299 hasta 1330, cuando se inician los trabajos finales. Esto se debió fundamentalmente a los esfuerzos acometidos por el arzobispo Gil a pesar del ambiente socio-político convulso de la época, y prosiguió de manera ininterrumpida por cerca de 50 años, quedando finalizadas las obras mayores para el año 1381, ya que las obras que posteriormente acaecieron serían de carácter secundario.

---

<sup>189</sup> NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 155

<sup>190</sup> LINEHAN, P. “*History and the historians of medieval Spain*” Oxford, 1993 p.446-8;483-4

<sup>191</sup> NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 158

La catedral de Toledo tuvo un período de construcción largo y de gran coste económico pero eso no restó importancia al concepto general arquitectónico que dejó como legado. A raíz de su construcción encontramos referencias de diseño en iglesias y catedrales posteriores de lo más variadas como son Sevilla, Granada, Cádiz o incluso Caracas<sup>192</sup>, también posee similitudes evidentes con ciertas partes de la catedral de Lisboa y Segovia y en multitud de iglesias menores posteriores a la catedral.

En términos de estilo se puede interpretar que Toledo nace de las concepciones Francesas o Inglesas pero, en su construcción, Toledo obtuvo la personalidad propia del acento español, aplicando al edificio el concepto “particularmente hispánico de magnificencia catedralicia, representando un importante nexo entre los siglos XIII y XV, entre el Norte de Europa y Andalucía, y un paso crucial en el viaje que llevaría al Nuevo Mundo”.<sup>193</sup>

---

<sup>192</sup> NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 161

<sup>193</sup> NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 161

#### 6.4.2 CATEDRAL DE TOLEDO. MODELOS 2D Y 3D.

La toma de datos necesaria para la recreación de los modelos en 2D y posteriormente la generación del modelo 3D fue realizada el **21 de junio de 2008**, solsticio de verano.

En la toma de datos se tomaron medidas geométricas de la catedral que permitían el levantamiento de la misma así como la **toma de datos de iluminación actual** descrita en el método de análisis de la tesis, es decir, tomando referencia de lúmenes debajo de cada bóveda de crucería de las distintas naves de la catedral para las cuatro horas del día censadas (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00). Estos datos nos servirán para la comparativa entre el estado original y el actual de la iluminación en la catedral que será desarrollado con amplitud en el capítulo designado al efecto.

El resultado gráfico interpretado de lo que sería el proyecto original gótico representa la **denominación de las naves**, la **memoria de vidrieras** de la planta y la **posición de los puntos de muestreo** utilizados para la medición lumínica debajo de cada bóveda. La representación final es la siguiente:

## Planta:

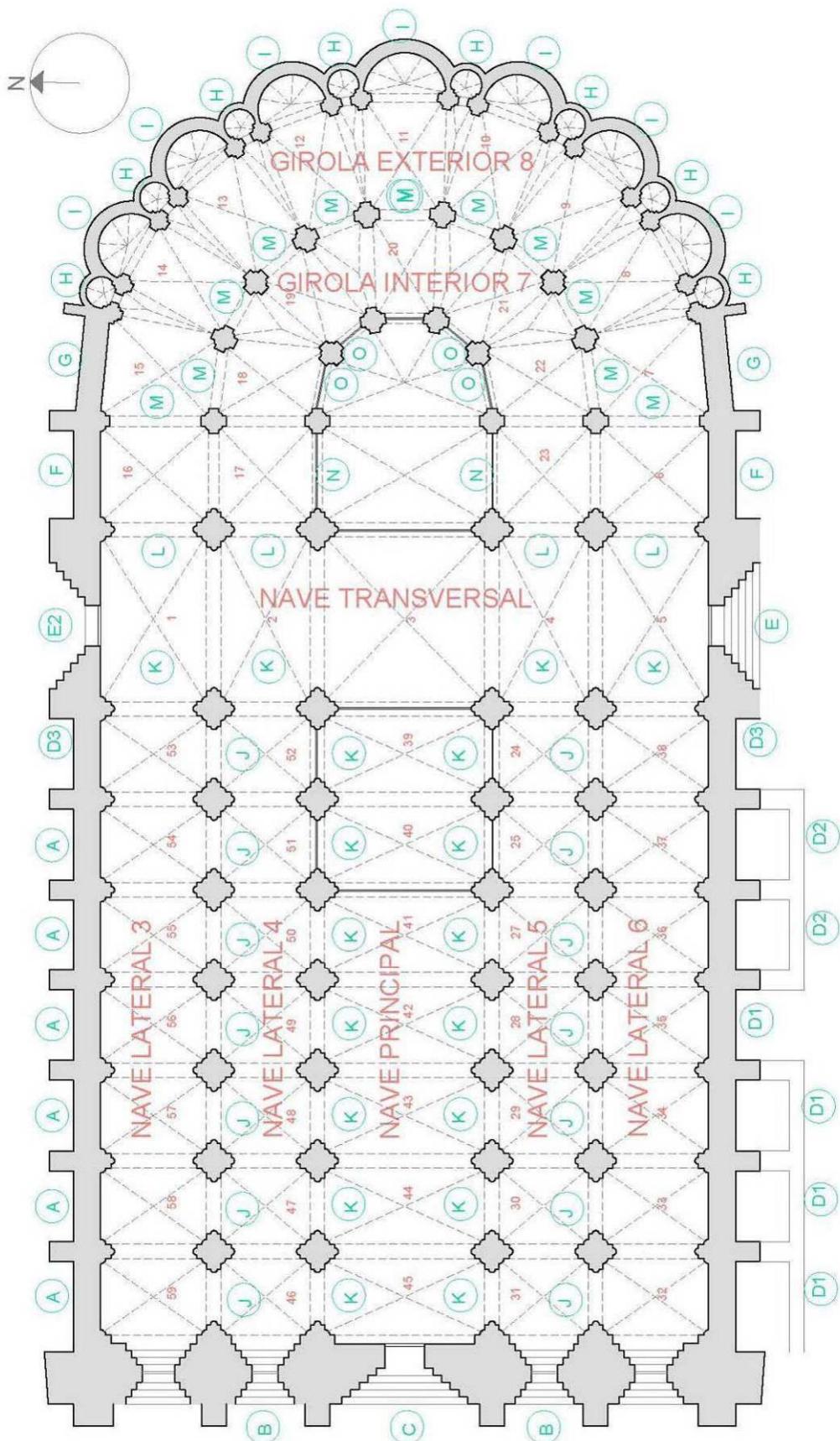


Fig. 6.125. Planta de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

Secciones:

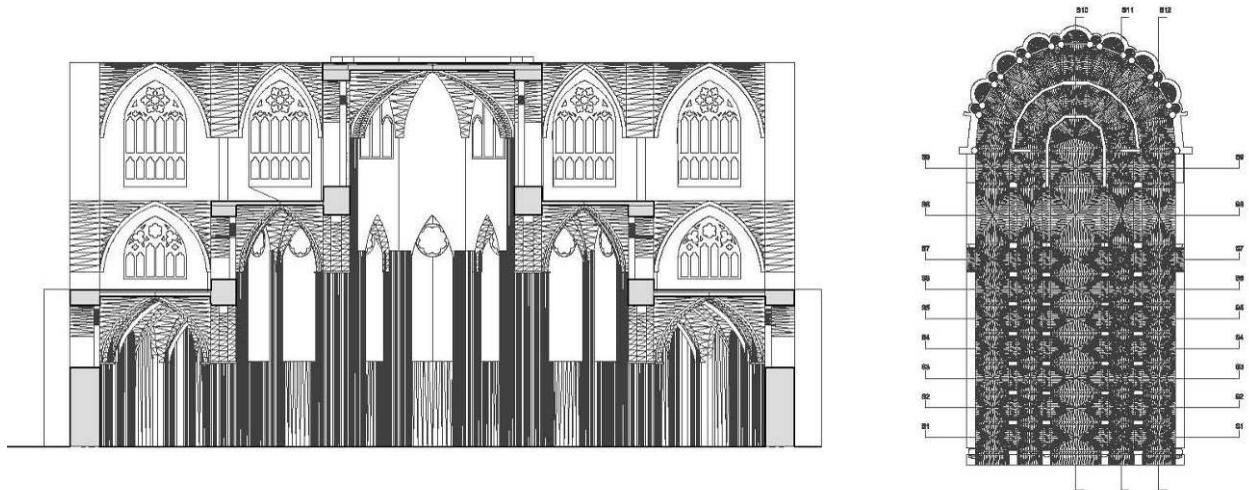


Fig. 6.126. Sección transversal y planta esquemática de corte de secciones. Catedral de Toledo.  
Autor: Juan M. Medina.

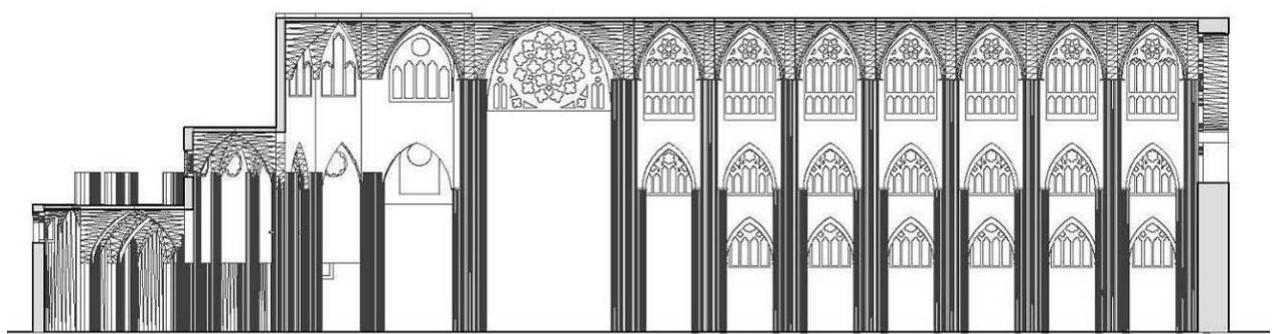


Fig. 6.127. Sección longitudinal. Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

Vidrieras:

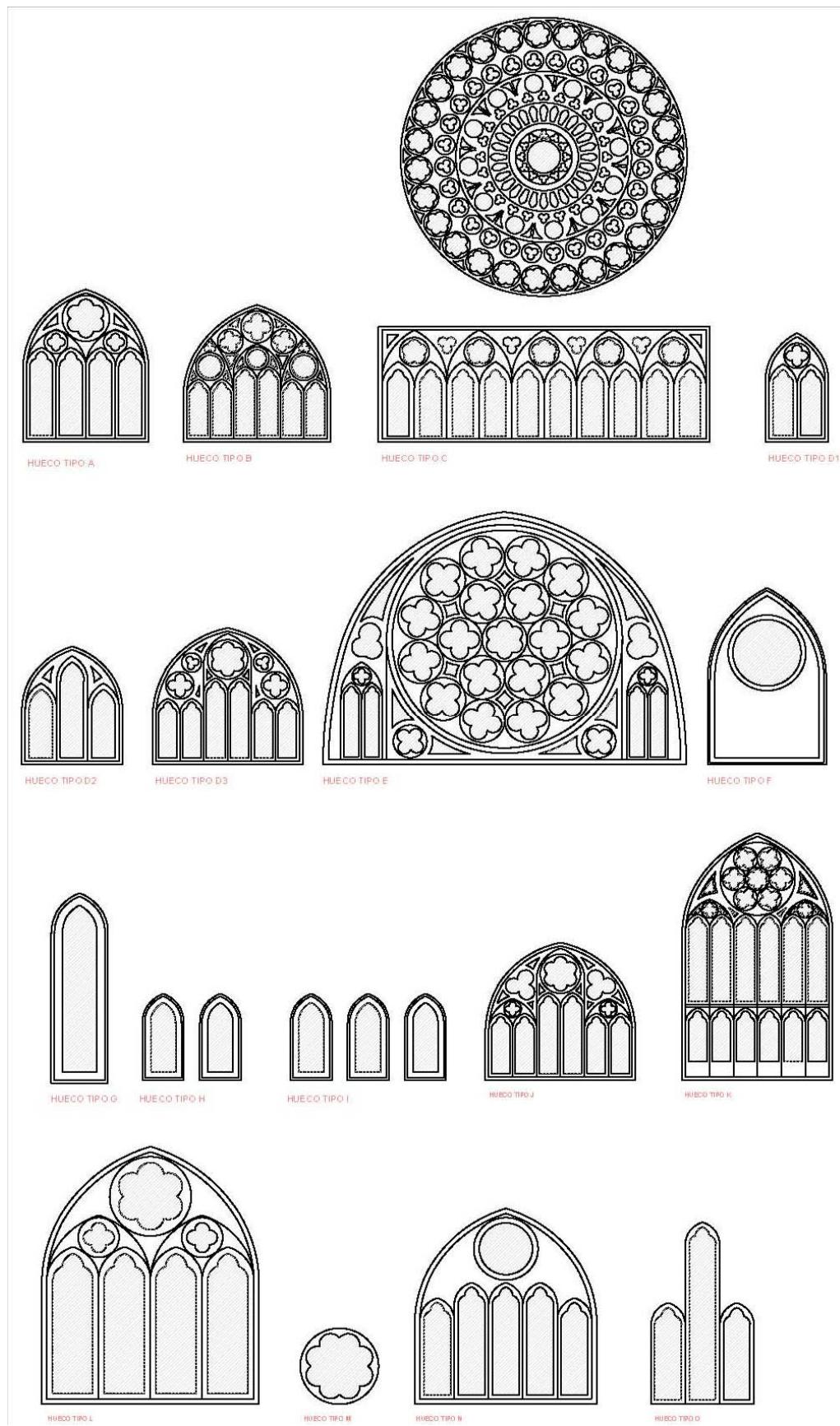


Fig. 6.128. Modelo 3D de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D:

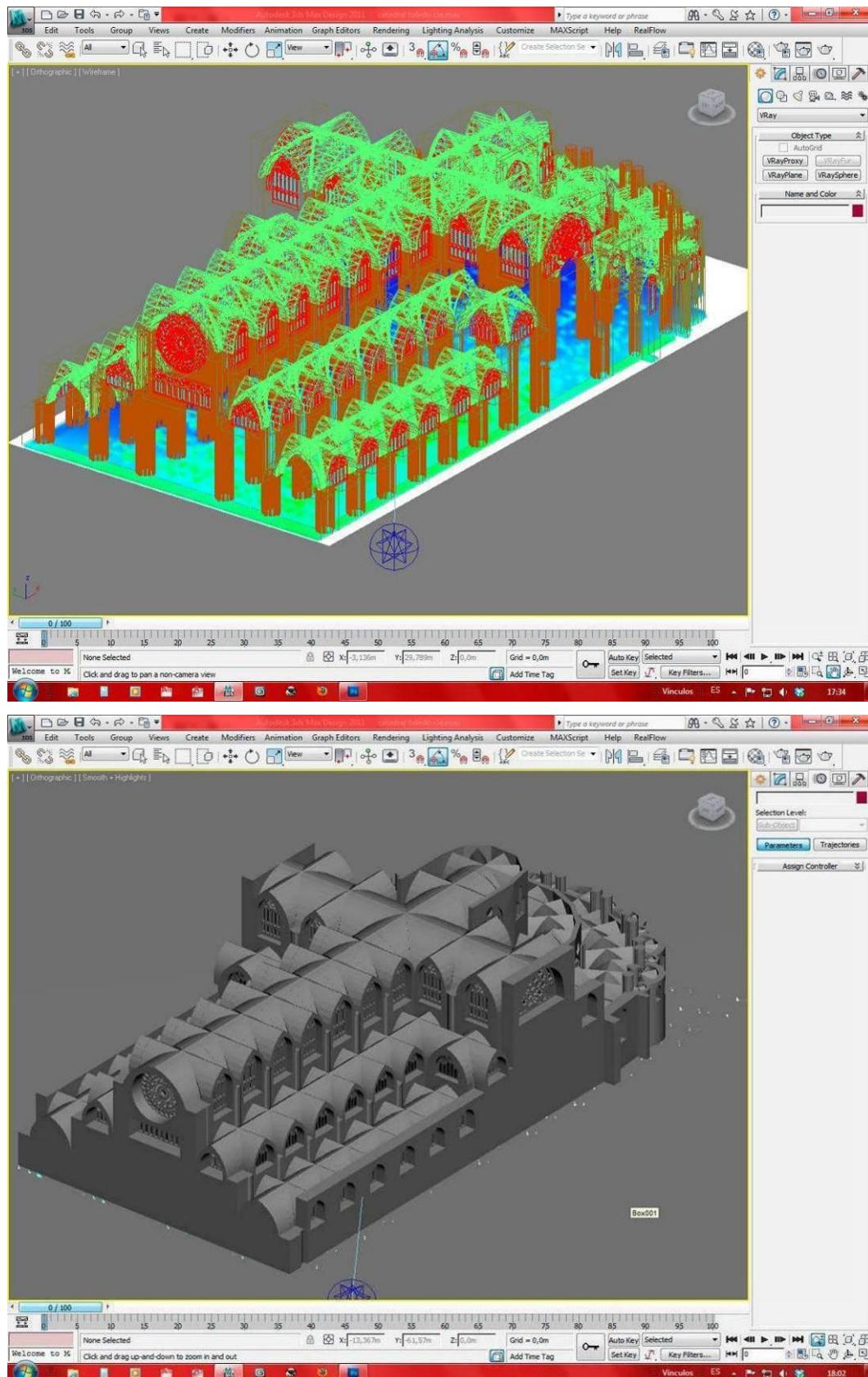


Fig. 6.129. Modelo 3D de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D Renderizado:

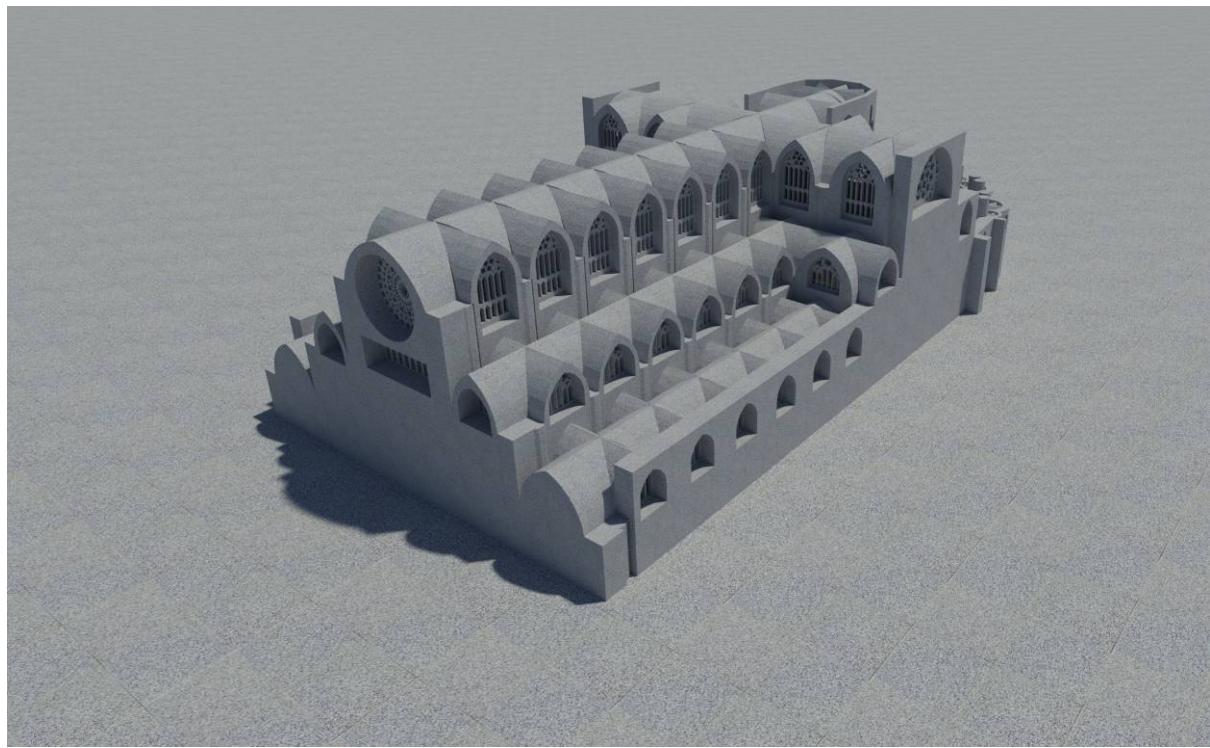


Fig. 6.130. Modelo 3D de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.4.3 CATEDRAL DE TOLEDO. ANÁLISIS DE LA SECCIÓN: FACTOR DE ESBELTEZ Y FACTOR DE TRANSPARENCIA.

Para establecer las relaciones volumétricas necesarias para comprender la influencia que la sección de la catedral tiene sobre la iluminación en su interior, hemos establecido un factor comparable entre todas las catedrales y es su **factor de esbeltez** de nave, que viene definido por la división de la anchura de vano de cada nave con respecto su altura, valores V y H.

En cuanto a las relaciones de apertura de vanos en los muros de cerramiento, el presente estudio analiza una crujía tipo de la catedral entre dos pilares consecutivos de un tramo de la nave central. De ella se extrae un valor comparable entre catedrales que divide la cantidad de vanos incluidos en el muro entre la cantidad de cerramiento macizo de la crujía, **factor de transparencia**.

En el caso de la catedral de Toledo, “*La disposición escalonada de sus cinco naves, proyectadas “ad triangulum”, permitió la apertura de vanos en tres niveles: nave central, naves laterales y capillas. Sin embargo, este escalonamiento no muestra en la nave central una gran diferencia de altura con respecto a las colaterales. En comparación con otras catedrales góticas del siglo XIII, el calaristorio de la nave central y del crucero se proyectó reducido en altura*”.<sup>194</sup>

En la catedral, y tal como describe Nieto “*aunque la proporción entre muro y vidriera se corresponde con las soluciones habituales del clasicismo gótico, los ventanales se apartan del principio de continuidad que crea el efecto de traslucidez del muro.*”<sup>195</sup> Lo cierto es que los ventanales de la catedral aparecen como piezas aisladas, manteniendo su condición de vano recortado en el muro, y alejado de las proporciones extremas de León y más aún de la Sainte Chapelle, tal como analizábamos en la descripción de ambos conjuntos de vidrieras.

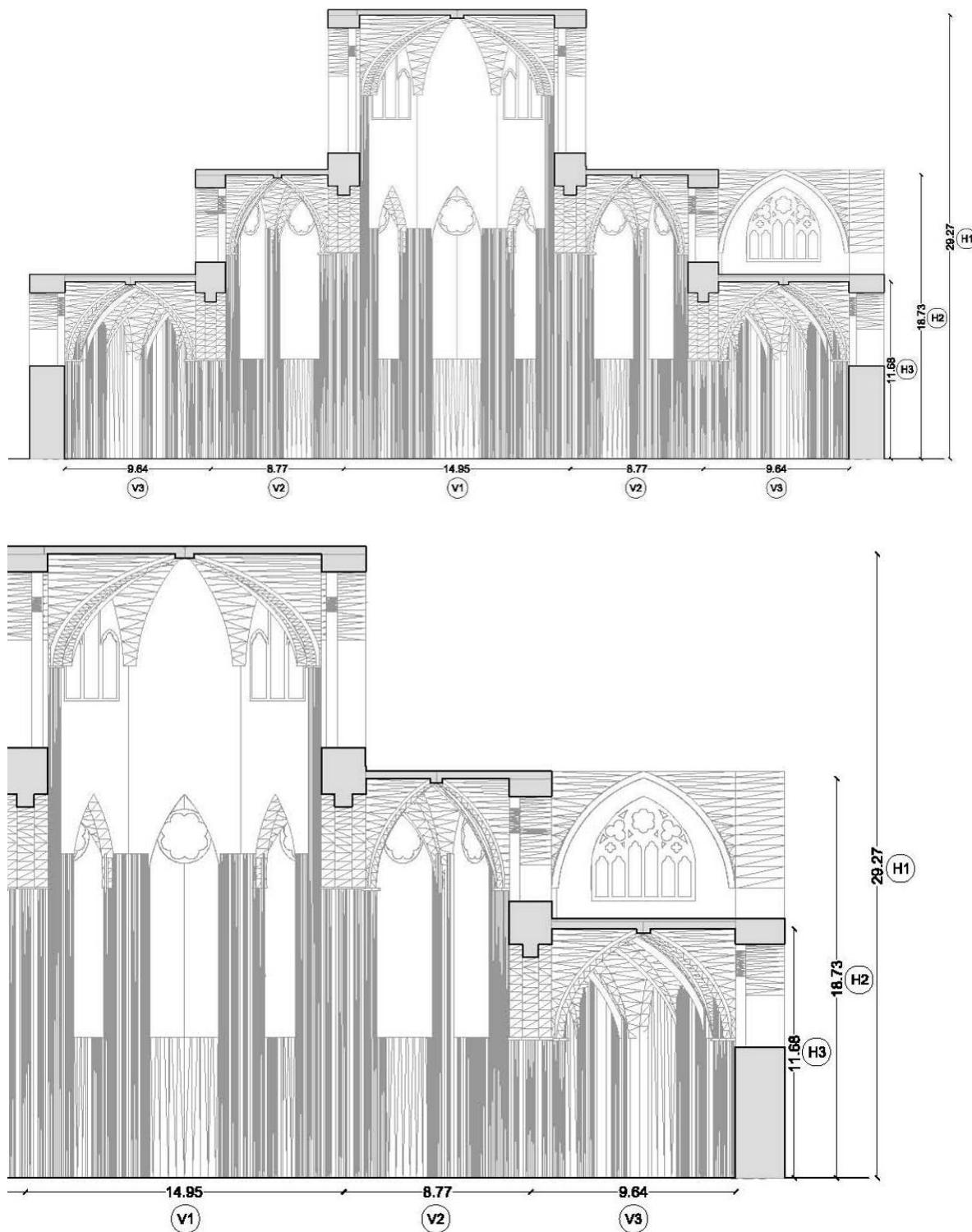
Los dibujos que demuestran estos dos factores son los que se muestran a continuación.

---

<sup>194</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270

<sup>195</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270

Factor de esbeltez:



NAVE CENTRAL 1: FACTOR DE ESBELTEZ (H1/V1);  $Fe1 = 1,96$

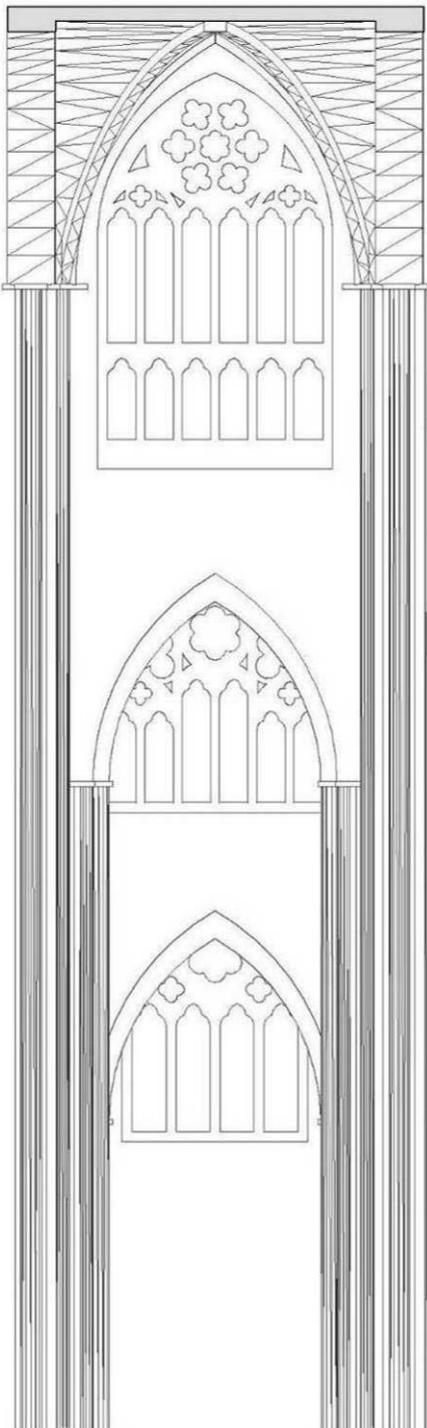
NAVE LATERAL 2: FACTOR DE ESBELTEZ (H2/V2);  $Fe2 = 2,14$

NAVE LATERAL 3: FACTOR DE ESBELTEZ (H3/V3);  $Fe3 = 1,21$

Fig. 6.131. Factores de esbeltez de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

Factor de transparencia:

RELACIÓN VANO / MURO.  
FACTOR DE TRANSPARENCIA



CRUJÍA DE LA CATEDRAL DE TOLEDO

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA DEL MURO (VANO/MURO)  $Ftm = 21,26$

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA TOTAL (VANO/VOLUMEN)  $FtT = 0,95$

Fig. 6.132. Factores de transparencia de la Catedral de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.4.4 CATEDRAL DE TOLEDO. OBTENCIÓN DE DATOS LUMÍNICOS.

Los datos obtenidos para la catedral en los distintos días del año son los que arroja el programa informático para cada punto censado y a las 4 horas del día.

Los valores obtenidos corresponden a una iluminación, tal como ya describimos, con cielo CIE, con valor de iluminación difusa correspondiente a la latitud en la que se encuentra la catedral y con un factor de filtrado del vidrio “a priori” del 40% para poder tener unos valores uniformes entre las distintas catedrales uniformes entre las distintas catedrales y poder compararlas entre sí.

Posteriormente, y para obtener datos ciertos de iluminación con las vidrieras que realmente existen que podamos **comparar con la iluminación actual de la catedral**, tomamos las medidas de ciertos puntos de la misma que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. Comparamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división nos facilita un **factor de escala** que equivale al **factor de filtrado** real de la luz por culpa de las vidrieras y que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor real de iluminación en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes: 28, 29, 30, 31, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50 y el factor de escala obtenido **0.019**.

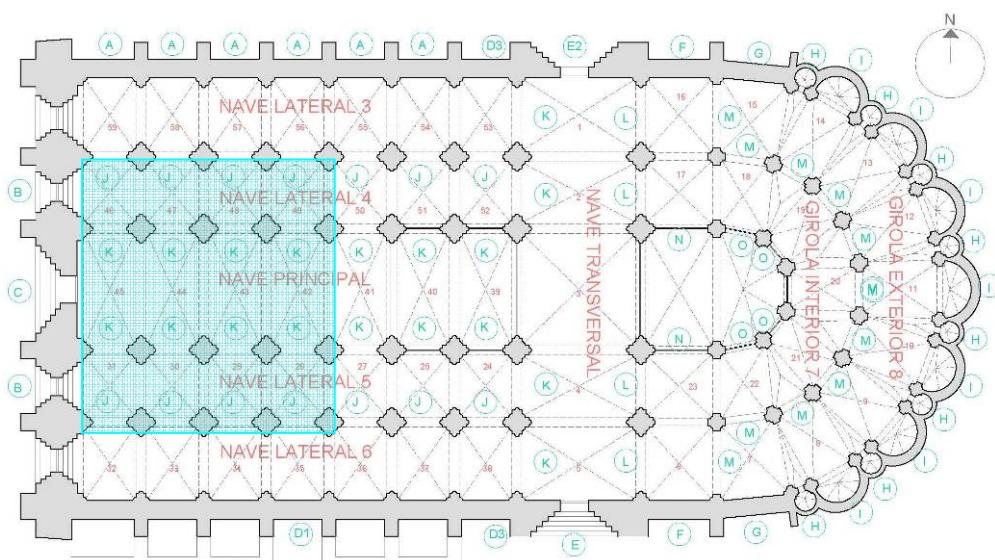


Fig. 6.133. Puntos estables de la catedral de Toledo, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina.

		21 MARZO 1600								
F.E 0,019	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	2008/160	12:00	2008/160	14:00	2008/160	16:00	2008/160	
	NAVE TRANS.L 2	1	151	2,87	136	2,58	137	2,60	125	2,38
		2	235	4,47	249	4,73	253	4,81	214	4,07
		3	226	4,29	244	4,64	238	4,52	186	3,53
		4	215	4,09	204	3,88	203	3,86	137	2,60
		5	176	3,34	199	3,78	206	3,91	139	2,64
	GIROLA EXTERIOR 8	6	244	4,64	263	5,00	223	4,24	114	2,17
		7	300	5,70	314	5,97	258	4,90	110	2,09
		8	310	5,89	319	6,06	265	5,04	102	1,94
		9	318	6,04	303	5,76	266	5,05	88	1,67
		10	313	5,95	289	5,49	225	4,28	76	1,44
		11	282	5,36	281	5,34	218	4,14	56	1,06
		12	265	5,04	274	5,21	182	3,46	44	0,84
		13	257	4,88	250	4,75	144	2,74	35	0,67
		14	241	4,58	228	4,33	129	2,45	37	0,70
	GIROLA INTERIOR 7	15	274	5,21	257	4,88	177	3,36	117	2,22
		16	257	4,88	244	4,64	198	3,76	155	2,95
		17	231	4,39	225	4,28	185	3,52	129	2,45
		18	289	5,49	270	5,13	209	3,97	147	2,79
		19	238	4,52	217	4,12	140	2,66	47	0,89
		20	267	5,07	247	4,69	180	3,42	58	1,10
		21	294	5,59	302	5,74	220	4,18	102	1,94
		22	309	5,87	282	5,36	221	4,20	86	1,63
		23	313	5,95	316	6,00	273	5,19	164	3,12
	NAVE 5	24	247	4,69	310	5,89	321	6,10	245	4,66
		25	218	4,14	306	5,81	297	5,64	203	3,86
		26	250	4,75	350	6,65	340	6,46	240	4,56
		27	331	6,29	401	7,62	382	7,26	270	5,13
		28	275	5,23	320	6,08	298	5,66	185	3,52
		29	360	6,84	399	7,58	380	7,22	264	5,02
		30	321	6,10	351	6,67	347	6,59	244	4,64
	NAVE 6 (SUR)	31	288	5,47	351	6,67	338	6,42	244	4,64
		32	238	4,52	300	5,70	310	5,89	200	3,80
		33	261	4,96	312	5,93	308	5,85	185	3,52
		34	285	5,42	331	6,29	323	6,14	188	3,57
		35	286	5,43	357	6,78	326	6,19	201	3,82
		36	283	5,38	331	6,29	301	5,72	205	3,90
		37	239	4,54	307	5,83	307	5,83	211	4,01
		38	197	3,74	263	5,00	280	5,32	201	3,82
	NAVE CENTRAL 1	39	175	3,33	232	4,41	219	4,16	124	2,36
		40	252	4,79	327	6,21	305	5,80	212	4,03
		41	190	3,61	257	4,88	233	4,43	126	2,39
		42	179	3,40	268	5,09	203	3,86	124	2,36
		43	180	3,42	236	4,48	208	3,95	133	2,53
		44	196	3,72	244	4,64	224	4,26	143	2,72
		45	157	2,98	236	4,48	225	4,28	192	3,65
	NAVE 4	46	97	1,84	142	2,70	172	3,27	185	3,52
		47	180	3,42	211	4,01	213	4,05	191	3,63
		48	104	1,98	139	2,64	132	2,51	114	2,17
		49	166	3,15	198	3,76	190	3,61	158	3,00
		50	144	2,74	184	3,50	179	3,40	139	2,64
		51	173	3,29	214	4,07	218	4,14	173	3,29
		52	225	4,28	258	4,90	269	5,11	225	4,28
	NAVE 3 (NORTE)	53	109	2,07	136	2,58	158	3,00	137	2,60
		54	78	1,48	137	2,60	154	2,93	121	2,30
		55	83	1,58	135	2,57	141	2,68	101	1,92
		56	164	3,12	216	4,10	212	4,03	177	3,36
		57	93	1,77	136	2,58	130	2,47	101	1,92
		58	93	1,77	135	2,57	141	2,68	118	2,24
		59	87	1,65	132	2,51	163	3,10	147	2,79

Fig. 6.134. Valores de iluminación de la catedral de Toledo. 21 de marzo de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 JUNIO 1600										
F.E 0,019	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	2008/160	12:00	2008/160	14:00	2008/160	16:00	2008/160	
	NAVE TRANS.L 2	1	227	4,31	206	3,91	207	3,93	152	2,89
		2	311	5,91	310	5,89	304	5,78	254	4,83
		3	276	5,24	287	5,45	275	5,23	214	4,07
		4	210	3,99	233	4,43	221	4,20	155	2,95
		5	207	3,93	229	4,35	216	4,10	147	2,79
	GIROLA EXTERIOR 8	6	294	5,59	291	5,53	230	4,37	130	2,47
		7	348	6,61	355	6,75	292	5,55	145	2,76
		8	347	6,59	370	7,03	315	5,99	146	2,77
		9	339	6,44	363	6,90	320	6,08	139	2,64
		10	320	6,08	319	6,06	270	5,13	119	2,26
		11	331	6,29	346	6,57	290	5,51	118	2,24
		12	341	6,48	353	6,71	292	5,55	134	2,55
		13	347	6,59	349	6,63	284	5,40	144	2,74
		14	347	6,59	338	6,42	273	5,19	150	2,85
		15	388	7,37	367	6,97	306	5,81	200	3,80
		16	367	6,97	341	6,48	292	5,55	218	4,14
	GIROLA INTERIOR 7	17	326	6,19	308	5,85	263	5,00	186	3,53
		18	388	7,37	355	6,75	304	5,78	215	4,09
		19	321	6,10	282	5,36	231	4,39	115	2,19
		20	316	6,00	299	5,68	245	4,66	109	2,07
		21	341	6,48	314	5,97	265	5,04	117	2,22
		22	315	5,99	316	6,00	266	5,05	127	2,41
		23	341	6,48	347	6,59	293	5,57	191	3,63
	NAVE 5	24	262	4,98	336	6,38	342	6,50	257	4,88
		25	239	4,54	312	5,93	306	5,81	216	4,10
		26	250	4,75	250	4,75	330	6,27	250	4,75
		27	348	6,61	399	7,58	377	7,16	283	5,38
		28	292	5,55	331	6,29	301	5,72	198	3,76
		29	375	7,13	416	7,90	384	7,30	277	5,26
		30	335	6,37	376	7,14	352	6,69	256	4,86
		31	305	5,80	354	6,73	337	6,40	266	5,05
	NAVE 6 (SUR)	32	274	5,21	323	6,14	324	6,16	239	4,54
		33	313	5,95	350	6,65	335	6,37	225	4,28
		34	335	6,37	378	7,18	342	6,50	225	4,28
		35	332	6,31	377	7,16	348	6,61	237	4,50
		36	312	5,93	356	6,76	336	6,38	241	4,58
		37	270	5,13	332	6,31	337	6,40	243	4,62
		38	218	4,14	280	5,32	301	5,72	214	4,07
	NAVE CENTRAL 1	39	187	3,55	229	4,35	222	4,22	166	3,15
		40	275	5,23	320	6,08	307	5,83	253	4,81
		41	199	3,78	239	4,54	223	4,24	170	3,23
		42	203	3,86	233	4,43	217	4,12	163	3,10
		43	200	3,80	232	4,41	219	4,16	166	3,15
		44	198	3,76	225	4,28	216	4,10	177	3,36
		45	187	3,55	211	4,01	214	4,07	181	3,44
	NAVE 4	46	178	3,38	205	3,90	220	4,18	214	4,07
		47	258	4,90	284	5,40	281	5,34	274	5,21
		48	191	3,63	228	4,33	212	4,03	204	3,88
		49	244	4,64	289	5,49	279	5,30	272	5,17
		50	226	4,29	275	5,23	274	5,21	263	5,00
		51	242	4,60	303	5,76	305	5,80	296	5,62
		52	288	5,47	339	6,44	345	6,56	327	6,21
		53	189	3,59	236	4,48	260	4,94	215	4,09
		54	200	3,80	262	4,98	281	5,34	239	4,54
		55	214	4,07	275	5,23	281	5,34	246	4,67
		56	298	5,66	366	6,95	356	6,76	327	6,21
		57	228	4,33	275	5,23	261	4,96	241	4,58
		58	219	4,16	260	4,94	249	4,73	229	4,35
	NAVE 3 (NORTE)	59	193	3,67	241	4,58	249	4,73	239	4,54

Fig. 6.135. Valores de iluminación de la catedral de Toledo. 21 de junio de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 SEPTIEMBRE 1600								
F.E 0,019	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	2008/160	12:00	2008/160	14:00	2008/160	16:00
1	131	2,49	129	2,45	141	2,68	134	2,55
2	253	4,81	245	4,66	255	4,85	227	4,31
3	240	4,56	247	4,69	241	4,58	183	3,48
4	190	3,61	215	4,09	204	3,88	133	2,53
5	188	3,57	216	4,10	204	3,88	181	3,44
6	254	4,83	263	5,00	210	3,99	107	2,03
7	300	5,70	311	5,91	247	4,69	103	1,96
8	337	6,40	330	6,27	261	4,96	89	1,69
9	308	5,85	318	6,04	257	4,88	71	1,35
10	309	5,87	300	5,70	219	4,16	67	1,27
11	293	5,57	289	5,49	200	3,80	42	0,80
12	280	5,32	267	5,07	168	3,19	33	0,63
13	270	5,13	241	4,58	137	2,60	25	0,48
14	253	4,81	218	4,14	122	2,32	29	0,55
15	290	5,51	248	4,71	175	3,33	99	1,88
16	268	5,09	235	4,47	202	3,84	163	3,10
17	251	4,77	223	4,24	186	3,53	130	2,47
18	303	5,76	268	5,09	209	3,97	146	2,77
19	280	5,32	220	4,18	135	2,57	76	1,44
20	279	5,30	257	4,88	175	3,33	49	0,93
21	317	6,02	314	5,97	211	4,01	62	1,18
22	300	5,70	296	5,62	213	4,05	78	1,48
23	319	6,06	323	6,14	259	4,92	159	3,02
24	261	4,96	318	6,04	319	6,06	252	4,79
25	231	4,39	302	5,74	283	5,38	228	4,33
26	260	4,94	380	7,22	320	6,08	240	4,56
27	342	6,50	407	7,73	359	6,82	253	4,81
28	278	5,28	329	6,25	285	5,42	171	3,25
29	367	6,97	401	7,62	368	6,99	251	4,77
30	326	6,19	351	6,67	332	6,31	245	4,66
31	299	5,68	333	6,33	336	6,38	252	4,79
32	252	4,79	294	5,59	296	5,62	193	3,67
33	276	5,24	306	5,81	288	5,47	174	3,31
34	321	6,10	346	6,57	312	5,93	204	3,88
35	298	5,66	329	6,25	324	6,16	183	3,48
36	293	5,57	325	6,18	299	5,68	182	3,46
37	248	4,71	320	6,08	297	5,64	191	3,63
38	204	3,88	285	5,42	277	5,26	188	3,57
39	188	3,57	197	3,74	196	3,72	138	2,62
40	264	5,02	301	5,72	296	5,62	204	3,88
41	216	4,10	244	4,64	225	4,28	117	2,22
42	198	3,76	215	4,09	193	3,67	115	2,19
43	188	3,57	214	4,07	196	3,72	126	2,39
44	201	3,82	215	4,09	203	3,86	186	3,53
45	183	3,48	186	3,53	209	3,97	177	3,36
46	137	2,60	135	2,57	177	3,36	179	3,40
47	191	3,63	207	3,93	211	4,01	203	3,86
48	120	2,28	138	2,62	129	2,45	126	2,39
49	184	3,50	200	3,80	193	3,67	163	3,10
50	164	3,12	185	3,52	186	3,53	137	2,60
51	187	3,55	212	4,03	221	4,20	175	3,33
52	234	4,45	255	4,85	271	5,15	227	4,31
53	125	2,38	131	2,49	165	3,14	119	2,26
54	100	1,90	136	2,58	158	3,00	115	2,19
55	103	1,96	140	2,66	147	2,79	106	2,01
56	189	3,59	221	4,20	214	4,07	180	3,42
57	116	2,20	138	2,62	129	2,45	104	1,98
58	112	2,13	137	2,60	138	2,62	120	2,28
59	107	2,03	133	2,53	160	3,04	148	2,81

Fig. 6.136. Valores de iluminación de la catedral de Toledo. 21 de septiembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

21 DICIEMBRE 1600									
F.E 0,019	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	2008/160	12:00	2008/160	14:00	2008/160	16:00	2008/160
1	95	1,81	114	2,17	98	1,86	28	0,53	
2	191	3,63	195	3,71	200	3,80	141	2,68	
3	189	3,59	196	3,72	188	3,57	142	2,70	
4	136	2,58	153	2,91	177	3,36	141	2,68	
5	139	2,64	155	2,95	152	2,89	116	2,20	
6	219	4,16	194	3,69	160	3,04	96	1,82	
7	250	4,75	228	4,33	178	3,38	90	1,71	
8	265	5,04	231	4,39	180	3,42	69	1,31	
9	269	5,11	261	4,96	167	3,17	49	0,93	
10	253	4,81	219	4,16	155	2,95	46	0,87	
11	182	3,46	179	3,40	120	2,28	21	0,40	
12	169	3,21	152	2,89	92	1,75	15	0,29	
13	131	2,49	124	2,36	58	1,10	9	0,17	
14	114	2,17	94	1,79	38	0,72	6	0,11	
15	156	2,96	141	2,68	91	1,73	68	1,29	
16	160	3,04	231	4,39	134	2,55	100	1,90	
17	168	3,19	170	3,23	119	2,26	87	1,65	
18	215	4,09	201	3,82	150	2,85	111	2,11	
19	161	3,06	173	3,29	75	1,43	20	0,38	
20	178	3,38	171	3,25	113	2,15	25	0,48	
21	274	5,21	237	4,50	161	3,06	70	1,33	
22	279	5,30	212	4,03	151	2,87	57	1,08	
23	268	5,09	254	4,83	216	4,10	144	2,74	
24	201	3,82	293	5,57	270	5,13	210	3,99	
25	185	3,52	277	5,26	275	5,23	163	3,10	
26	298	5,66	310	5,89	310	5,89	210	3,99	
27	288	5,47	330	6,27	337	6,40	236	4,48	
28	274	5,21	279	5,30	255	4,85	148	2,81	
29	331	6,29	340	6,46	324	6,16	240	4,56	
30	290	5,51	281	5,34	299	5,68	204	3,88	
31	273	5,19	275	5,23	273	5,19	206	3,91	
32	234	4,45	216	4,10	218	4,14	146	2,77	
33	256	4,86	221	4,20	268	5,09	138	2,62	
34	277	5,26	268	5,09	299	5,68	175	3,33	
35	262	4,98	226	4,29	287	5,45	194	3,69	
36	235	4,47	269	5,11	291	5,53	154	2,93	
37	202	3,84	230	4,37	255	4,85	167	3,17	
38	180	3,42	205	3,90	245	4,66	165	3,14	
39	133	2,53	213	4,05	169	3,21	102	1,94	
40	233	4,43	286	5,43	258	4,90	192	3,65	
41	175	3,33	241	4,58	202	3,84	109	2,07	
42	180	3,42	231	4,39	209	3,97	123	2,34	
43	158	3,00	203	3,86	178	3,38	137	2,60	
44	200	3,80	215	4,09	206	3,91	120	2,28	
45	178	3,38	204	3,88	178	3,38	177	3,36	
46	107	2,03	152	2,89	122	2,32	144	2,74	
47	151	2,87	186	3,53	174	3,31	151	2,87	
48	88	1,67	138	2,62	84	1,60	59	1,12	
49	140	2,66	191	3,63	155	2,95	122	2,32	
50	122	2,32	174	3,31	129	2,45	92	1,75	
51	143	2,72	182	3,46	168	3,19	122	2,32	
52	192	3,65	227	4,31	218	4,14	167	3,17	
53	75	1,43	131	2,49	46	0,87	23	0,44	
54	27	0,51	104	1,98	37	0,70	21	0,40	
55	25	0,48	89	1,69	34	0,65	20	0,38	
56	104	1,98	132	2,51	111	2,11	98	1,86	
57	24	0,46	98	1,86	44	0,84	30	0,57	
58	26	0,49	60	1,14	61	1,16	50	0,95	
59	32	0,61	68	1,29	82	1,56	80	1,52	

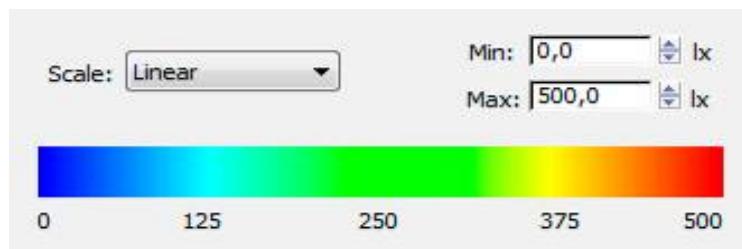
Fig. 6.137. Valores de iluminación de la catedral de Toledo. 21 de diciembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.4.5 CATEDRAL DE TOLEDO. TRASLACIÓN DE DATOS A GRÁFICAS LUMÍNICAS: ILUMINACIÓN INDIRECTA.

La aplicación del programa informático sobre el modelo en 3D de la catedral original gótica nos permite obtener, además de valores puntuales en cada punto censado, unas interesantes gráficas de color que representan la iluminación general de la catedral en un momento dado, pudiendo establecer un análisis a simple vista de lo que ocurre en cada lugar de la misma.

En este caso no se toman los valores "escalados" de iluminación sino los correspondientes a la aplicación del programa con el vidrio "tipo", con la selección de un vidrio translúcido igual para todas las catedrales, para de ese modo poder posteriormente compararlas entre sí.

Para la catedral de Toledo se ha tomado una escala de graduación de color que va desde los 0 luxes y los 500 luxes. (Fig. 6.138)

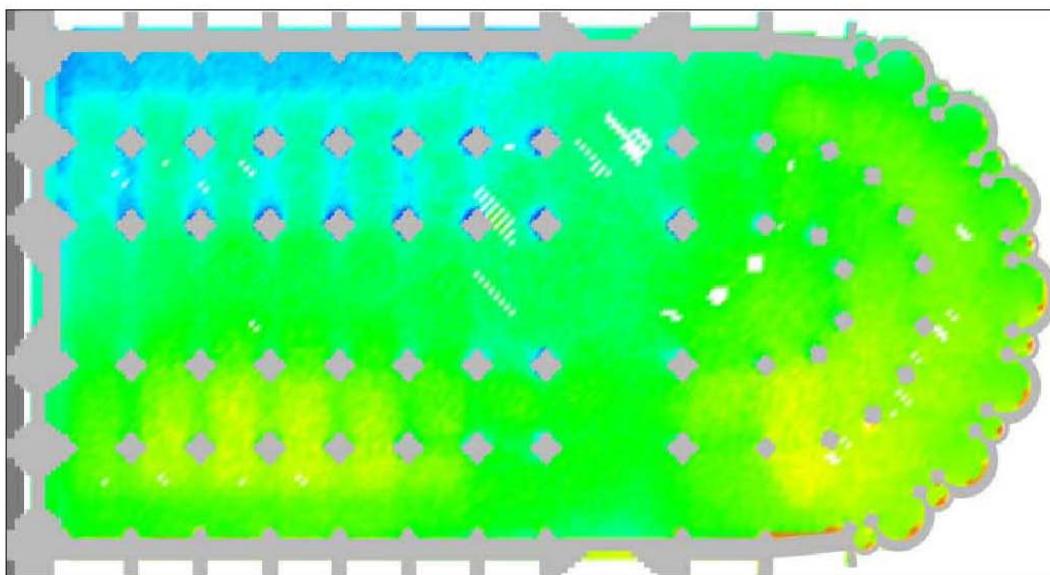
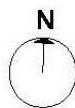


F. 6.138. Gradiente de color utilizado para la catedral de Toledo.

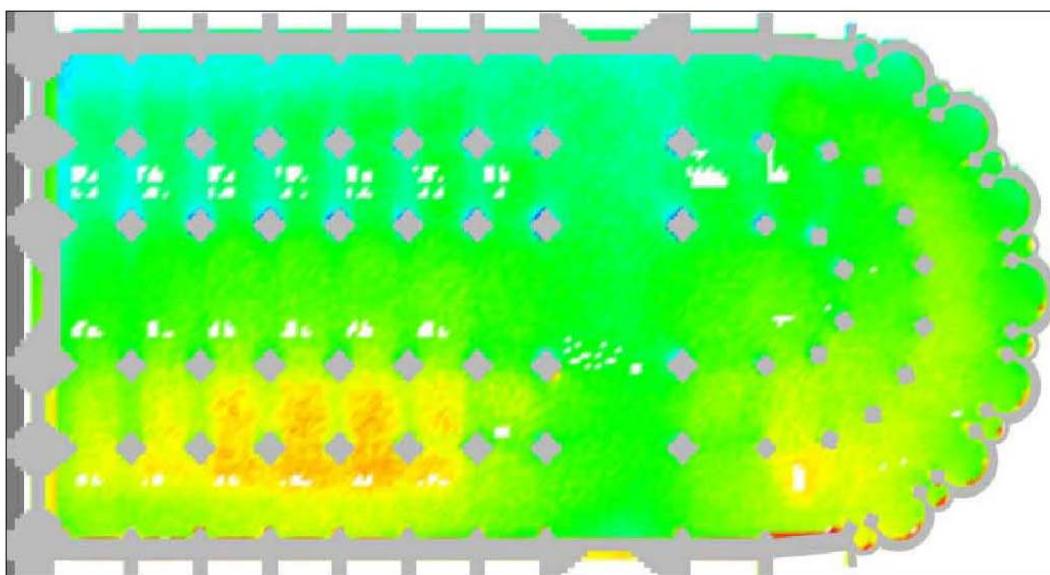
Las gráficas lumínicas resultantes para los cuatro días del año y las cuatro horas del día son las siguientes:

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

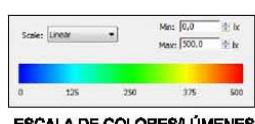


PLANTA 10:00

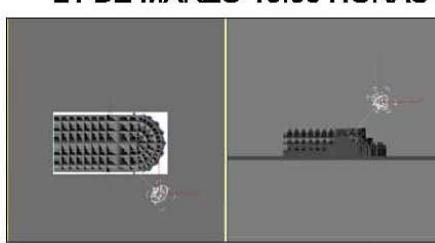


PLANTA 12:00

21 DE MARZO 10:00 HORAS

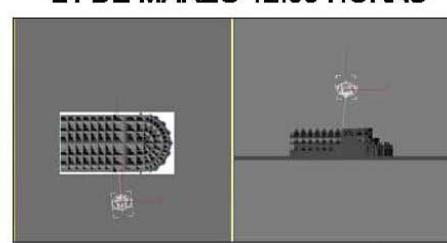


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



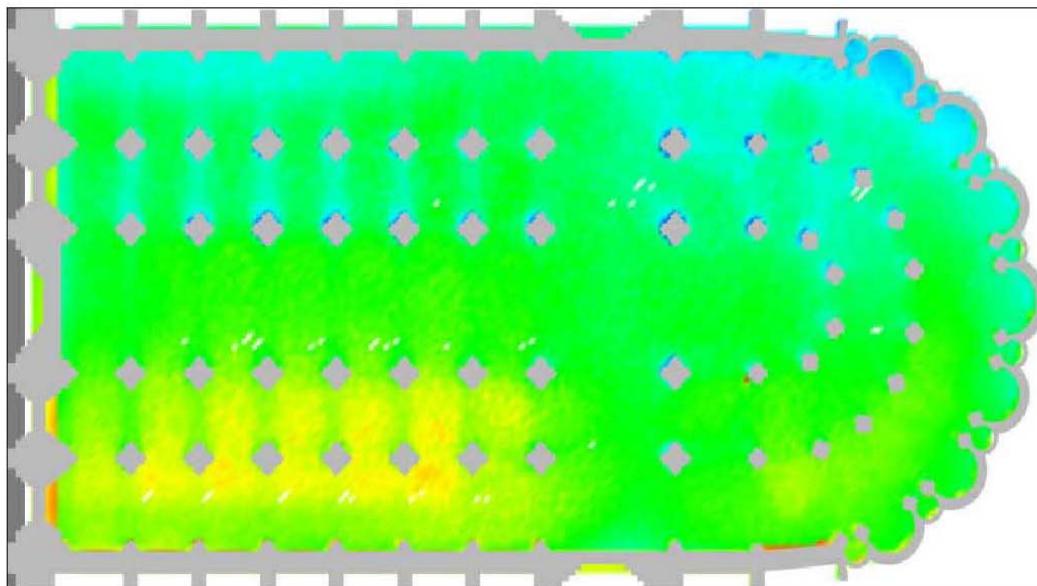
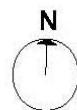
SITUACIÓN SOLAR

21 DE MARZO 12:00 HORAS

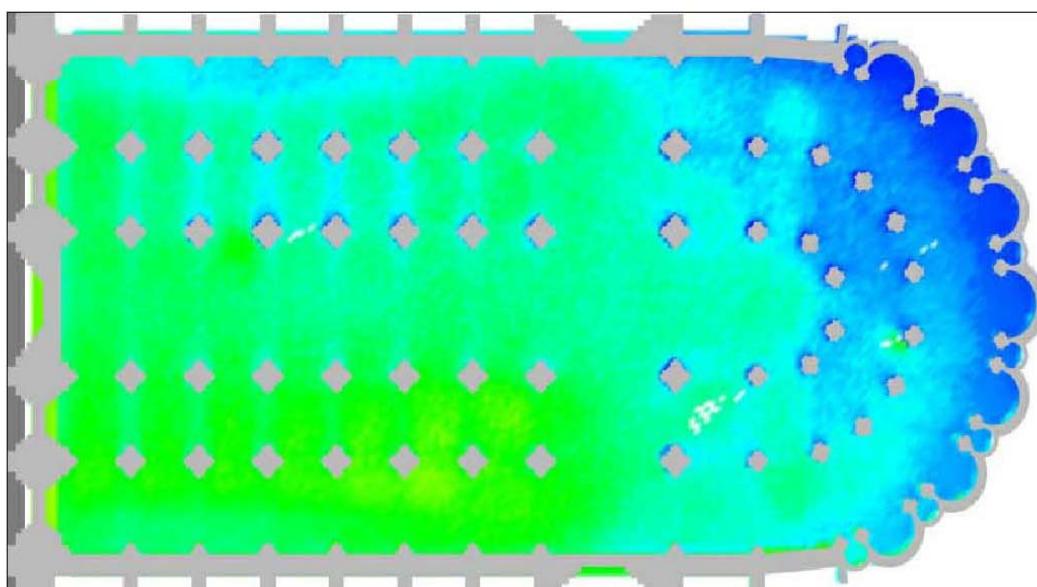


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

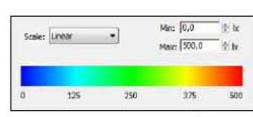


PLANTA 14:00

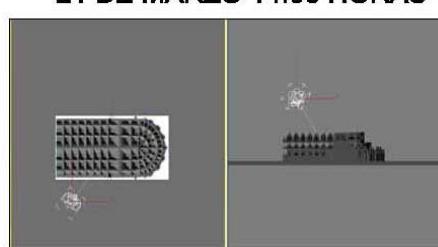


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

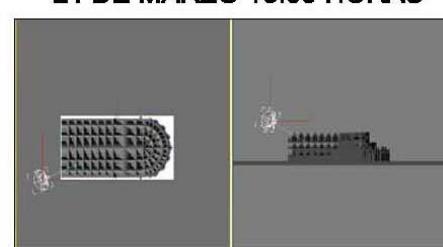


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

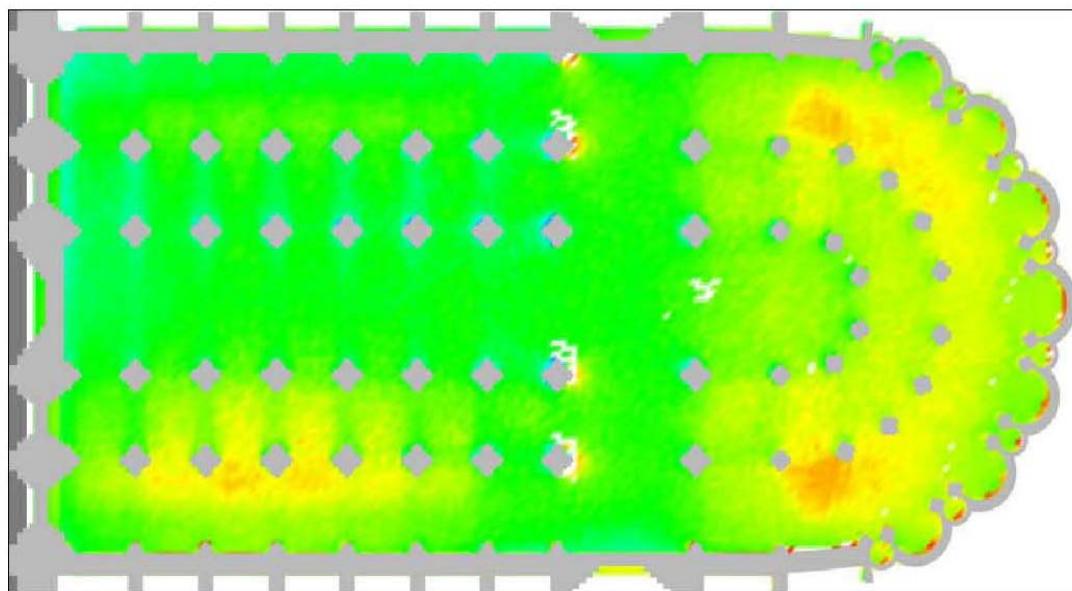
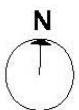
21 DE MARZO 16:00 HORAS



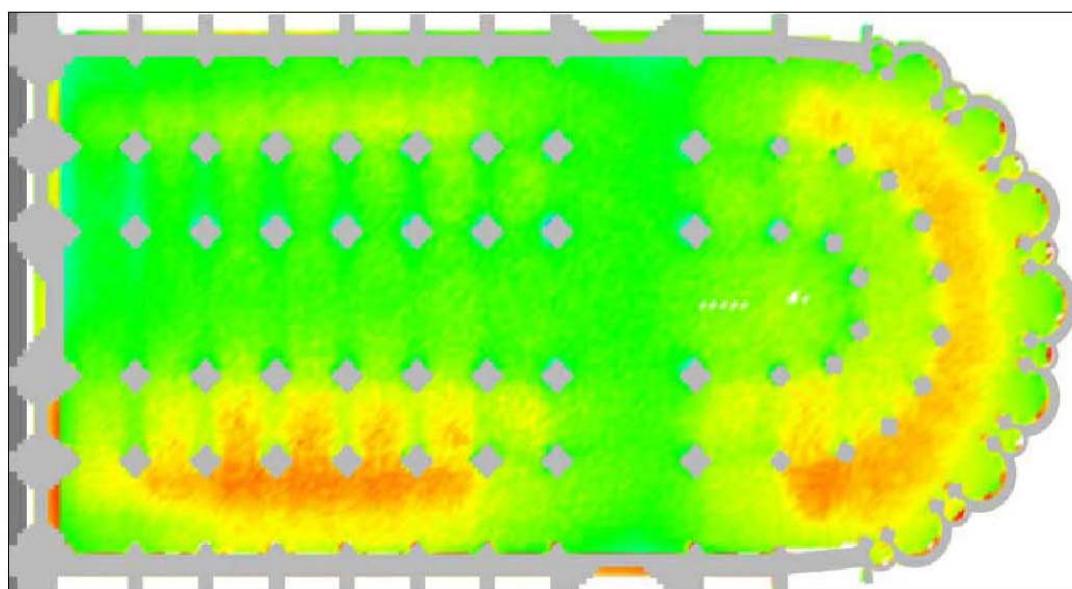
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

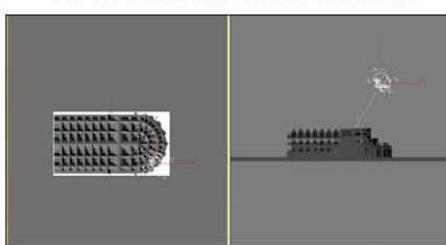
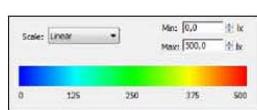


PLANTA 10:00



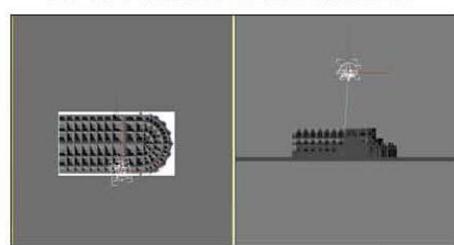
PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

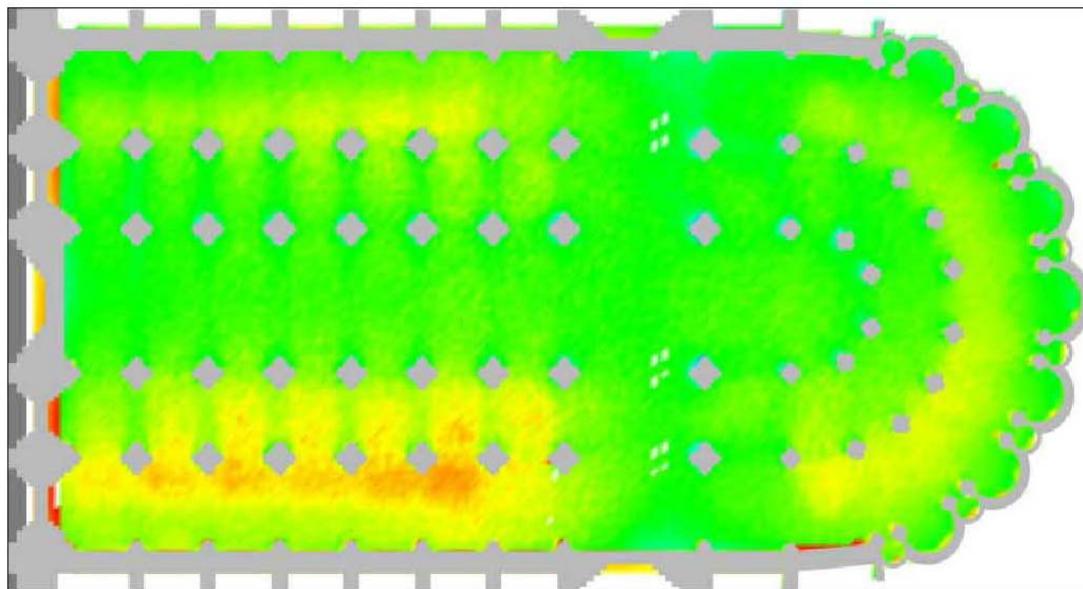
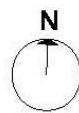
21 DE JUNIO 12:00 HORAS



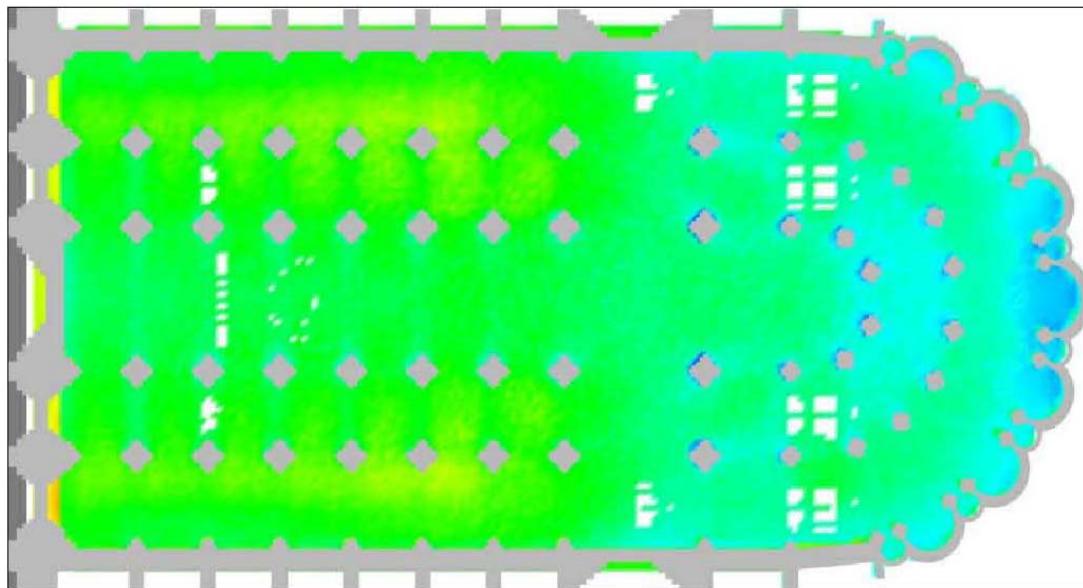
SITUACIÓN SOLAR

ESCALA DE COLORES/LÚMENES

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600



PLANTA 14:00

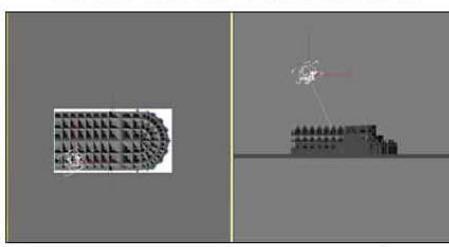


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

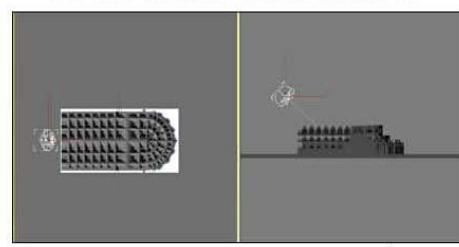


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



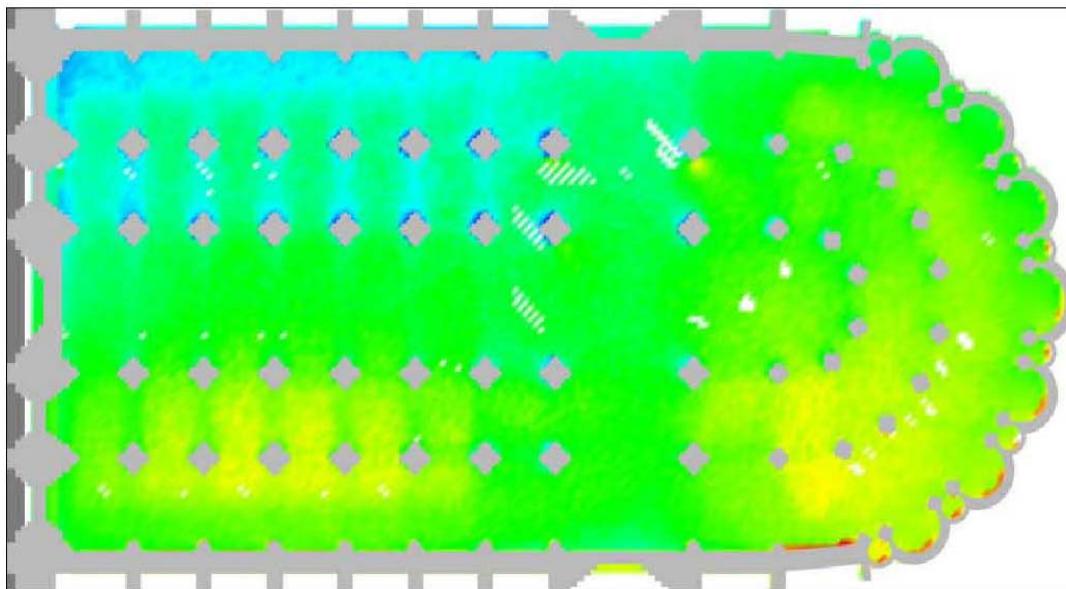
SITUACIÓN SOLAR

21 DE JUNIO 16:00 HORAS

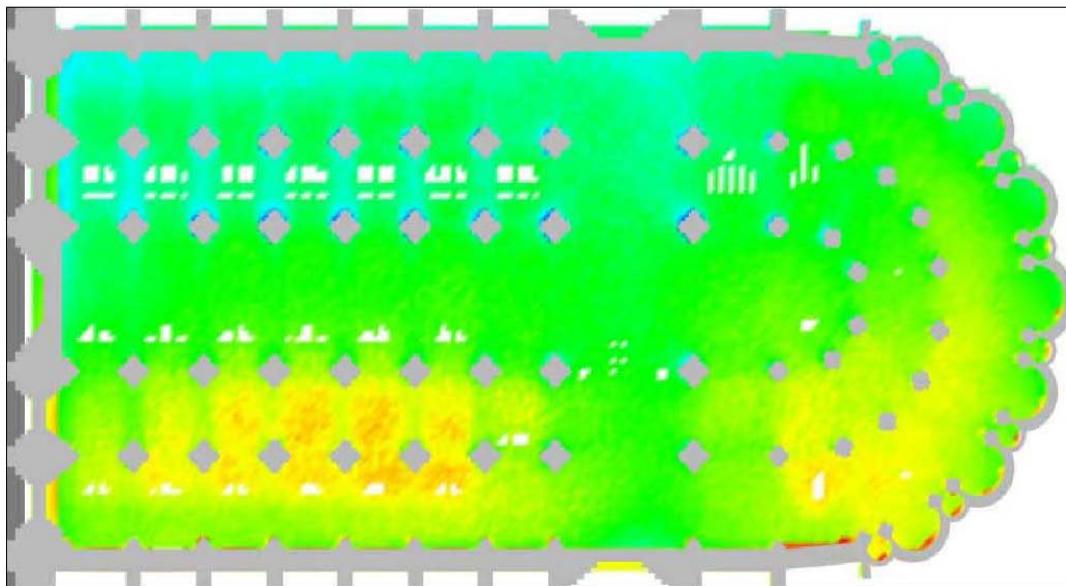


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

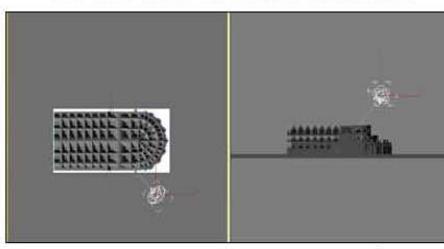
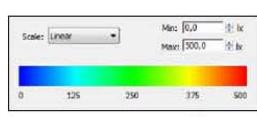


PLANTA 10:00



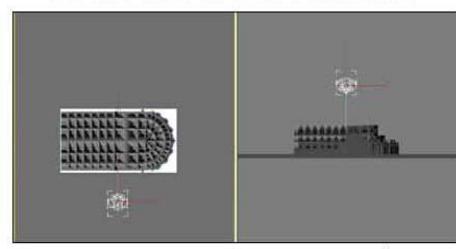
PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

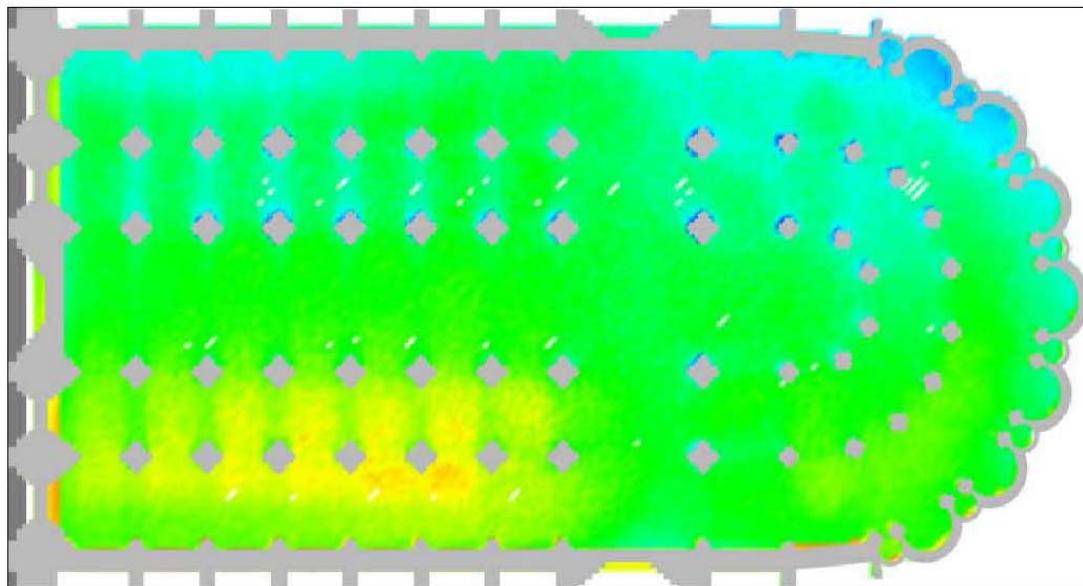
21 DE SEPT. 12:00 HORAS



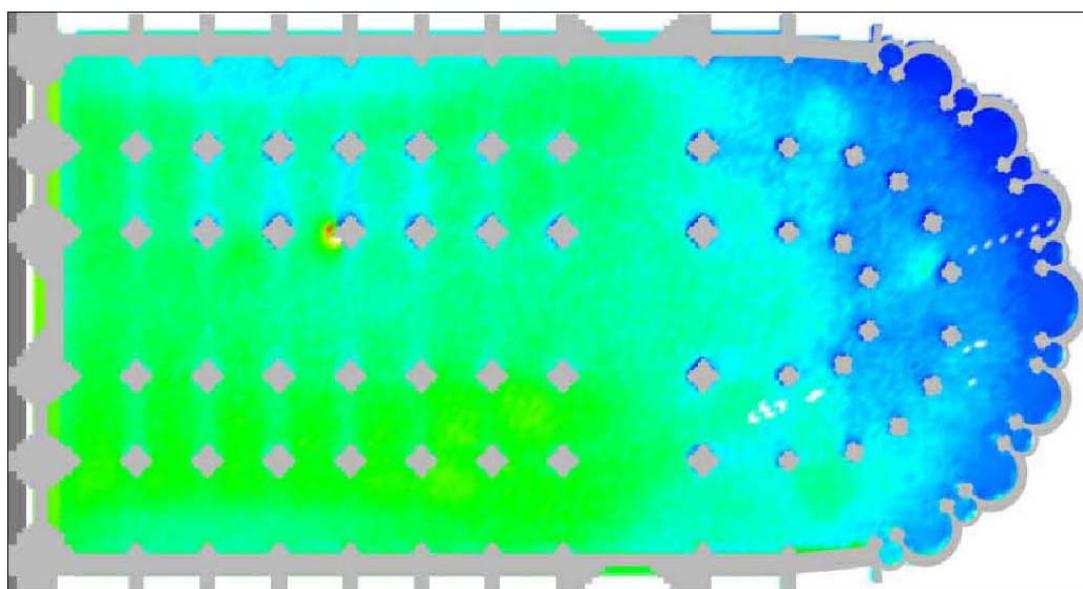
SITUACIÓN SOLAR

ESCALA DE COLORES/LÚMENES

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

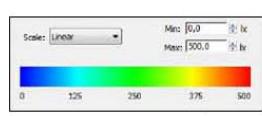


PLANTA 14:00

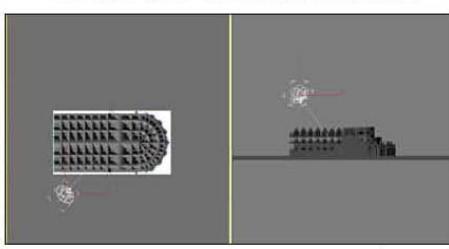


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

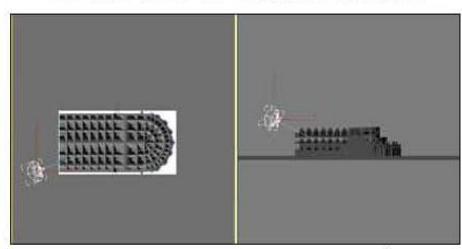


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



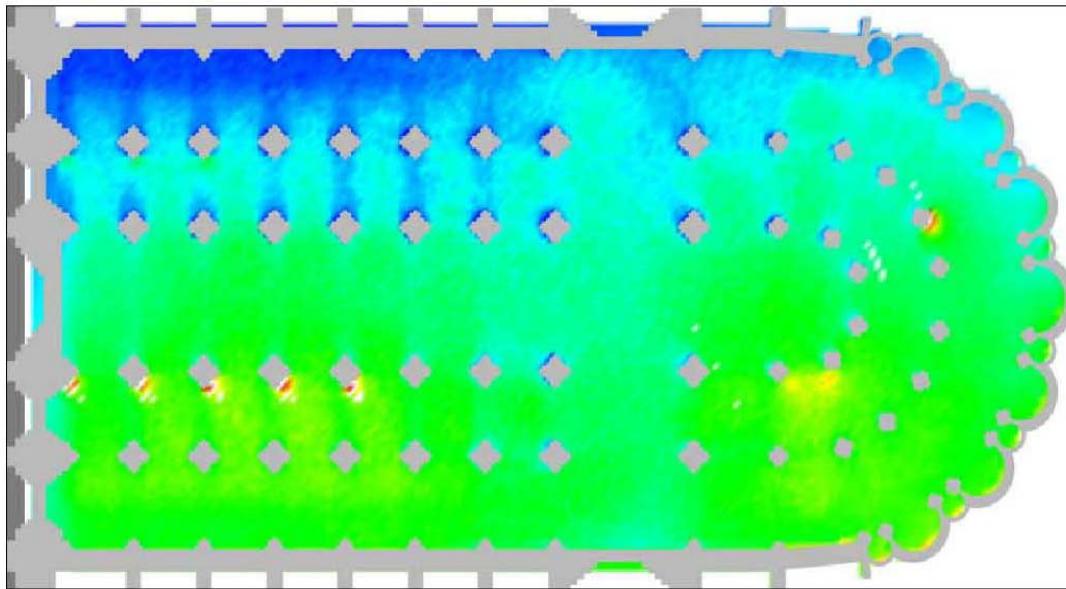
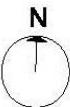
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 16:00 HORAS

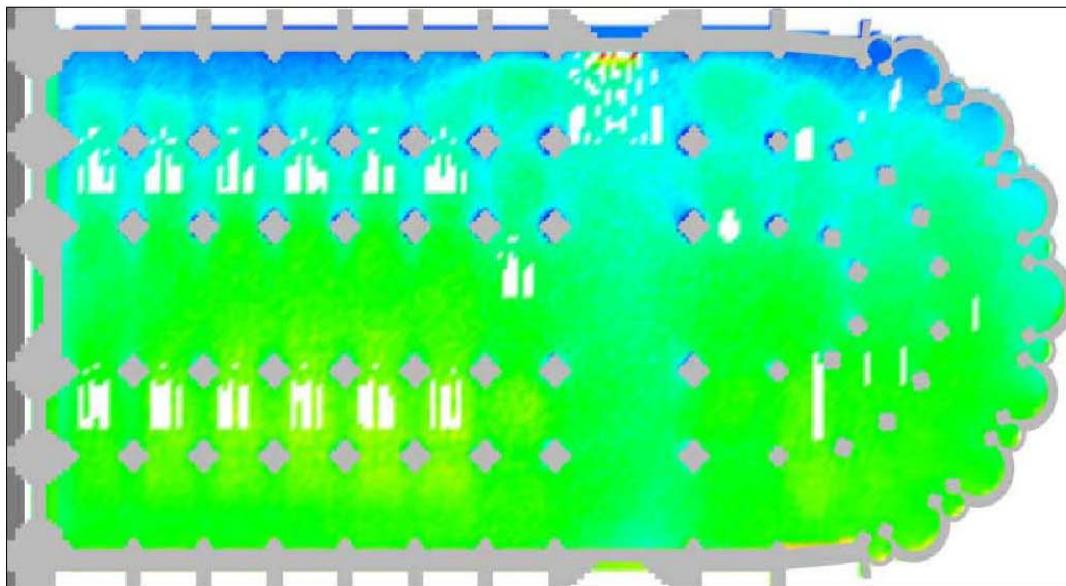


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

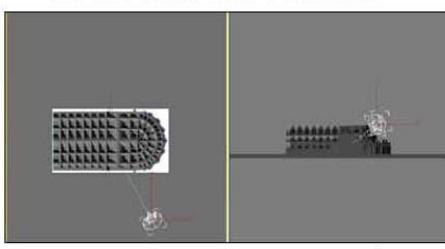


PLANTA 10:00



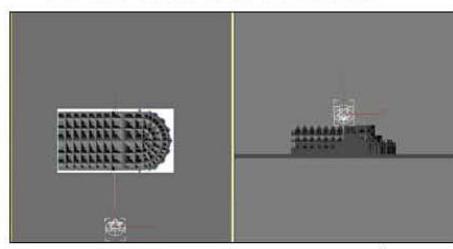
PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS



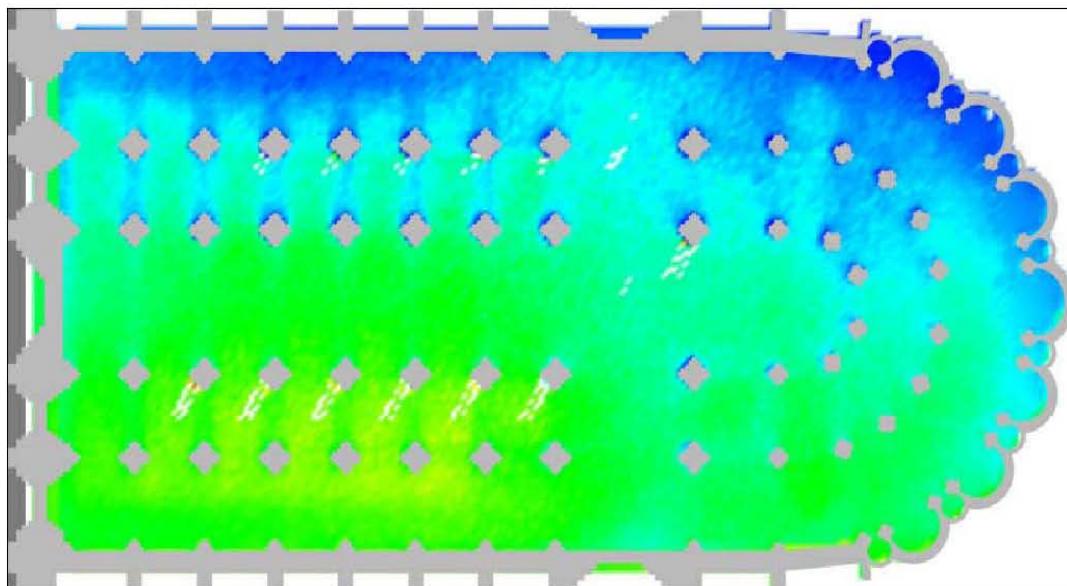
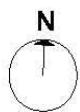
SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 12:00 HORAS

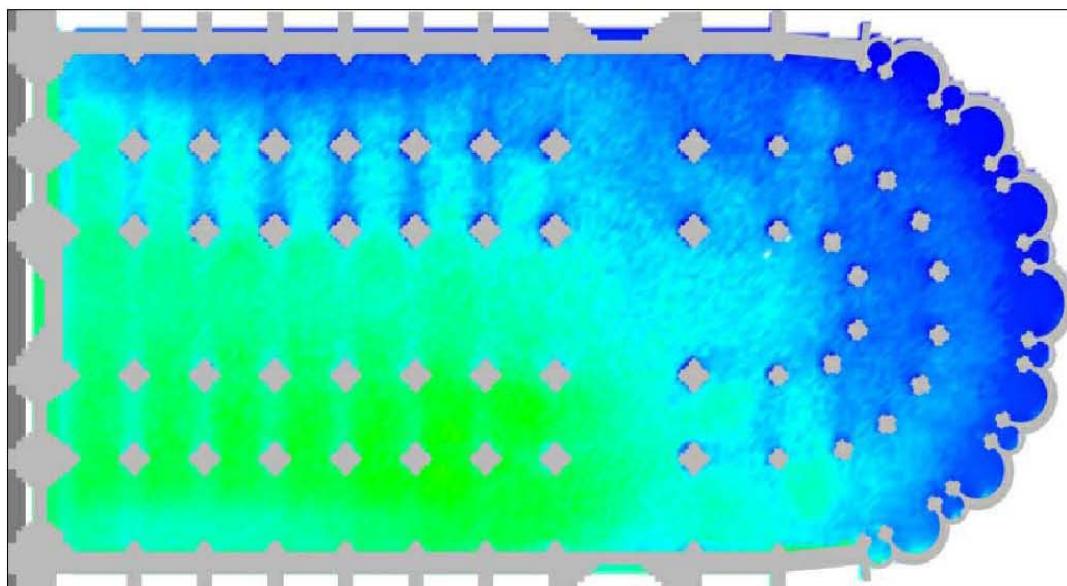


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

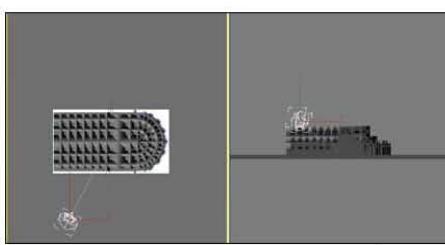


PLANTA 14:00



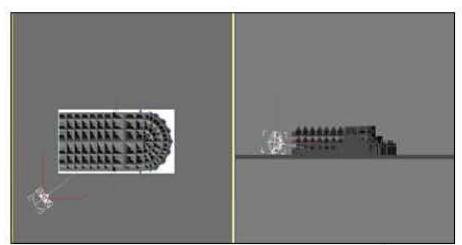
PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

#### 6.4.6 CATEDRAL DE TOLEDO. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN GENERAL DE LA CATEDRAL. ILUMINACIÓN INDIRECTA.

En este apartado estudiaremos los valores numéricos obtenidos en los distintos puntos de la catedral con su factor de escalado y las gráficas que se han extractado a partir de estos para, de ese modo, poder analizar de manera pormenorizada la iluminación en cada nave de la catedral y la comparación entre estas.

##### 6.4.6.1 NAVE CENTRAL.

Nave de iluminación constante en primavera, verano y otoño en lo referente a la iluminación general por punto a lo largo del día, sobre todo entre las 10:00 y las 14:00 horas con valores en primavera entre 3.61 y 4,39 luxes de media entre los distintos puntos de la nave, mientras que sufre un leve descenso de iluminación a las 16:00 con un valor medio de iluminación por punto de 2.86 luxes.

En verano se repite el esquema general de iluminación de primavera, pero en este caso los valores de las 16:00 horas se acercan a los de las 10:00 de la mañana mientras que los de las 12:00 y las 13:00 se mantienen en regímenes algo más altos de iluminación (4,58 luxes de estos últimos frente a 3,46 de las horas inicial y final).

En otoño volvemos a tener la máxima iluminación a las 12 pero con un patrón similar a primavera y verano, con valores de 10:00 a 14:00 horas entre 3.90 y 4.27 luxes y con un descenso a las 16:00 hasta los 2.89 luxes de media.

En invierno la iluminación general desciende levemente, teniendo valores medios por punto de 3.41 y 4.32 a las 10:00 y a las 12:00 respectivamente, mientras que a las 14:00 y a las 16:00 horas se obtienen algo más bajos, llegando hasta los 2.61 luxes de media a las 16:00 horas.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (fig. 6.139) a las 10:00 horas nos muestra como la iluminación es extremadamente constante desde los pies de la iglesia hasta el coro, en este punto podemos observar como la gráfica muestra un repunte de 1 lux absoluto (aproximadamente una subida del 25% de iluminación) para después descender en el punto 39, previo al crucero, donde se dan valores similares al resto de la nave y de valor constante.

Este esquema de gráfica se repite de manera paralela para las otras 4 horas del día mostrando homogeneidad en la distribución de las líneas tanto para las 12:00 como para las 14:00. A las 16:00 podemos observar como los valores siguen mostrando líneas paralelas a las anteriores pero con valores más altos a las 14:00 y sobre todo a las 12:00, mientras que son más pequeños a las 16:00 horas.

21 MARZO 1600 - ILUMINACIÓN NAVE CENTRAL 1

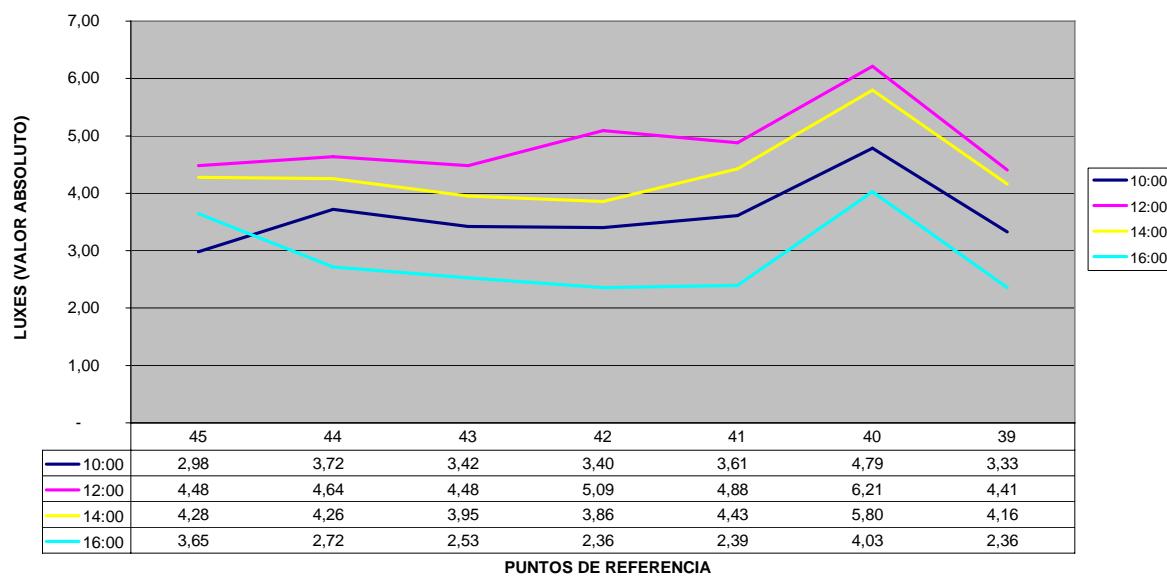


Fig. 6.139. Gráfica de la nave 1. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.140) muestra unos valores de comportamiento similar a la de primavera, siguiendo el patrón de iluminación aún más constante en el desarrollo de la nave que en marzo con una tendencia de iluminación plana desde los pies hasta el punto 41, previo al coro.

Se repite el repunte de iluminación del coro para volver a descender a los valores medios mencionados en el punto 39, previo al crucero. En cuanto a la iluminación por horas también en este caso la mayor iluminación la tenemos a las 12:00 horas y la menor a las 16:00.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN NAVE CENTRAL 1

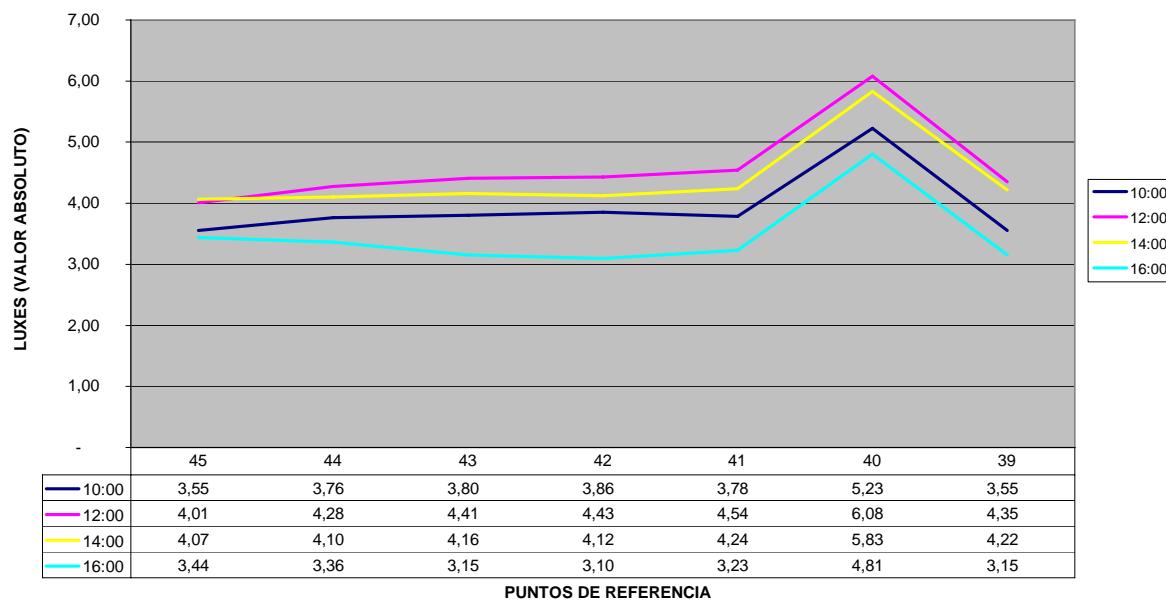


Fig. 6.140. Gráfica de la nave 1. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.141) es prácticamente idéntica a la de primavera por lo que la descripción de valores se podría asemejar a esta en todos los extremos siendo de nuevo los valores más representativos los que se producen en los puntos 40 y 39 en los que se producen los momentos pico y valle.

Algo a analizar en esta gráfica es el comportamiento que tiene la nave a las 16:00 horas. Si bien la gráfica es sensiblemente paralela a las otras horas del día, encontramos un brusco descenso de iluminación por la tarde, con valores de iluminación que apenas alcanzan los 2 luxes absolutos de iluminación en determinados puntos de la nave.

21 SEPTIEMBRE 1600 - ILUMINACIÓN NAVE CENTRAL 1

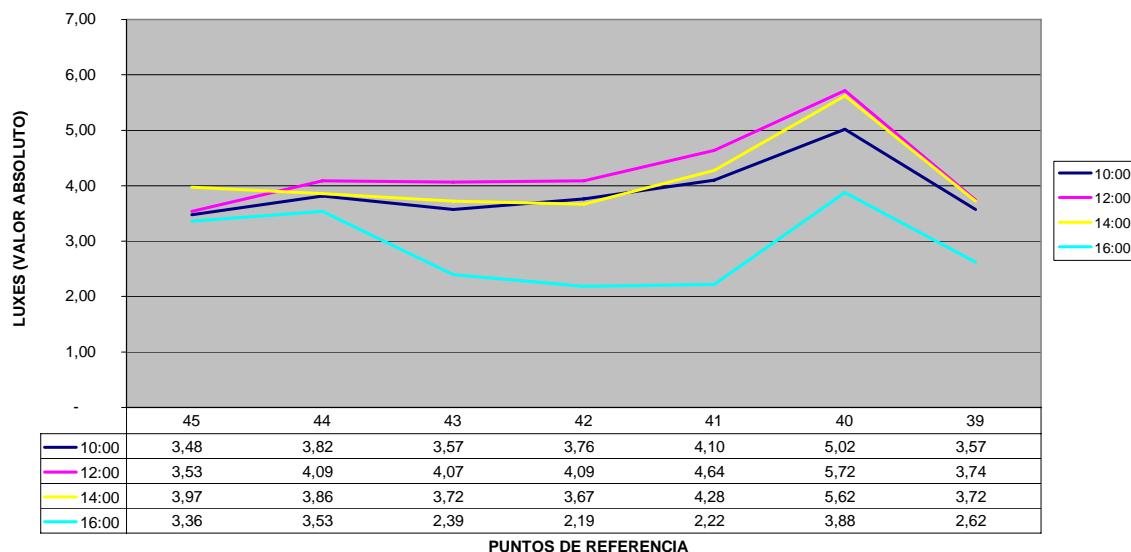


Fig. 6.141. Gráfica de la nave 1. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** La gráfica de invierno (Fig. 6.142) se comporta como las de primavera y otoño con la diferencia de que los valores son algo más bajos en general.

Sigue el patrón de aumentos de los pies hacia el punto 40 para posteriormente descender hacia el crucero pero con mayores diferencias relativas entre unas líneas y otras.

21 DICIEMBRE 1600 - ILUMINACIÓN NAVE CENTRAL 1

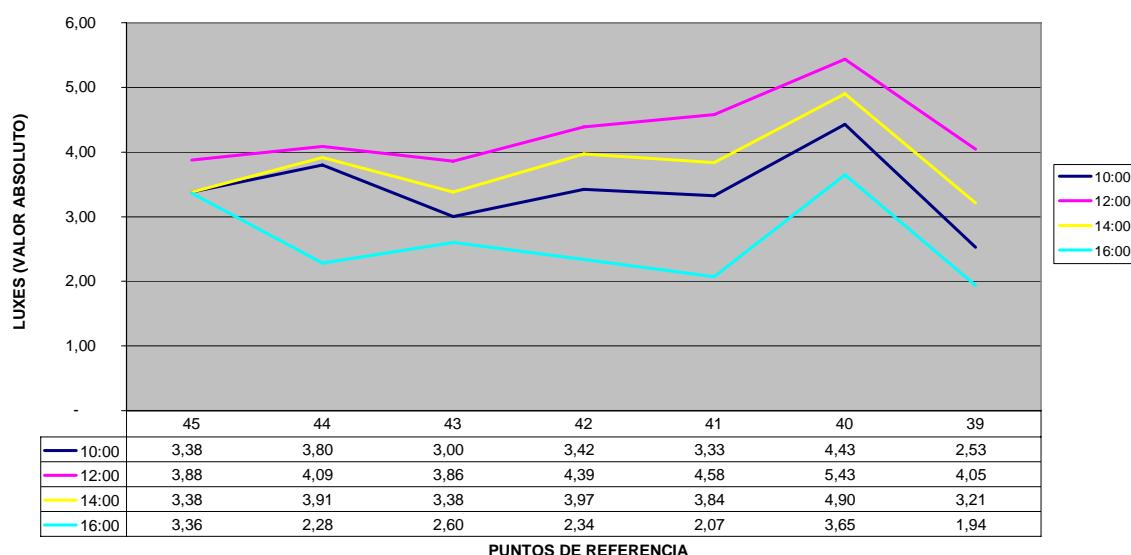


Fig. 6.142. Gráfica de la nave 1. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

#### 6.4.6.2 NAVE TRANSVERSAL.

Nave de iluminación muy constante a lo largo del día en lo que se refiere a valores medios. Así en primavera tiene su máximo apogeo a las 12:00 horas y a las 14:00 horas con valores medios cercanos a los 4 luxes mientras que en las horas extremas de la mañana y la tarde la iluminación no presenta variaciones sustanciales al tener iluminaciones de 3.04 y 3.81 luxes respectivamente.

En verano se repite el mismo esquema de primavera con valores algo superiores, teniendo a las 12:00 horas 4.81 luxes por punto de media y valores similares a las 10:00 y a las 14:00 (4.68 y 4.65 respectivamente). A las 16:00 horas vuelve a sufrir un ligero descenso hasta los 3.50 luxes, pero que en todo caso mantiene la homogeneidad general comentada.

En otoño se repite casi exactamente el esquema de valores medios de primavera, con picos de 4 luxes a las 12:00 (por los 3.92 de marzo) y valores mínimos de 3.26 a las 16:00 (contra los 3.04 de primavera).

En diciembre, de nuevo volvemos a obtener un esquema de distribución por horas similar a los anteriores pero con valores en claro descenso. Así tenemos 3.09 luxes de media a las 12:00 (valor pico) por tan sólo 2.16 luxes de media a las 16:00 horas.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (Fig. 6.143) muestra un esquema de líneas de tendencia que muestran que el crucero no se comporta de la misma manera en los distintos puntos del mismo. Si lo estudiamos de norte a sur, podemos observar que los puntos extremos se comportan de manera simétrica aunque ligeramente superior la iluminación sur que la norte.

El punto de mayor iluminación lo tenemos en el punto 2, que se encuentra al norte del crucero y se trata de un punto intermedio de la nave. Si comparamos este punto con su simétrico en el lado sur, el punto 4, podemos observar descensos de un lux absoluto entre uno y otro.

El crucero posee un alto nivel de iluminación comparativamente, acercando sus valores al punto 2, con 4,29 luxes a las 10:00 frente a los 4,47 del punto y así sucesivamente.

21 MARZO 1600 - ILUMINACIÓN NAVE TRANSVERSAL 2

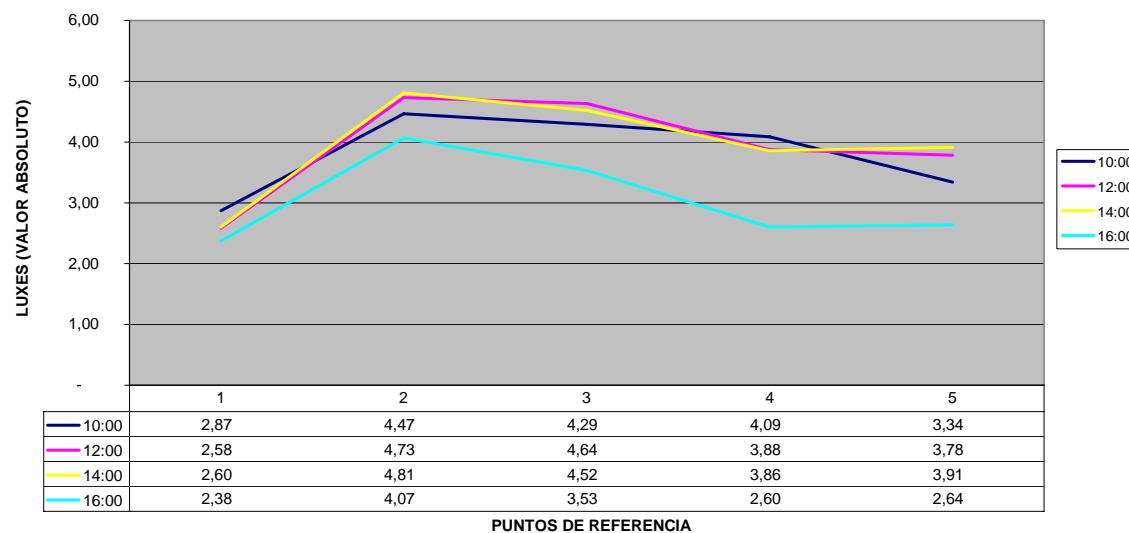


Fig. 6.143. Gráfica de la nave 2. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

Este esquema de homogeneidad entre los puntos extremos de la nave transversal (bajo los rosetones norte y sur) y el crucero mismo (punto 24), se repite a las distintas horas del día.

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.144) repite el esquema general de la de primavera pero con valores algo superiores.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN NAVE TRANSVERSAL 2

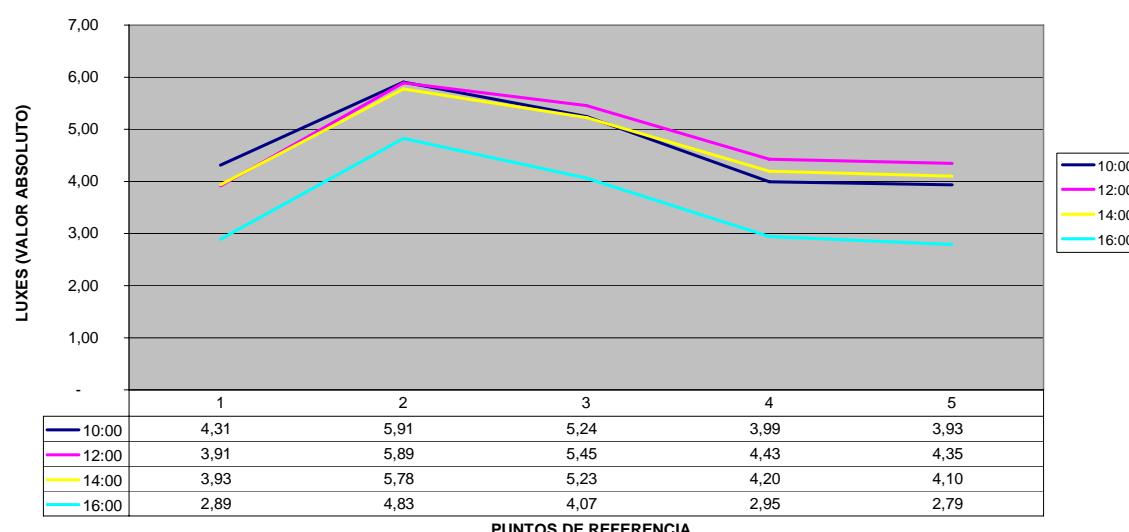


Fig. 6.144. Gráfica de la nave 2. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

Lo que diferencia esta gráfica de su predecesora es que los valores del crucero, en este caso descienden ligeramente con respecto al punto 2, punto de iluminación más elevada de la nave a cualquier hora del día. Sin embargo las líneas de tendencia a lo largo del día son absolutamente paralelas.

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.144.1) reproduce de nuevo de manera idéntica las condiciones de iluminación de primavera, con los mismos puntos pico y valle y con diferencias de paralelismo entre las líneas de tendencia de las distintas horas, siendo de nuevo la línea de las 16:00 horas la que tiene menor iluminación, sobre todo en la zona norte de la nave (punto 1).

21 SEPTIEMBRE 1600 - ILUMINACIÓN NAVE TRANSVERSAL 2

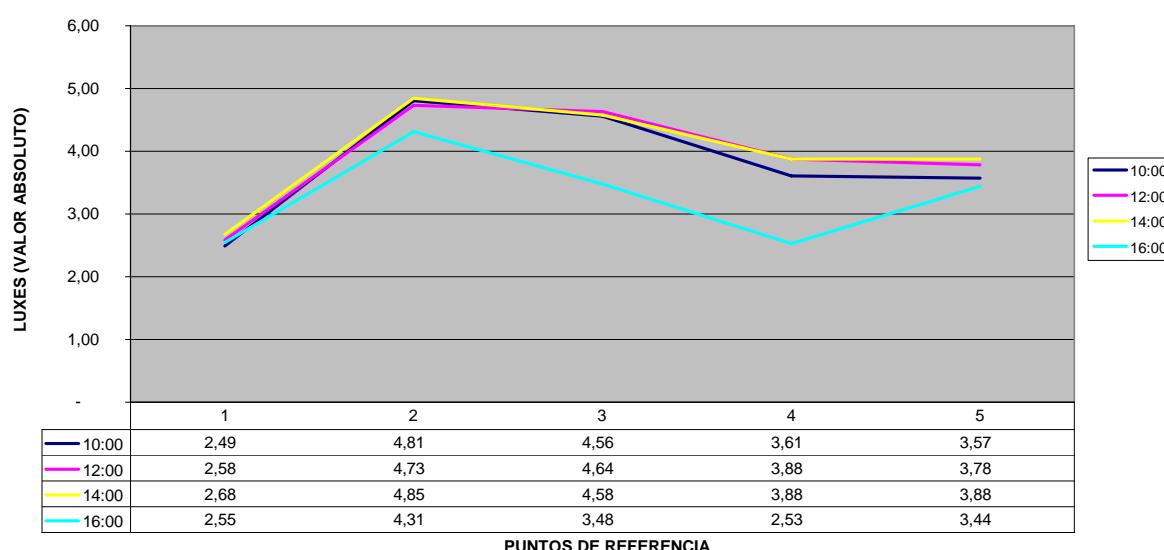


Fig. 6.144.1. Gráfica de la nave 2. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** En invierno (Fig. 6.145) la iluminación sigue un patrón similar a los anteriores pero con una diferencia esencial. La iluminación en esta estación varía ostensiblemente entre las horas iniciales del día, (10:00, 12:00 y 14:00 respectivamente) y las 16:00 horas. En este momento de la tarde la gráfica de iluminación se desploma para estar prácticamente a oscuras en el punto norte 1 (0.53 luxes) y apenas llegar a los 2.70 luxes a las 14:00 como iluminación máxima.

El resto de la comparativa es similar al de las otras estaciones del año, con una mayor iluminación en los puntos 2 y 3 (crucero y punto intermedio situado al norte del mismo) que en los otros puntos de la nave.

21 DICIEMBRE 1600 - ILUMINACIÓN NAVE TRANSVERSAL 2

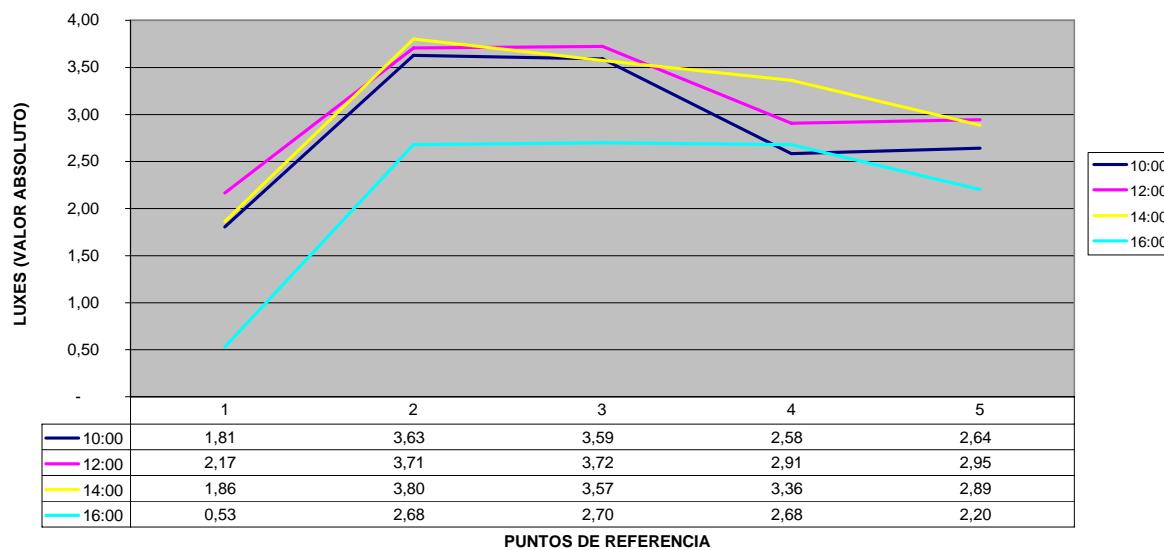


Fig. 6.145. Gráfica de la nave 2. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

#### 6.4.6.3 RESTO DE NAVES LONGITUDINALES.

Si comparamos el resto de naves longitudinales de la catedral (Fig. 6.146 a Fig. 6.149), podemos observar patrones de comportamiento claros en lo que se refiere a la distribución de la intensidad lumínica a lo largo de los distintos espacios.

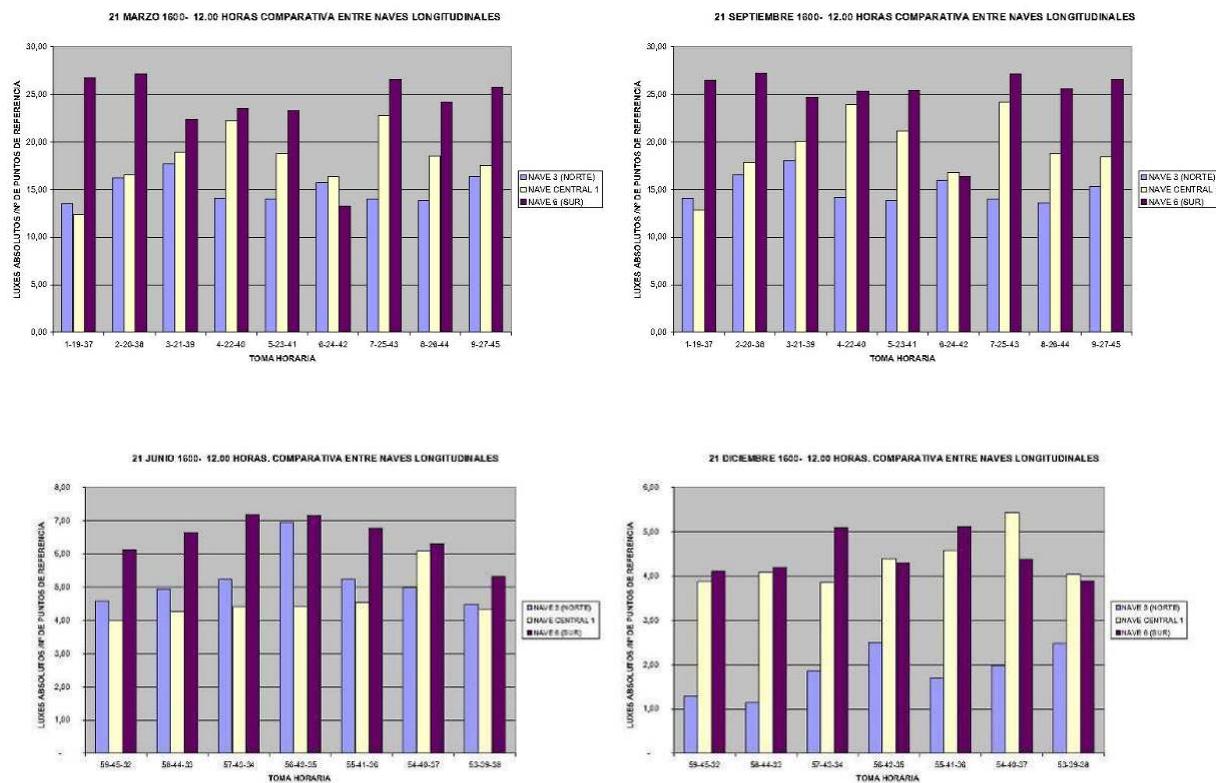


Fig. 6.146 a 6.149. Comparativa de valores de iluminación media por punto en las 3 naves longitudinales más importantes de la catedral de Toledo para los cuatro días del año y las 12:00 horas del mediodía. Autor: Juan M. Medina.

La nave lateral sur es, en todos los casos, la nave con mayor iluminación por punto (suma de la iluminación en cada punto de la nave dividida por el número de puntos de la misma), ya sea en las distintas horas del día como en los 4 días del año. Así encontramos valores a las 12:00 horas de casi 7 luxes en marzo, 7.10 en junio, 6.50 en septiembre y 5 en diciembre, por los 2.50, 5.10, 4.10 y 2.50 luxes de los 4 días del año a las 12:00 horas dentro de la nave 3 (Norte). (Fig. 6.150)

	MARZO				JUNIO				
	10.00	12.00	14.00	16.00		10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	4	4	4	3		5	5	5	4
NAVE 3 (NORTE)	2	3	3	2		4	5	5	5
NAVE 4	3	4	4	3		4	5	5	5
NAVE CENTRAL 1	4	5	4	3		4	5	4	3
NAVE 5	5	7	6	5		6	7	6	5
NAVE 6 (SUR)	5	6	6	4		6	7	6	4
GIROLA INTERIOR 7	5	5	4	2		6	6	5	3
GIROLA EXTERIOR 8	5	5	4	2		7	7	5	3
TOTAL LUXES	33	38	35	23		41	45	43	32
	SEPTIEMBRE				DICIEMBRE				
	10.00	12.00	14.00	16.00		10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	4	4	4	3		3	3	3	2
NAVE 3 (NORTE)	2	3	3	2		1	2	1	1
NAVE 4	3	4	4	3		3	3	3	2
NAVE CENTRAL 1	4	4	4	3		3	4	4	3
NAVE 5	6	7	6	4		5	6	6	4
NAVE 6 (SUR)	5	6	6	4		4	4	5	3
GIROLA INTERIOR 7	6	5	4	2		4	4	3	1
GIROLA EXTERIOR 8	5	5	4	1		4	4	2	1
TOTAL LUXES	35	38	34	23		27	30	27	17

Fig. 6.150. Valores de iluminación media por punto en las distintas naves longitudinales de la catedral de Toledo para los cuatro días del año y las 4 horas del día. Autor: Juan M. Medina

La nave norte, como es obvio, obtiene los valores globales más bajos de las longitudinales, mientras que la nave central queda marcada por valores intermedios a estas dos aunque bastante más cerca de la iluminación general de la nave norte que de la nave sur.

Es interesante apuntar que la nave intermedia 5 (al sur de la nave central), obtienen en general valores de iluminación mayores incluso que la nave central. Este hecho es comprensible, ya que se encuentra influenciada por la entrada solar proveniente de la fachada sur. Sin embargo la nave 4 posee valores medios inferiores a la. El resto de meses del año, la iluminación de ambas naves contiguas es prácticamente la misma.

Otro factor a tener en cuenta en la distribución de la iluminación a lo largo del día es la uniformidad de comportamiento en cualquier época del año de la iluminación media total resultante de la suma de los valores medios de todas las naves, obteniendo los valores mayores a las 12:00 horas (38, 45, 38 y 30 luxes), valores muy similares a los de septiembre, mientras que en junio y diciembre se establecen las verdaderas diferencias: de 41 a 27 luxes a las 10:00 o de 32 a 17 luxes a las 16:00 respectivamente.

Si particularizamos para cada nave longitudinal encontramos los siguientes gráficos:

**Nave 3 (norte):**

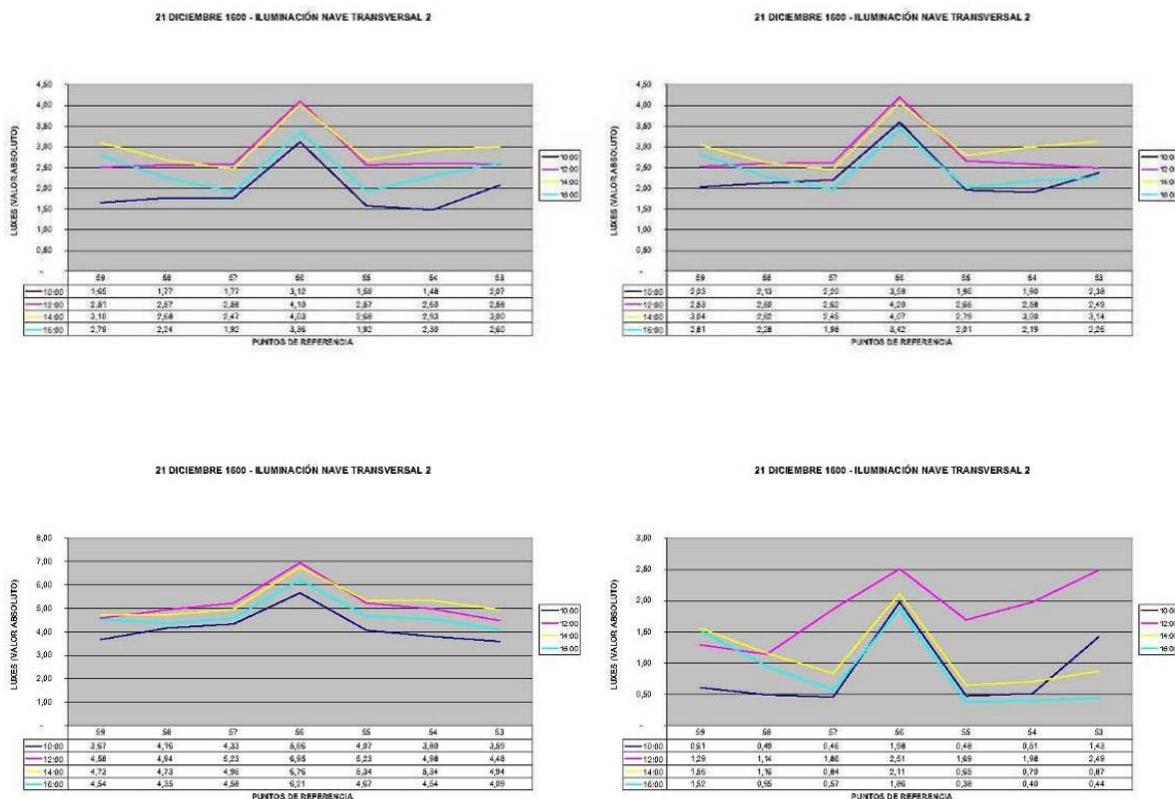


Fig. 6.151. Gráfica de iluminación de la nave 3. Autor: Juan M. Medina

Nave que tiene líneas de tendencia muy similares de unos meses a otros en lo que se refiere a distribución de iluminación a lo largo de la nave.

La mayor singularidad de la nave la encontramos en su punto más alto de iluminación, ya que este se encuentra situado en el punto central de la misma, el punto 56, mientras que el resto de los valores que se despliegan a través de los espacios son homogéneos y algo más bajos que este.

Otro detalle a tener en cuenta es el orden de magnitudes de iluminación extremadamente bajos en la nave en diciembre donde, exceptuando la gráfica de las 12:00 todas las demás se encuentran en un rango entre los 0.5 y 1 luxes de iluminación en los puntos interiores, con la salvedad del punto 56 que sufre un ligero despuente hasta los 2 luxes.

Nave 4 (interior al norte de la nave principal):

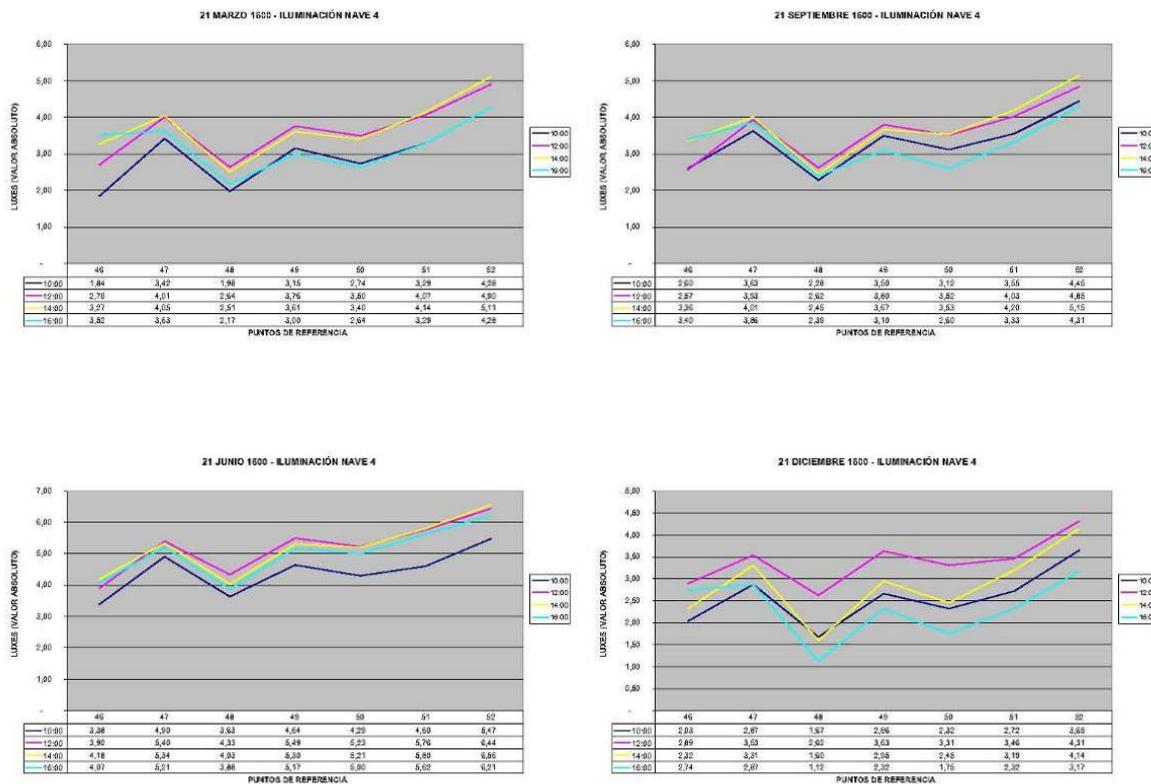


Fig. 6.152. Gráfica de iluminación de la nave 4. Autor: Juan M. Medina

El patrón de iluminación es constante a lo largo de las 4 estaciones y tan sólo varía en la intensidad global de cada día, repitiéndose de nuevo la máxima de iluminación mayor en verano, iluminación con valores similares en los equinoccios y una menor intensidad en el período invernal.

Lo interesante de esta nave es que posee unas gráficas de iluminación con puntos de inflexión continuos entre bóvedas contiguas. De ese modo podemos observar como a los pies de la iglesia (punto 46), y en los puntos intermedios 48 y 50, obtenemos valores de iluminación relativos de hasta un 50% más bajos que algunos de los contiguos a estos.

Otro dato interesante a tener en cuenta es que la nave, a medida que se acerca a su encuentro con la nave transversal va aumentando su iluminación paulatinamente, siendo el punto pico el 52, último punto antes del transepto.

### Nave 5 (interior al sur de la nave principal):

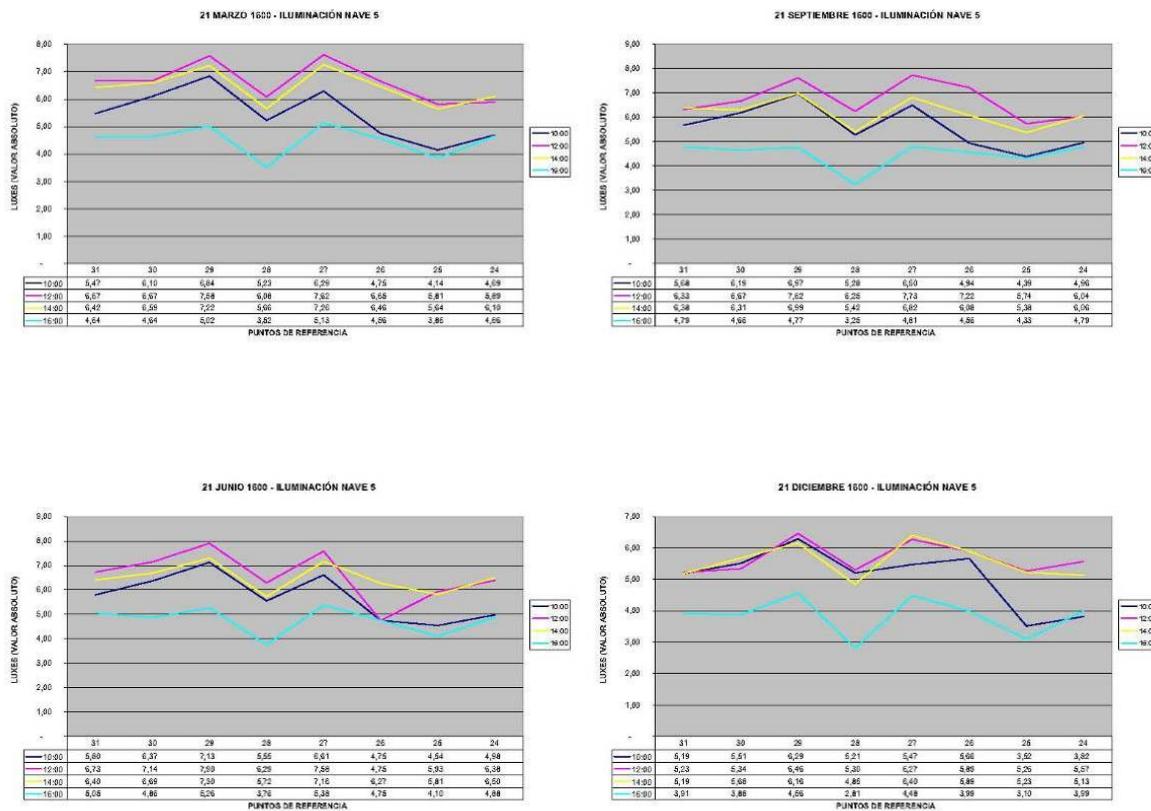


Fig. 6.153. Gráfica de iluminación de la nave 5. Autor: Juan M. Medina

La gráfica presenta, de nuevo, un comportamiento algo heterogéneo en lo que a la distribución de los puntos máximos y mínimos de iluminación a lo largo de la nave se refiere, sin embargo los rangos de iluminación en términos comparativos son los más altos de la catedral.

La iluminación a los pies de la nave y al final de la misma, en el crucero, son similares, sin embargo observamos dos puntos de inflexión hacia arriba y otros dos momentos valle en el desarrollo intermedio de la nave. Los puntos en que la misma despunta son el 27 y el 29, mientras que los puntos valle, donde la iluminación desciende más de un lux en términos absolutos, son los puntos 28 y 25, acercándose hacia el crucero.

Las distintas gráficas a lo largo del año vuelven a arrojar patrones similares entre los meses de primavera y otoño, mientras que los valores en invierno y verano marcan los mínimos y los máximos en iluminación.

Nave 6 (Sur):

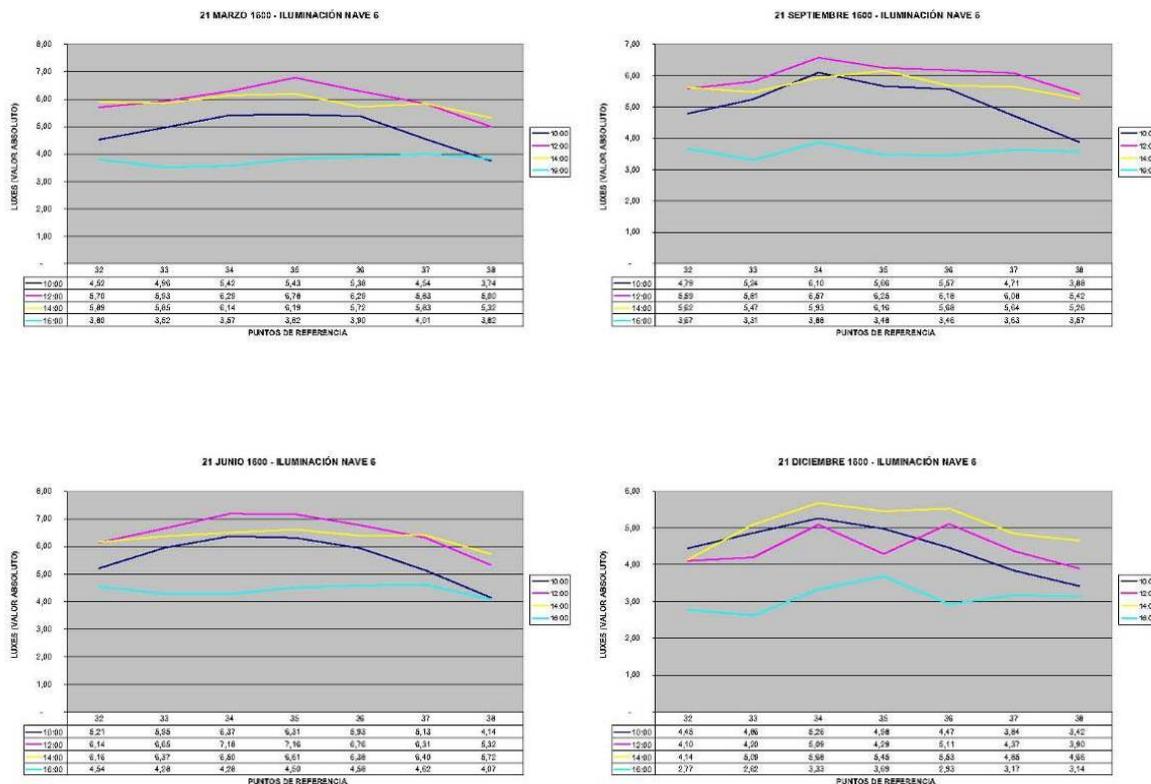


Fig. 6.154. Gráfica de iluminación de la nave 6. Autor: Juan M. Medina

La nave 6 es, sin duda, una de las naves longitudinales más beneficiada en lo que se refiere a parámetros de iluminación, obteniendo para cada uno de sus puntos "paralelos" al resto de naves, valores más altos en luxes, influenciado, como es obvio, por su situación junto a la fachada sur de la catedral.

La gráfica se muestra, en este caso, con constancia y homogeneidad a lo largo del día y las cuatro estaciones del año, sin descensos ni aumentos de iluminación significativos a lo largo de los distintos puntos de la nave con la excepción a tener en cuenta de la diferencia en términos globales de la iluminación general de las 12:00 con respecto a la iluminación que posee a las 16:00, que alcanza diferencias de hasta 3 luxes en determinados puntos de la nave.

De nuevo es significativo el descenso que sufre la iluminación de la nave el 21 diciembre y, sobre todo, a las 16:00 horas de dicho día, donde los valores apenas alcanzan los 3 luxes de iluminación.

#### 6.4.6.4. ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS.

Para determinar en términos globales el régimen de iluminación general de los distintos espacios de la catedral entre sí, establecemos una comparación de iluminación total de cada nave a las 4 horas del día censadas. Esto lo haremos para las cuatro estaciones y estableciendo valores medios de iluminación por punto en cada nave, es decir, sumando la iluminación total que recibe la nave en ese momento dado y dividiéndola por el número de puntos que tiene la nave.

**21 de marzo:**

La gráfica de primavera (Fig. 6.155) nos muestra como la nave más iluminada es, tal como describimos anteriormente, la nave 5 (lateral al sur de la central), influenciada por su proximidad a la fachada sur de la catedral.

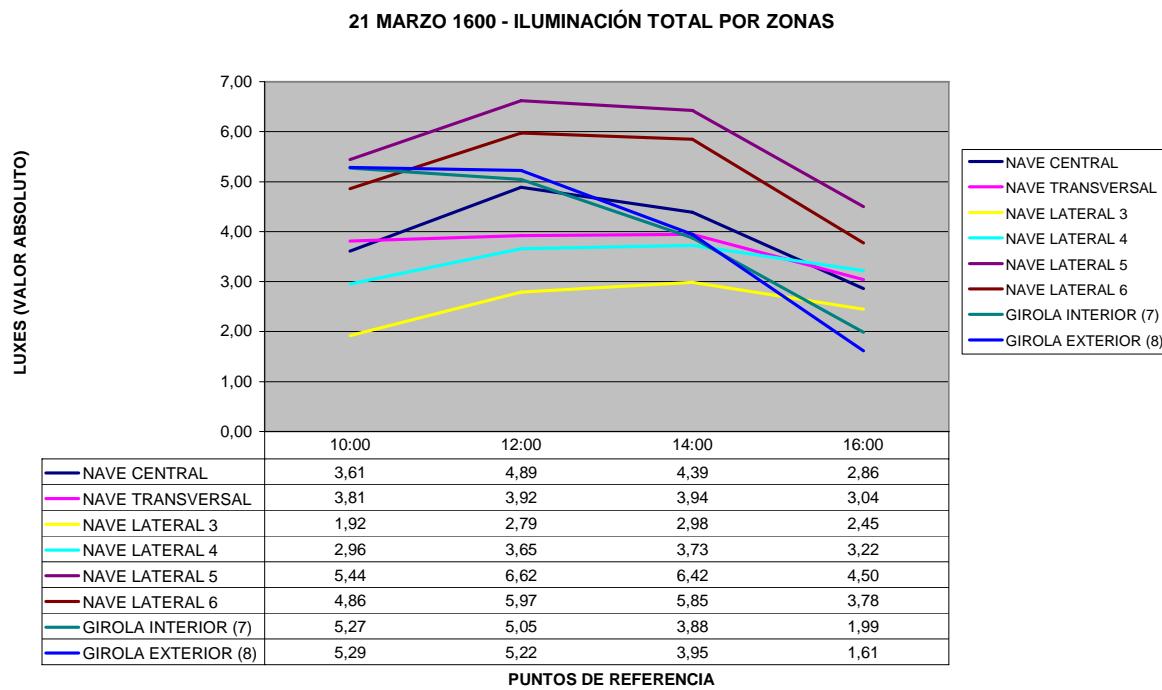


Fig. 6.155. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de marzo. Autor: Juan M. Medina

En segundo lugar tendríamos la nave 6, nave situada junto a la fachada sur que, aunque con iluminación elevada y constante, no alcanza los valores medios de la nave 5.

La siguiente nave longitudinal es la central, seguida con valores muy similares por la nave transversal.

De nuevo son las naves lateral 4 (al norte de la nave principal) y la nave 3 (nave norte), las menos iluminadas en términos medios.

Lo que se desprende de la forma de las gráficas de iluminación media es que todas ellas empiezan con valores medios que se elevan a valores máximos a las 12:00 y a las 14:00, mientras que a las 16:00 vuelven a bajar a intensidades iguales o inferiores a las de las 10:00 de la mañana. El ciclo diario de distribución de iluminación a través de los distintos espacios de la catedral es claro y constante.

Caso aparte es el comportamiento de los deambulatorios. En este caso se observa cómo, tanto la girola interior como la exterior, tienen valores medios similares entre sí y su comportamiento a lo largo del día oscila desde los valores más altos a las 10:00 de la mañana, en claro descenso sistemático a lo largo del paso de las horas. Esta singularidad de comportamiento es debido a su posición puramente orientada al este.

#### 21 de junio:

La gráfica de verano (Fig. 6.156) muestra como las naves más iluminadas vuelven a ser las mismas que en marzo, la nave 5 en primer lugar, seguida de la nave 6. Sin embargo, lo más singular de la gráfica es el descenso de iluminación acaecido sobre la nave central, que pasa de ser la tercera nave más iluminada a la más “oscura”, con valores entre los 3,46 luxes y los 4,58 máximos, frente a los 6,60 de las naves situadas al sur.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

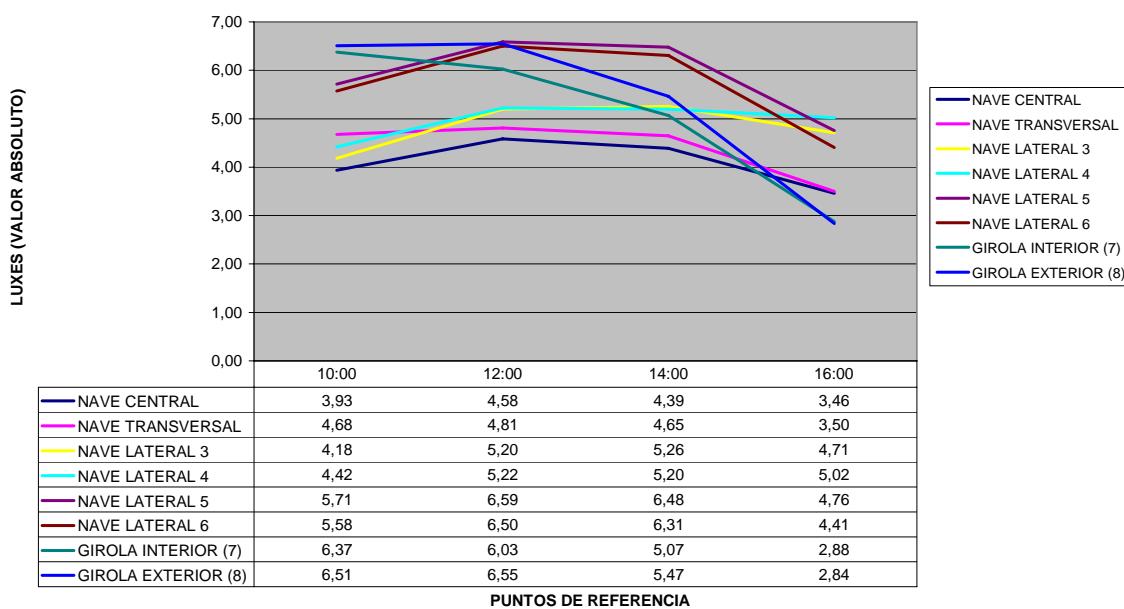


Fig. 6.156. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de junio. Autor: Juan M. Medina

Las girolas conservan el tipo de iluminación descendente a medida que pasa el día, mostrando los valores más altos de toda la catedral a las 10:00 de la mañana (6,50 luxes) y también los más bajos por la tarde (2,84 luxes).

Al igual que en la gráfica anterior pero de manera más acusada si cabe, podemos observar cómo la iluminación a las 16:00 horas tiende a igualarse en las distintas naves de la catedral, acercándose los valores entre las naves sur y las norte, con el sol escondiéndose por el noroeste.

### 21 de septiembre:

En otoño (Fig. 6.157) se repite de manera casi exacta el patrón de iluminación del equinoccio de primavera.

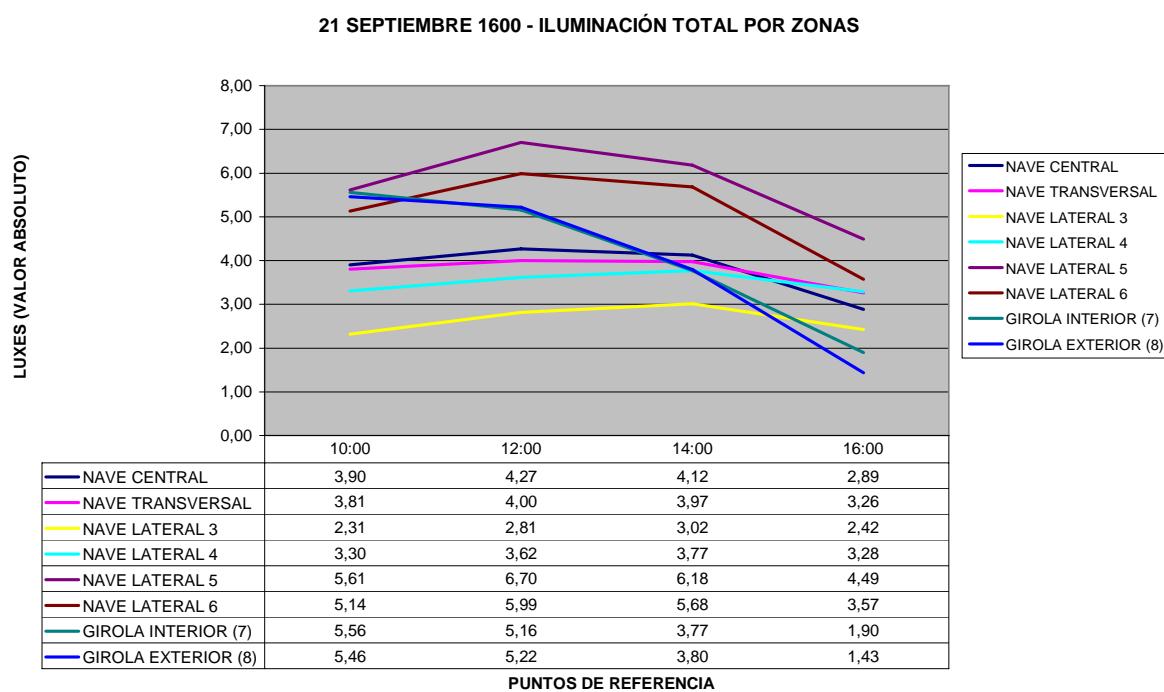


Fig. 6.157. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de septiembre. Autor: Juan M. Medina

Vuelve a destacar la iluminación de las naves 5 y 6 frente a las templadas naves 1 y transversal y las más oscuras naves norte 3 y 4.

## 21 de diciembre:

En invierno (Fig. 6.158) observamos como las diferencias se polarizan entre naves con saltos de iluminación media que van desde 0.85 luxes de la nave norte (prácticamente a oscuras) a los 5.08 luxes de la nave 5 en el mismo momento.

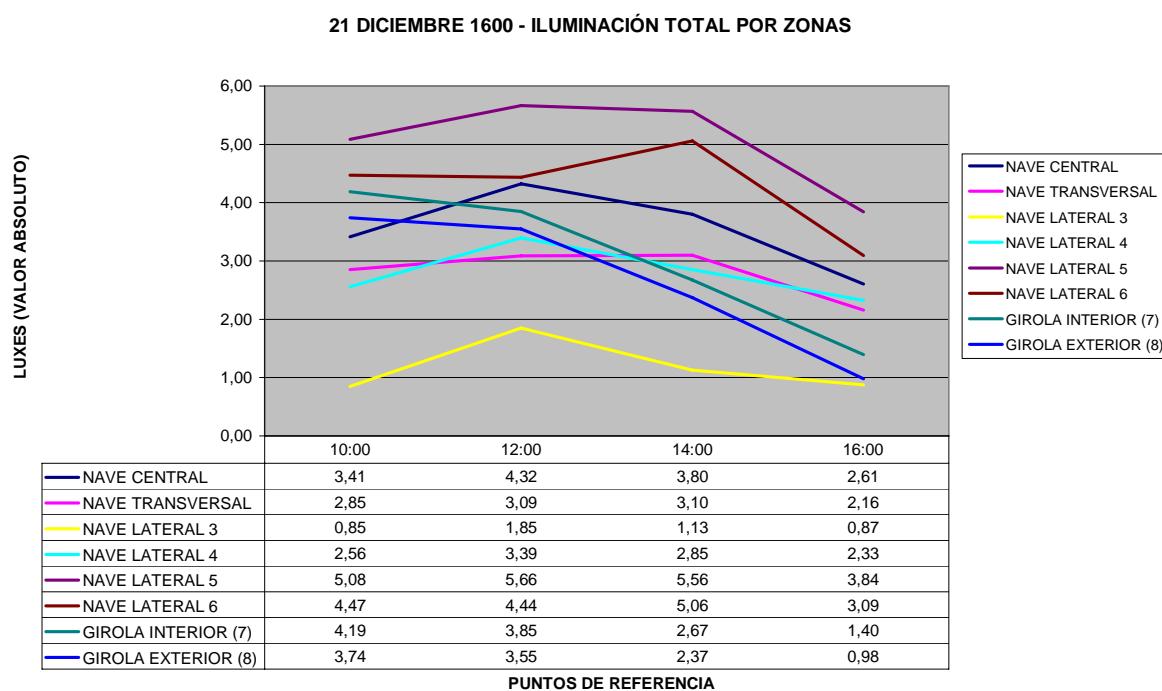


Fig. 6.158. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de diciembre. Autor: Juan M. Medina.

Las tres primeras naves siguen siendo las naves sur y la principal (6, 5 y 1), aunque las naves sur en este caso con mucha menor diferencia con la principal, mientras que es la nave 3, la nave norte, la que se ve más penalizada por la escasa iluminación recibida, prácticamente a oscuras durante todo el día, sin subir de los 1,85 luxes en el momento más intenso del día.

Podemos establecer por tanto, que la iluminación media por punto entre las distintas naves, sigue un patrón que hace que las naves sur, la nave 6 y la nave 5, sean en general las más beneficiadas en términos de iluminación general, seguidas de la nave 1, que posee una iluminación templada y constante a lo largo del tiempo. Las naves norte 3 y 4 y la nave transversal son las que obtendrán valores de iluminación en general más bajos. Las girolas por su parte, funcionan en régimen independiente al resto de naves, con iluminación descendente a medida que pasa el día.

#### 6.4.7 CATEDRAL DE TOLEDO. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA. RECORRIDO DE VIDRIERAS.

El presente capítulo pretende dar respuesta a la pregunta de la profesora Cassinello sobre cual sería el “**recorrido de vidrieras**” que se establece en una catedral gótica.

La iluminación directa en el interior de la catedral muestra cómo las vidrieras impactan con toda su fuerza simbólica sobre el espectador, como colorean no sólo el ambiente general de la catedral sino de manera puntual los distintos elementos del templo sobre los que se proyectan, dibujando en definitiva, el “mensaje” simbólico pretendido sobre el suelo de la catedral.

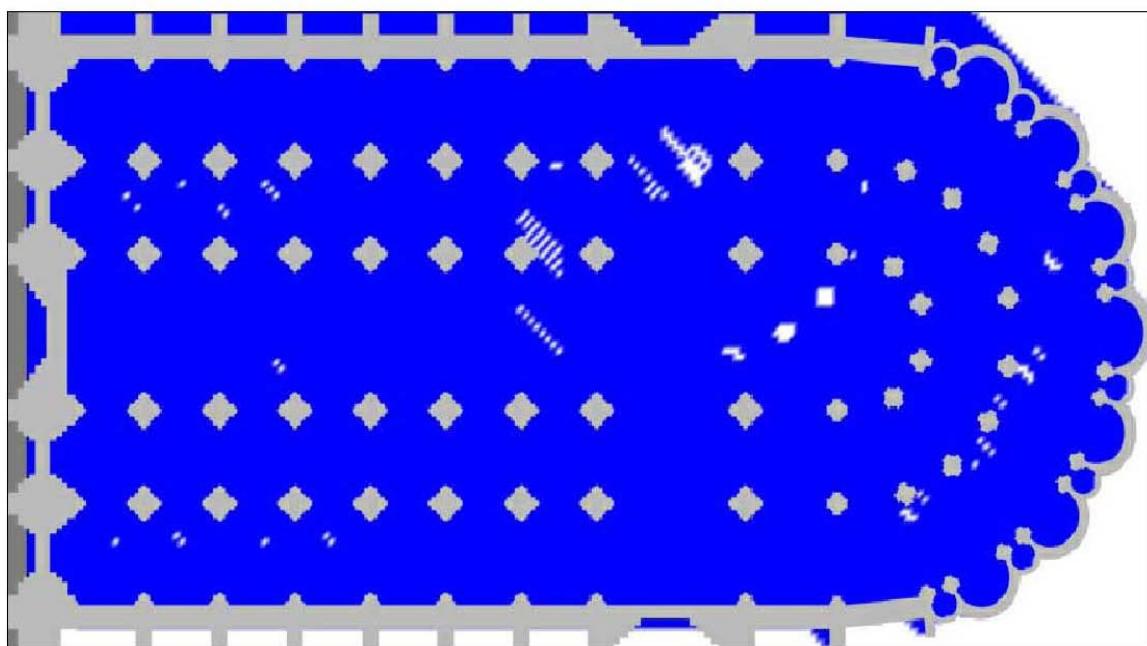
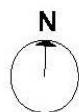
Cada nave tiene su momento de esplendor en términos de iluminación indirecta pero sin duda tienen también momentos de esplendor diferenciados en función del impacto de la “lux vera” sobre los fieles, y estas gráficas muestran en **blanco sobre azul** cuales son cada uno de esos momentos y a lo largo de toda la catedral. (Fig. 6.159)



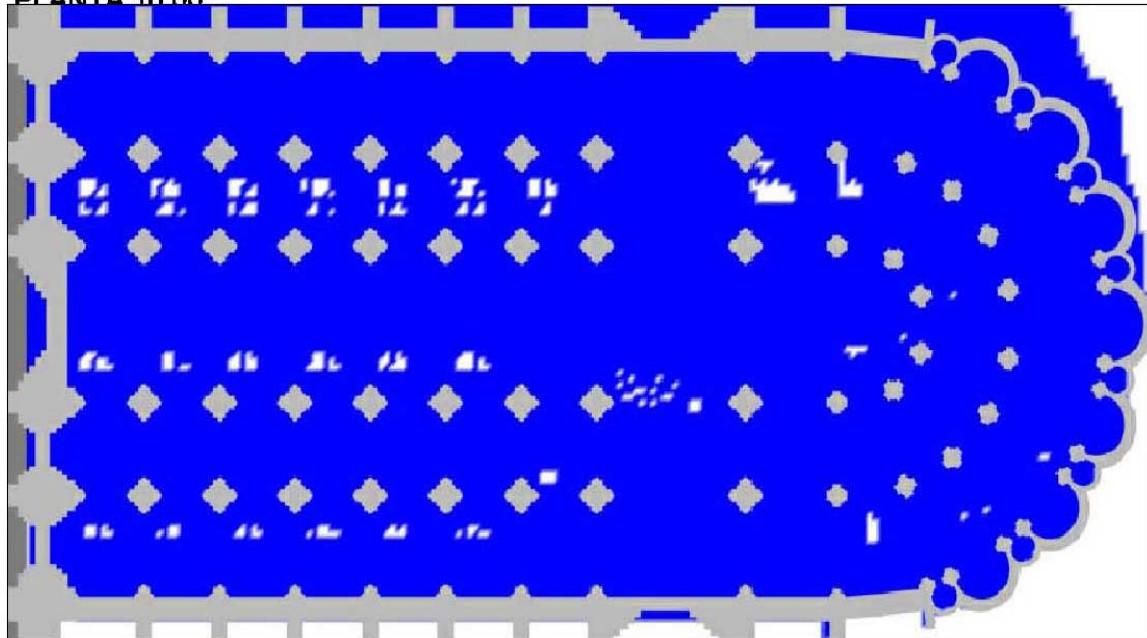
Fig. 6.159 Matices de color sobre el suelo. Toledo. Marzo de 2012. Fotografía: Juan M. Medina.

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

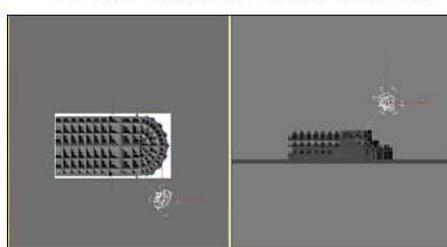
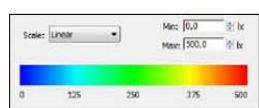


PLANTA 10:00

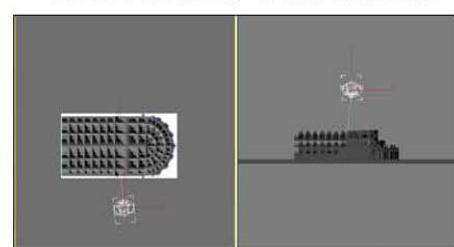


PLANTA 12:00

21 DE MARZO 10:00 HORAS



21 DE MARZO 12:00 HORAS



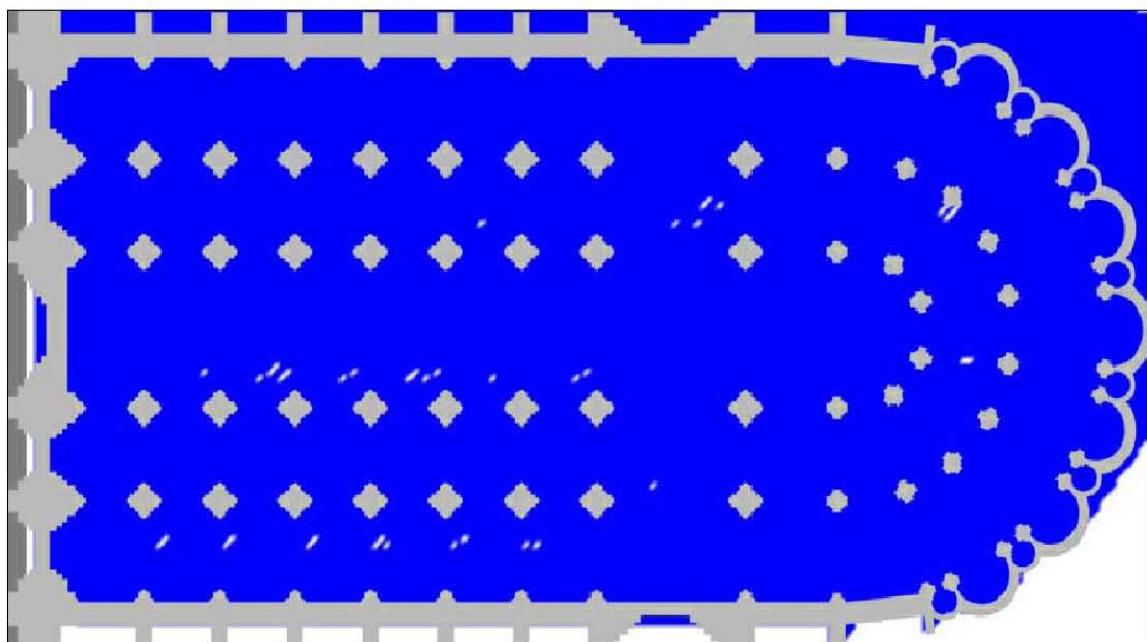
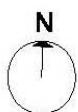
ESCALA DE COLORES/LÚMENES

SITUACIÓN SOLAR

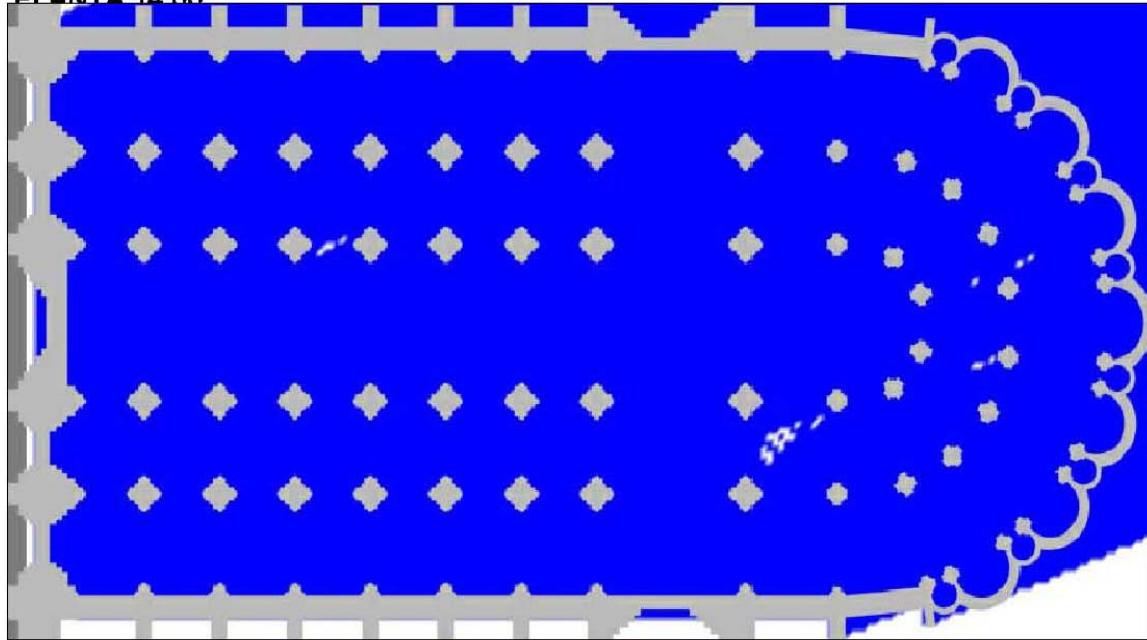
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

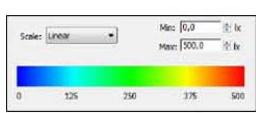


PLANTA 14:00

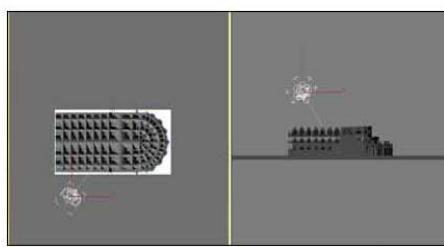


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

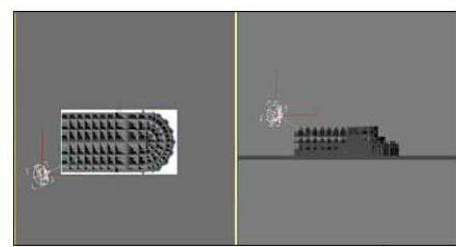


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

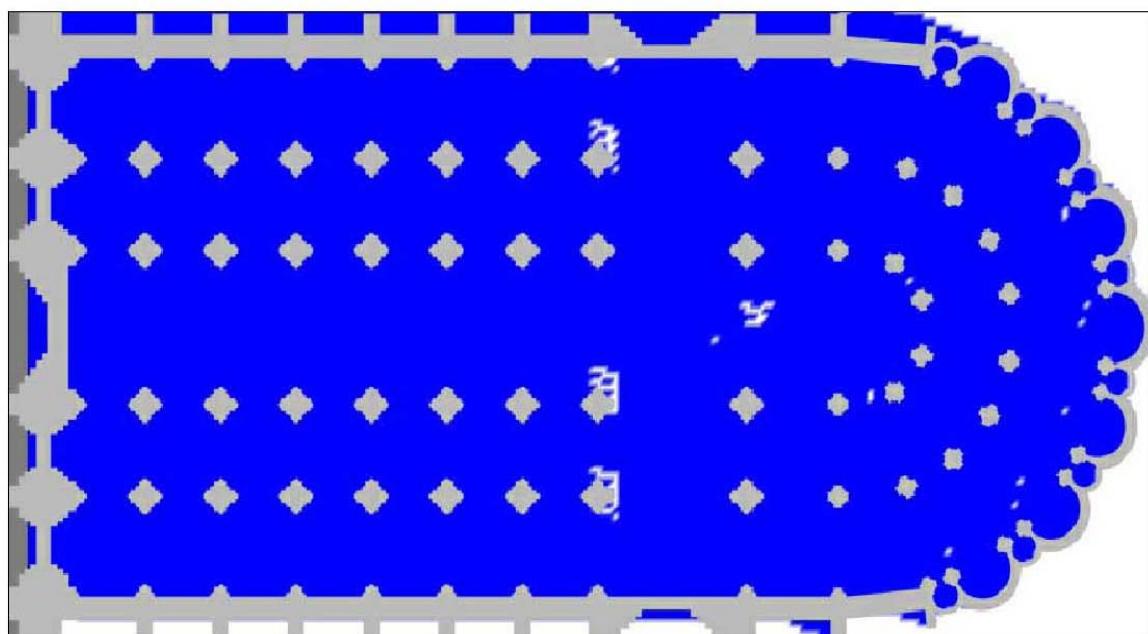
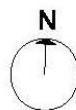
21 DE MARZO 16:00 HORAS



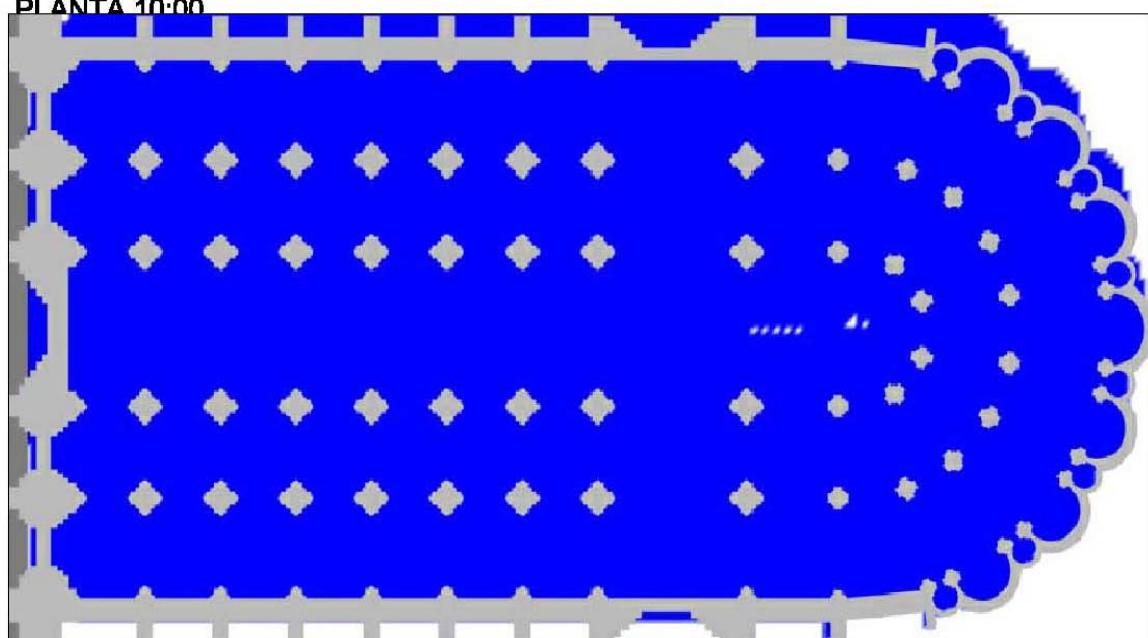
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

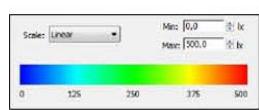


PLANTA 10:00

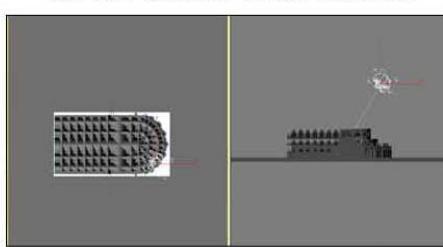


PLANTA 12:00

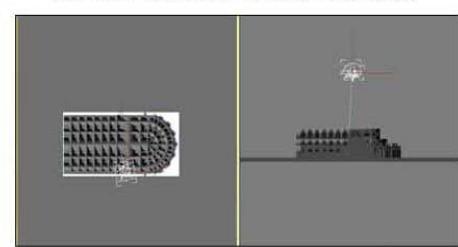
21 DE JUNIO 10:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES

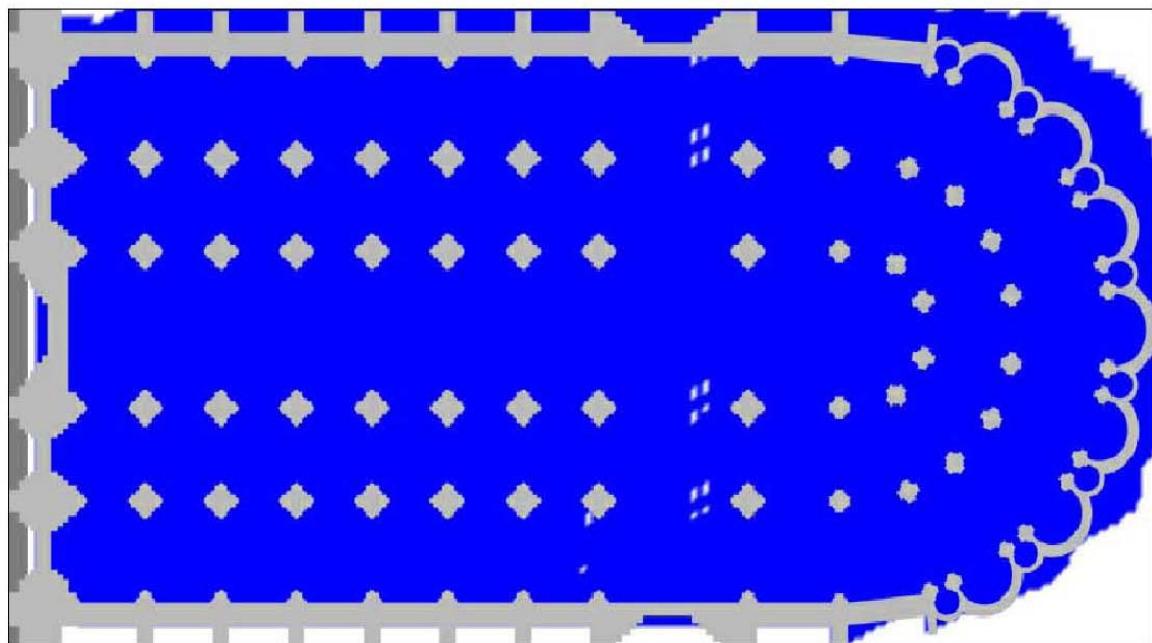
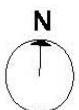


21 DE JUNIO 12:00 HORAS

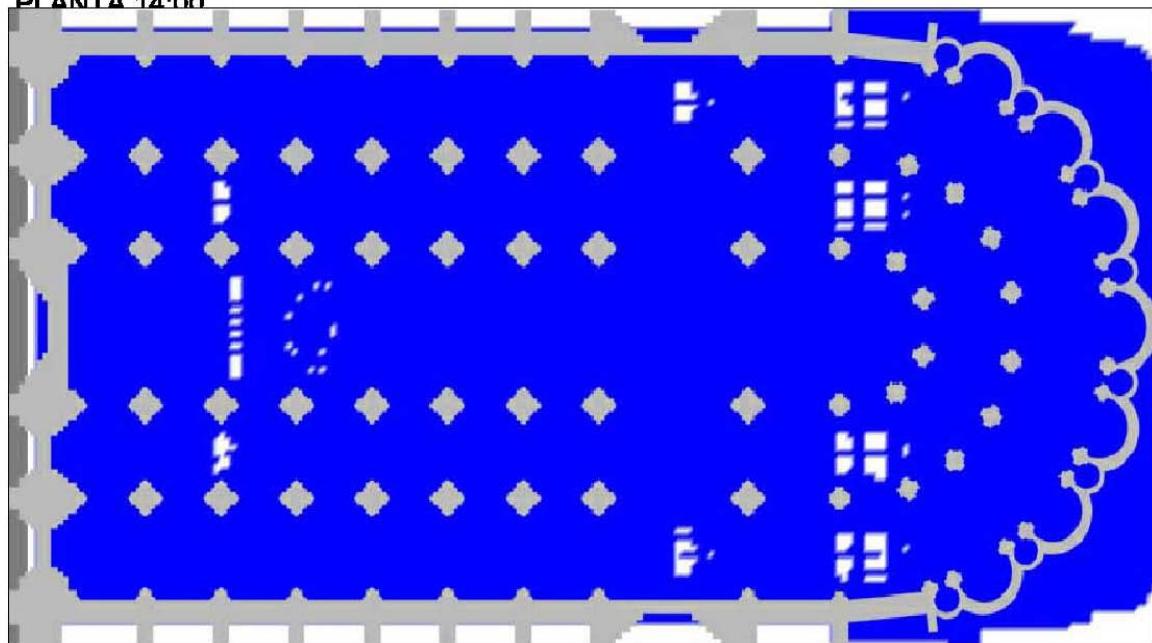


CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

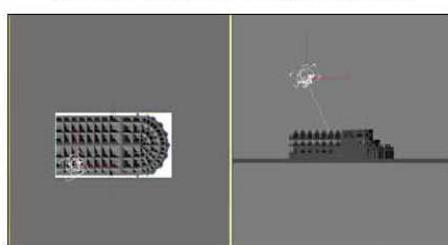
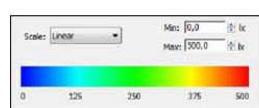


PLANTA 14:00

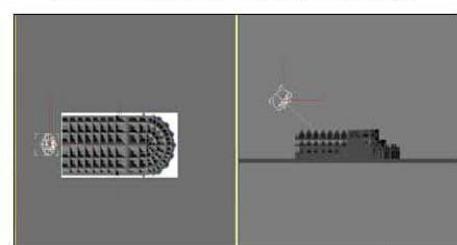


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS



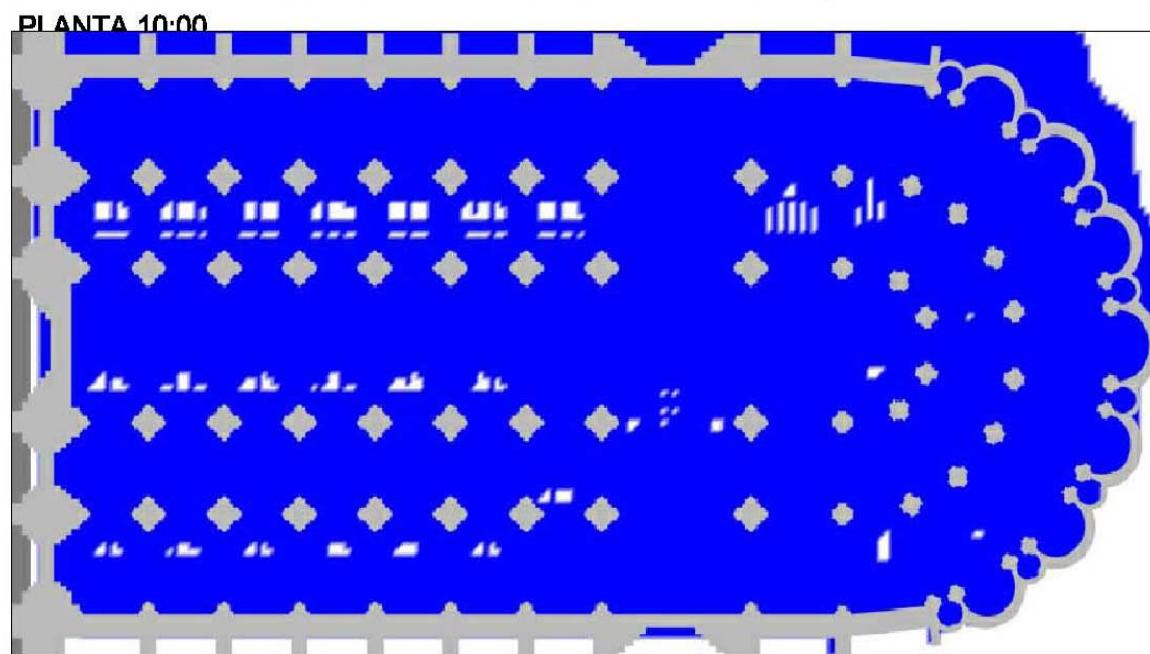
21 DE JUNIO 16:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES

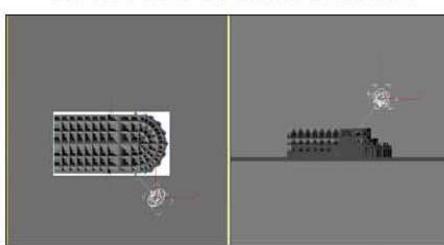
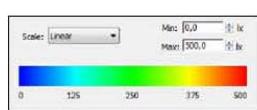
SITUACIÓN SOLAR

SITUACIÓN SOLAR

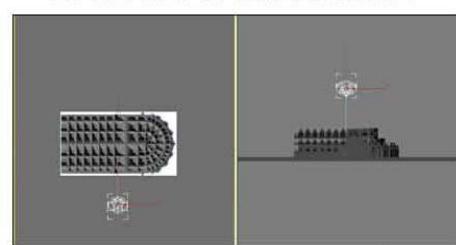


PLANTA 12:00

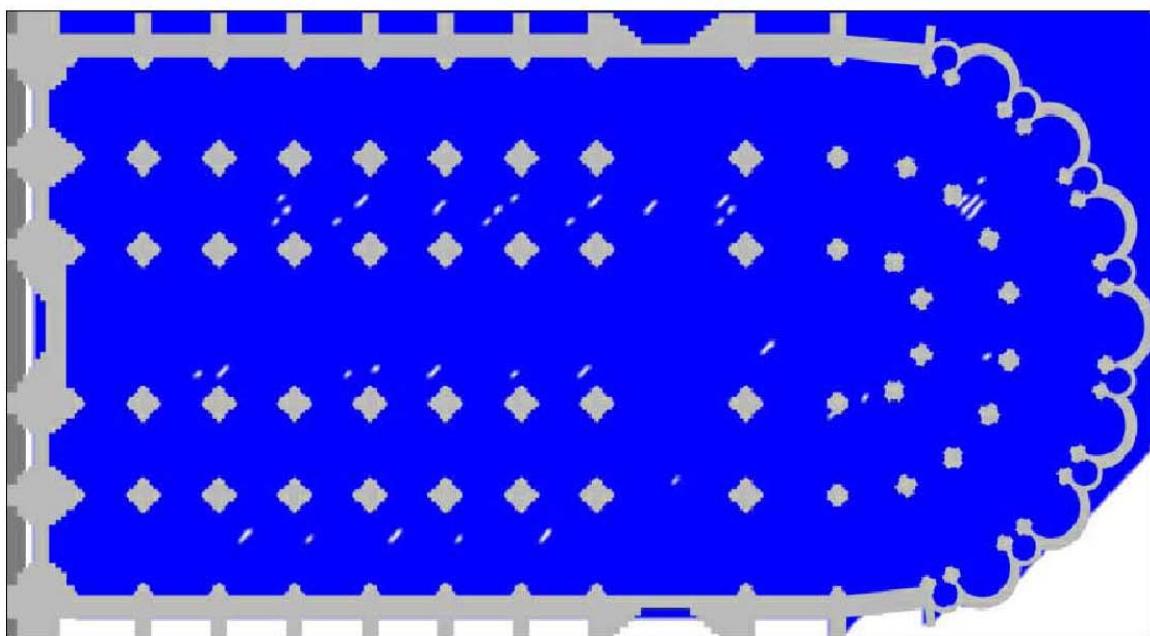
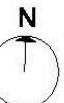
21 DE SEPT. 10:00 HORAS



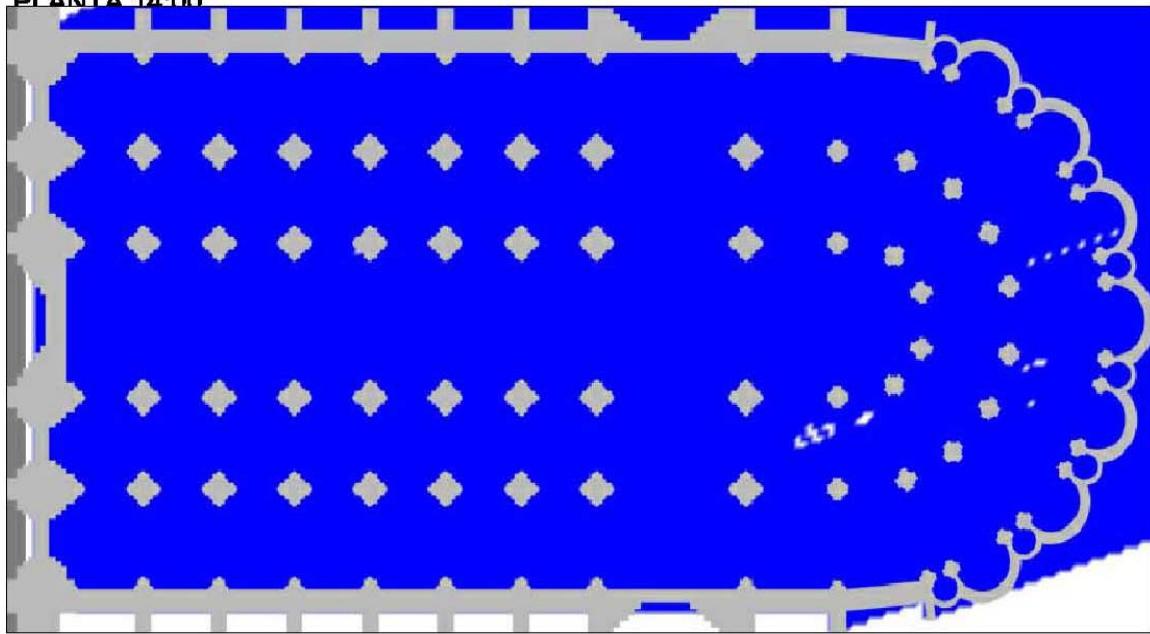
21 DE SEPT. 12:00 HORAS



CATEDRAL DE TOLEDO  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

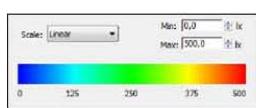


PLANTA 14:00

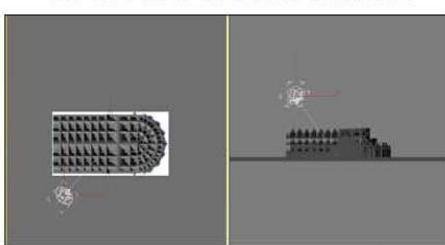


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

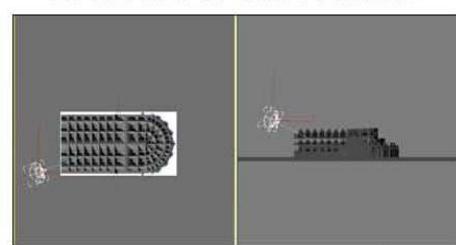


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

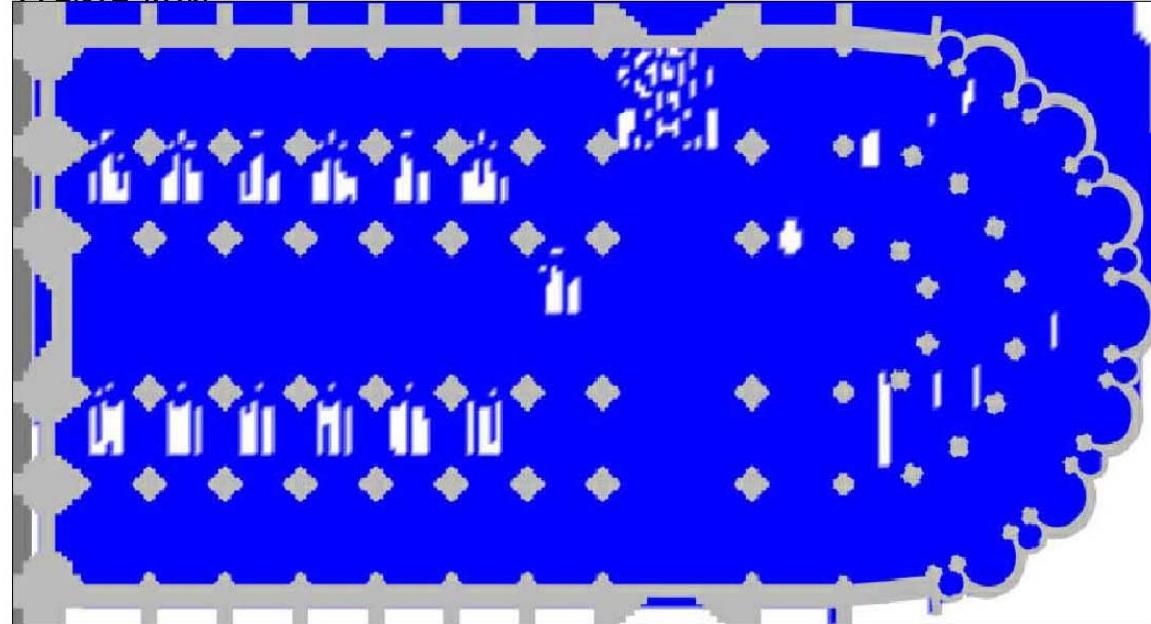
21 DE SEPT. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

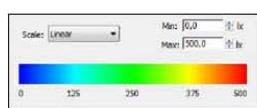


PLANTA 10:00



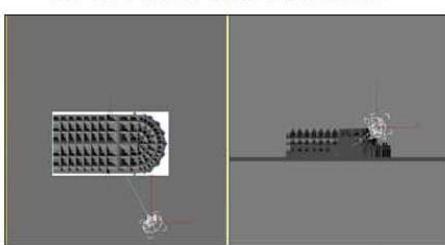
PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS

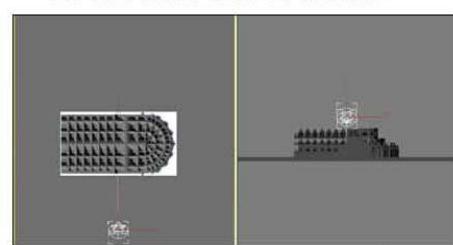


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE DIC. 12:00 HORAS



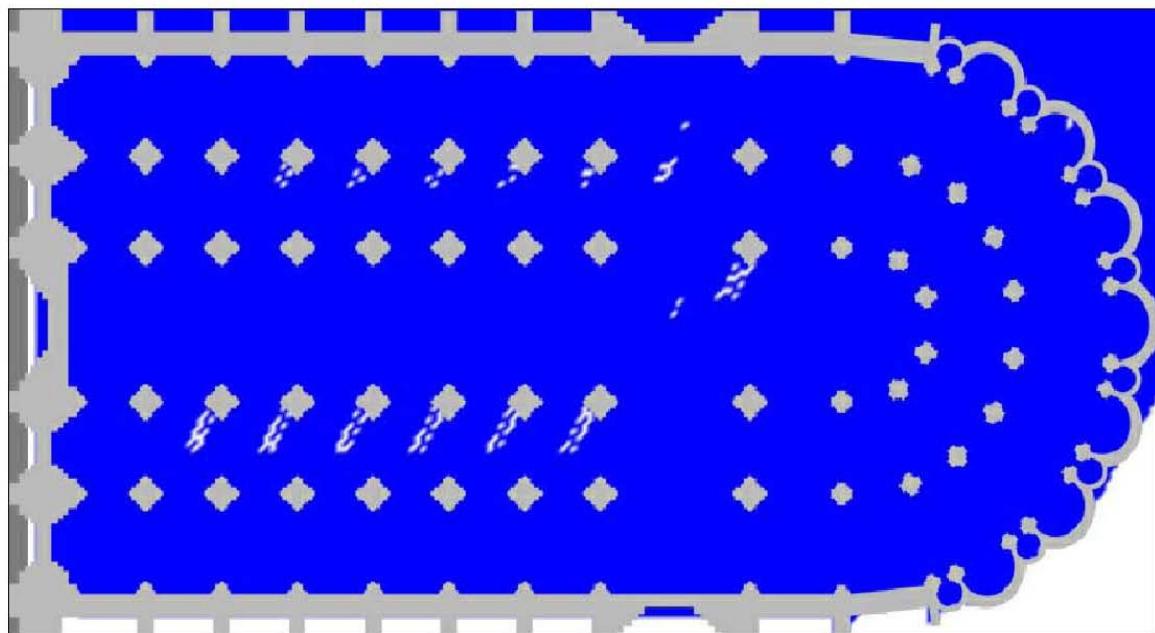
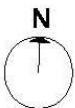
SITUACIÓN SOLAR



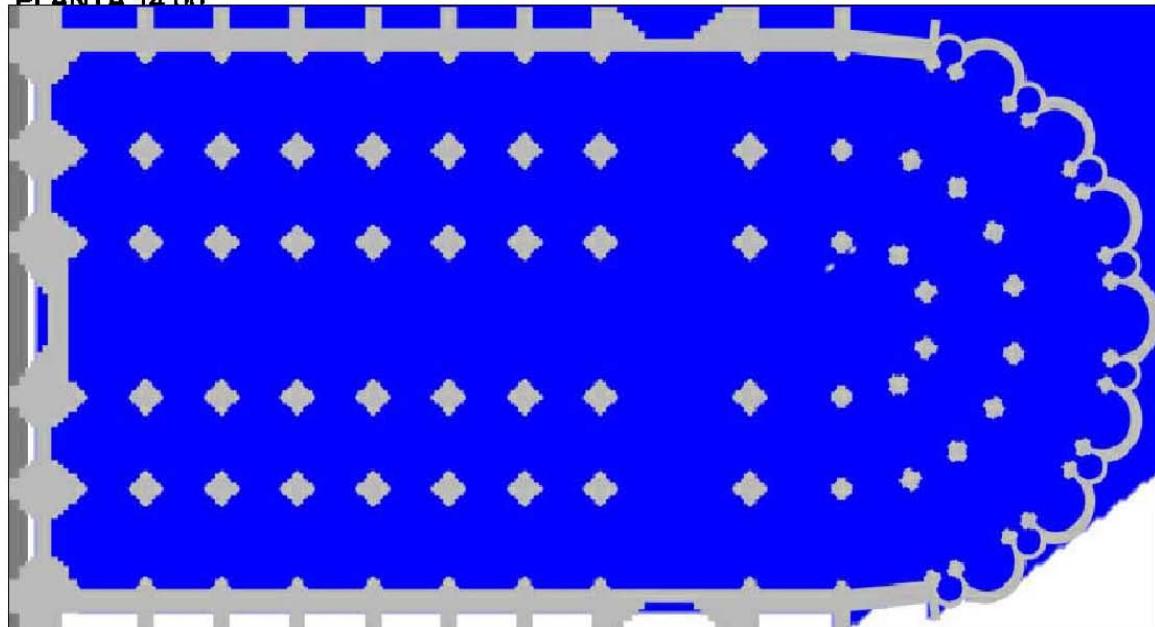
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE TOLEDO

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

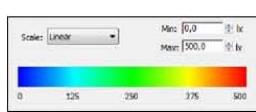


PLANTA 14:00

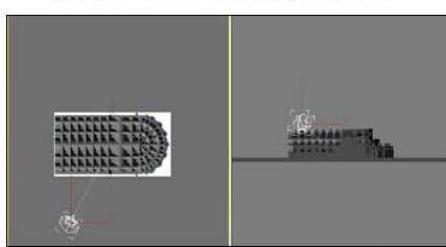


PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS

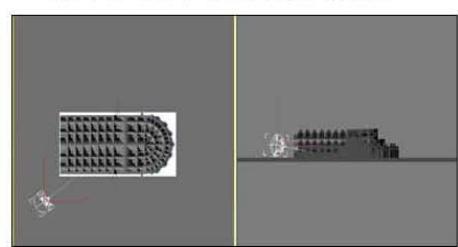


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

#### 6.4.8 CATEDRAL DE TOLEDO. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL.

Como complemento ineludible de la Tesis Doctoral, dentro de este apartado se estudia la **situación actual de la iluminación en la catedral**.

Para poder estudiar el estado actual de la iluminación y ver si esta es coincidente o divergente con respecto a la iluminación primitiva gótica se realizó una medición en un día coincidente con uno de los días estudiados por la recreación en 3D, concretamente el día **21 de junio de 2008**.

La medición se realiza para todos los puntos muestra de la catedral (uno debajo de cada bóveda) y para las cuatro horas en que hemos dividido el día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00), con un luxómetro de mano de sensibilidad de 0 a 20.000 luxes y bajo condiciones de iluminación exterior nubladas.

Una vez recogidos los valores de iluminación referidos, fueron comparados con los que se extraen de la medición realizada sobre el modelo 3D para el mismo día y a la misma hora, y puestos en comparación a través de secciones por la catedral.

Para que esta comparación fuera viable, había que descartar dos efectos incontrolables: en primer lugar, la **iluminación del día** preciso en que se toman los datos, ya que esta podía ser más o menos intensa que la que proponíamos en la modelización 3d, y en segundo lugar, el **factor de filtrado de las vidrieras**, otro valor desconocido puesto que las vidrieras varían su factor de filtrado en función de cada color y cada grosor de vidrio diferentes.

Para salvar estos dos obstáculos, se cogieron los valores de ciertos puntos de la catedral que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. A continuación igualamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división entre el valor inicial y el medido in situ nos facilita un **factor de escala** que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor de iluminación “comparable” en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes: 28, 29, 30, 31, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 y 50 y el factor de escala obtenido **0.019**.

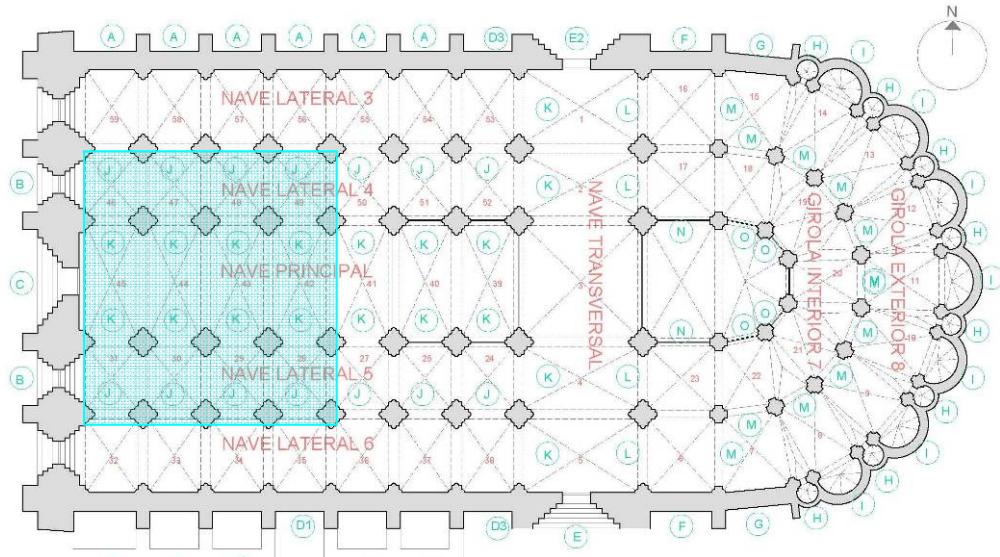


Fig. 6.160. Planta de la catedral con los puntos censados y los considerados "estables", tomados para la obtención del factor de escala. Autor: Juan M. Medina.

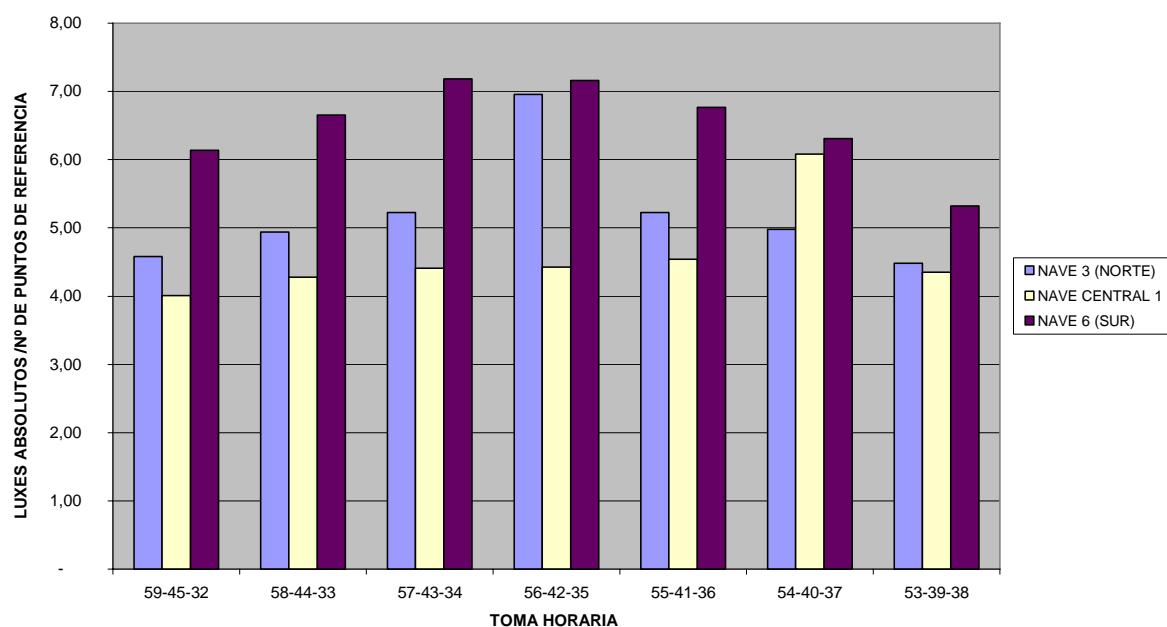
La toma de datos in situ y la obtenida por el modelo 3D nos arroja los siguientes valores:

21 JUNIO 1600									
F.E 0,019	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	2008/160 0	12:00	2008/160 0	14:00	2008/160 0	16:00	2008/160 0
NAVE TRANS.L 2	1	227	4,31	206	3,91	207	3,93	152	2,89
GIROLA EXTERIOR 8	2	311	5,91	310	5,89	304	5,78	254	4,83
GIROLA INTERIOR 7	3	276	5,24	287	5,45	275	5,23	214	4,07
NAVE 5	4	210	3,99	233	4,43	221	4,20	155	2,95
NAVE 6 (SUR)	5	207	3,93	229	4,35	216	4,10	147	2,79
NAVE CENTRAL 1	6	294	5,59	291	5,53	230	4,37	130	2,47
NAVE 4	7	348	6,61	355	6,75	292	5,55	145	2,76
NAVE 3 (NORTE)	8	347	6,59	370	7,03	315	5,99	146	2,77
	9	339	6,44	363	6,90	320	6,08	139	2,64
	10	320	6,08	319	6,06	270	5,13	119	2,26
	11	331	6,29	346	6,57	290	5,51	118	2,24
	12	341	6,48	353	6,71	292	5,55	134	2,55
	13	347	6,59	349	6,63	284	5,40	144	2,74
	14	347	6,59	338	6,42	273	5,19	150	2,85
	15	388	7,37	367	6,97	306	5,81	200	3,80
	16	367	6,97	341	6,48	292	5,55	218	4,14
	17	326	6,19	308	5,85	263	5,00	186	3,53
	18	388	7,37	355	6,75	304	5,78	215	4,09
	19	321	6,10	282	5,36	231	4,39	115	2,19
	20	316	6,00	299	5,68	245	4,66	109	2,07
	21	341	6,48	314	5,97	265	5,04	117	2,22
	22	315	5,99	316	6,00	266	5,05	127	2,41
	23	341	6,48	347	6,59	293	5,57	191	3,63
	24	262	4,98	336	6,38	342	6,50	257	4,88
	25	239	4,54	312	5,93	306	5,81	216	4,10
	26	250	4,75	250	4,75	330	6,27	250	4,75
	27	348	6,61	399	7,58	377	7,16	283	5,38
	28	292	5,55	331	6,29	301	5,72	198	3,76
	29	375	7,13	416	7,90	384	7,30	277	5,26
	30	335	6,37	376	7,14	352	6,69	256	4,86
	31	305	5,80	354	6,73	337	6,40	266	5,05
	32	274	5,21	323	6,14	324	6,16	239	4,54
	33	313	5,95	350	6,65	335	6,37	225	4,28
	34	335	6,37	378	7,18	342	6,50	225	4,28
	35	332	6,31	377	7,16	348	6,61	237	4,50
	36	312	5,93	356	6,76	336	6,38	241	4,58
	37	270	5,13	332	6,31	337	6,40	243	4,62
	38	218	4,14	280	5,32	301	5,72	214	4,07
	39	187	3,55	229	4,35	222	4,22	166	3,15
	40	275	5,23	320	6,08	307	5,83	253	4,81
	41	199	3,78	239	4,54	223	4,24	170	3,23
	42	203	3,86	233	4,43	217	4,12	163	3,10
	43	200	3,80	232	4,41	219	4,16	166	3,15
	44	198	3,76	225	4,28	216	4,10	177	3,36
	45	187	3,55	211	4,01	214	4,07	181	3,44
	46	178	3,38	205	3,90	220	4,18	214	4,07
	47	258	4,90	284	5,40	281	5,34	274	5,21
	48	191	3,63	228	4,33	212	4,03	204	3,88
	49	244	4,64	289	5,49	279	5,30	272	5,17
	50	226	4,29	275	5,23	274	5,21	263	5,00
	51	242	4,60	303	5,76	305	5,80	296	5,62
	52	288	5,47	339	6,44	345	6,56	327	6,21
	53	189	3,59	236	4,48	260	4,94	215	4,09
	54	200	3,80	262	4,98	281	5,34	239	4,54
	55	214	4,07	275	5,23	281	5,34	246	4,67
	56	298	5,66	366	6,95	356	6,76	327	6,21
	57	228	4,33	275	5,23	261	4,96	241	4,58
	58	219	4,16	260	4,94	249	4,73	229	4,35
	59	193	3,67	241	4,58	249	4,73	239	4,54

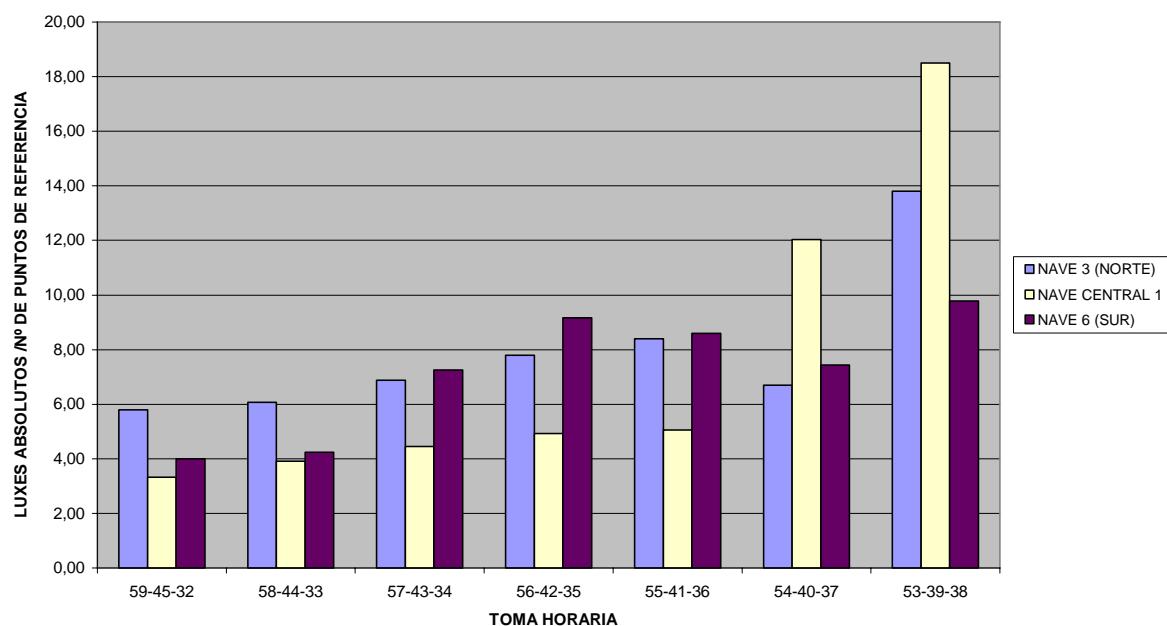
PUNTO BAJO BÓVEDA	21 DE JUNIO DE 2008				
	10:00	12:00	14:00	16:00	
NAVE TRANSVERSAL 2	1	82,00	47,60	33,40	18,70
	2	18,10	13,80	11,90	12,47
	3	16,6	12,8	9,8	11,3
	4	14,20	12,40	7,50	12,80
	5	19,50	12,80	7,10	10,60
	6	11,60	11,60	10,90	11,73
	7	10,70	10,80	8,80	5,20
	8	20,10	24,50	16,50	9,80
	9	17,70	17,40	11,10	8,80
	10	53,20	40,80	13,40	10,41
	11	337,00	71,60	26,10	15,39
	12	123,00	46,00	24,20	16,60
	13	29,40	11,60	8,90	7,70
	14	52,80	6,80	6,10	5,23
	15	11,80	7,90	5,20	5,50
	16	12,00	8,10	5,40	5,70
	17	12,40	9,20	6,30	6,20
	18	18,40	15,20	5,60	5,22
	19	21,00	18,00	7,80	5,77
	20	110,60	31,40	13,50	9,18
	21	25,70	22,60	11,40	7,80
	22	23,00	16,60	11,50	8,90
	23	13,60	11,50	8,20	13,28
	24	15,60	12,00	5,40	5,79
	25	13,80	7,20	4,50	4,10
	26	14,60	6,64	4,30	4,77
	27	5,40	6,30	5,20	4,77
	28	4,00	5,12	4,70	5,01
	29	3,40	5,20	4,80	4,86
	30	3,20	5,70	4,40	4,59
	31	2,90	5,50	4,20	4,71
	32	3,07	4,00	6,20	4,21
	33	4,20	4,24	5,80	3,95
	34	5,60	7,25	7,50	5,65
	35	6,25	9,16	9,50	7,30
	36	15,02	8,60	8,74	7,14
	37	12,80	7,44	6,58	5,60
	38	16,50	9,78	7,81	7,30
	39	17,60	18,50	18,40	16,40
	40	13,50	12,04	11,20	10,40
	41	3,34	5,06	5,89	4,63
	42	3,50	4,93	5,50	4,81
	43	3,26	4,45	4,60	4,80
	44	2,67	3,91	4,40	4,60
	45	2,15	3,32	3,92	3,18
	46	3,70	4,82	6,00	4,08
	47	4,48	4,90	6,00	5,10
	48	4,70	5,60	5,90	5,20
	49	6,20	7,34	9,21	6,73
	50	8,20	6,15	7,89	5,99
	51	10,68	4,64	3,80	4,18
	52	17,49	8,87	5,90	6,09
	53	37,10	13,80	7,15	9,00
	54	23,60	6,70	4,88	5,45
	55	14,60	8,40	9,03	6,62
	56	7,40	7,80	8,00	4,10
	57	6,20	6,88	7,00	3,71
	58	5,70	6,07	6,50	5,40
	59	4,40	5,80	6,08	4,60

Con esta toma de datos se elaboran las correspondientes gráficas por naves y se comparan los resultados de iluminación en la actualidad con los obtenidos en el modelo 3D del proyecto original gótico, el mismo día y a las mismas horas. Tras realizar la consabida conversión de equivalencia de valores (factor de escalado) para poder obviar el efecto de filtrado de la luz producido por las vidrieras y las comparaciones resultantes son las siguientes:

21 JUNIO 1600- 12.00 HORAS. COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES



21 JUNIO 2008- 12.00 HORAS. COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES



Si comparamos las naves longitudinales principales entre sí a las 12:00 horas para los días 21 de junio de 1600 (proyecto original) y 2008 (actualidad), podemos observar como existe una tremenda distorsión en la distribución de la iluminación, ya que esta es creciente de los pies a la cabecera en la actualidad, alcanzando los mayores valores en la nave central en el punto más cercano al crucero, cuando en 1600, el crucero tenía una iluminación más templada y los picos de iluminación se obtenían a mitad de nave.

Adicionalmente podemos observar como la nave central en los primeros puntos de desarrollo se mantiene constante la iluminación pero es al final donde se distorsiona una gráfica con respecto a la otra.

Todo esto se debe a que la nave norte tiene sustituidos gran parte de las vidrieras por vidrios transparentes y porque además tiene la puerta de entrada por el crucero en su fachada norte permanentemente abierta, además de otros factores externos como son la interposición de iluminación artificial general en todas las naves y puntual en determinados puntos de la iglesia (coro, crucero, altar o esculturas).

La catedral se encuentra con adosamientos de un claustro en su fachada norte que afecta a la nave lateral norte con múltiples sustituciones de vidrieras por vidrios translúcidos y en el ábside por adosamientos bajos que afectan a las capillas.

La iluminación artificial también afecta radicalmente a la situación actual de la iluminación con una lámpara de 26 bombillas en el crucero e iluminación puntual dispersa en cada escultura que encontramos en el recorrido, sin contar con la iluminación del coro, estremadamente alta.

Muchas han sido las intervenciones a lo largo del tiempo en la catedral, pero la más significativa tuvo intereses barrocos como fue la presencia del lucernario barroco “el transparente” (Fig. xxx), obra de pintura y escultura que incluye “una pequeña capilla del Sacramento con un diminuto camarín en el que se guardan las formas consagradas y que posee una pequeña ventana en el muro de la girola para iluminar este espacio”<sup>196</sup>. Este gran lienzo es iluminado por un lucernario abierto en el muro absidal que ha convertido el deambulatorio, otra vez oscuro y dedicado al recogimiento y al culto de reliquias y la peregrinación, en un lugar plenamente inundado de iluminación natural (Fig. 6.161 y Fig. 6.162), tal como reflejan las gráficas que posteriormente se explican.

<sup>196</sup> NICOLAU, Juan, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 258

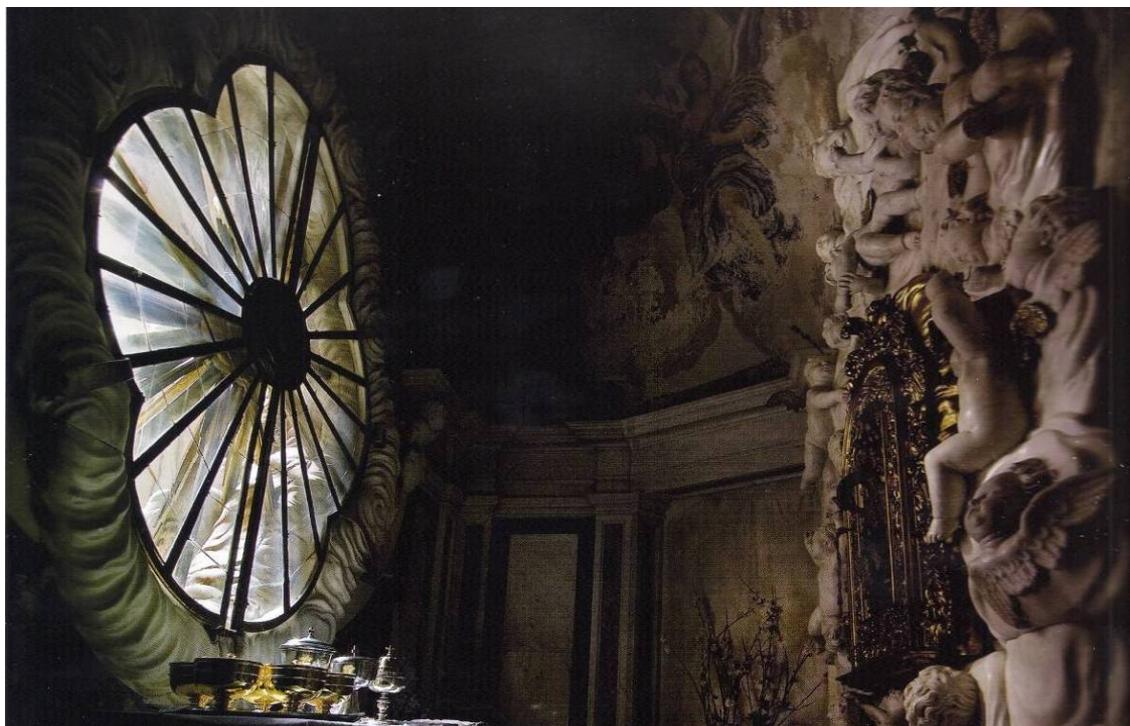


Fig. xxx. Transparente de Toledo. Fotografía: Alberto Rodrigo Matute y Miguel Ángel Valdivielso



Fig. 6.161. Iluminación proyectada sobre una columna con "lux vera". Catedral de León. Fotografía de Juan M. Medina.



Fig. 6.162. Iluminación proyectada sobre una columna con "lux natural" en el deambulatorio de la Catedral de Toledo. Fotografías: Alberto Rodrigo Matute y Miguel Ángel Valdivielso<sup>197</sup>.

<sup>197</sup> RODRIGO, Alberto y VALDIVIESO, Miguel Ángel, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 273.

Y por último encontramos multitud de ejemplos de distorsión puntual de la iluminación gótica como son los reflejados en la Fig. 6.163

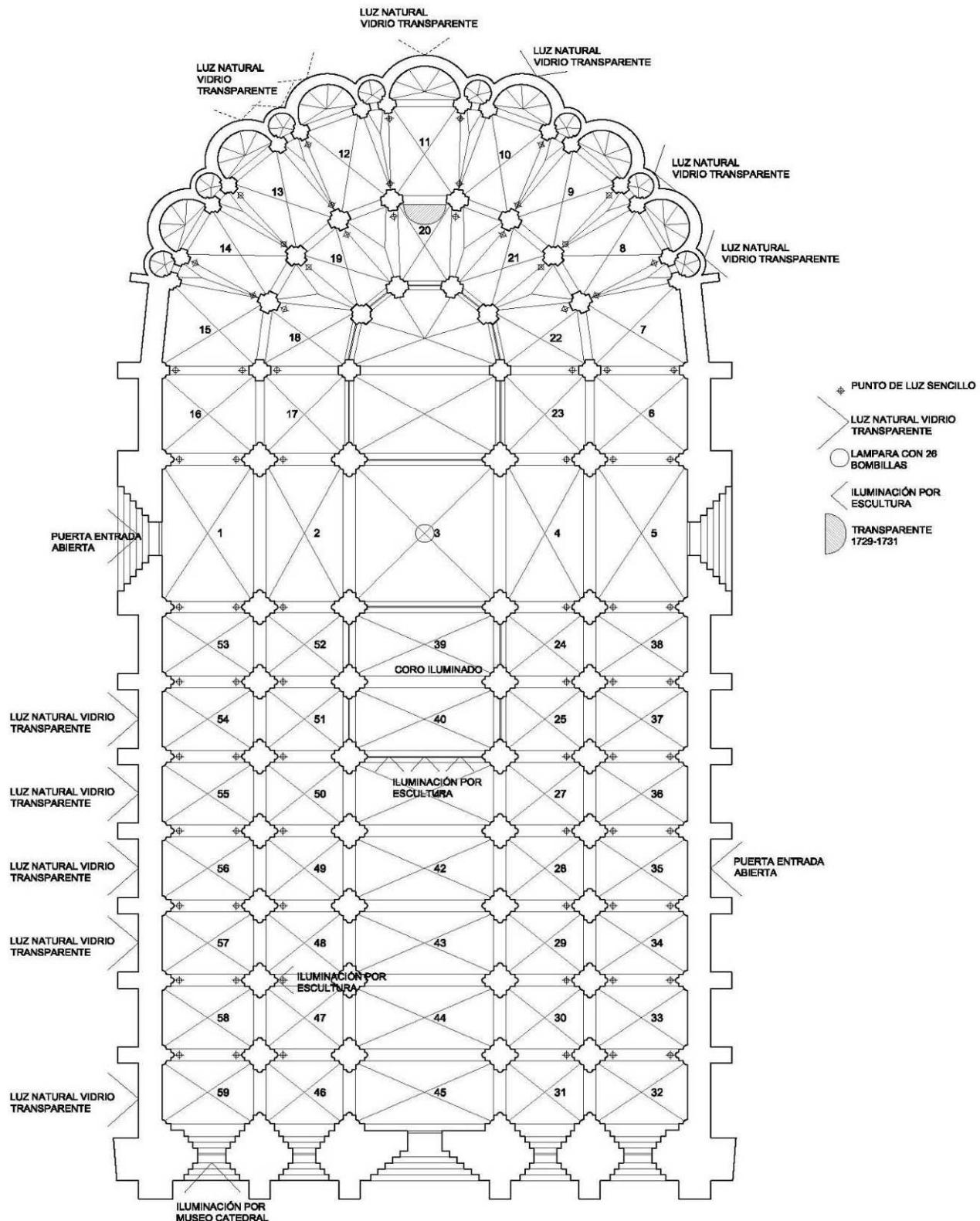
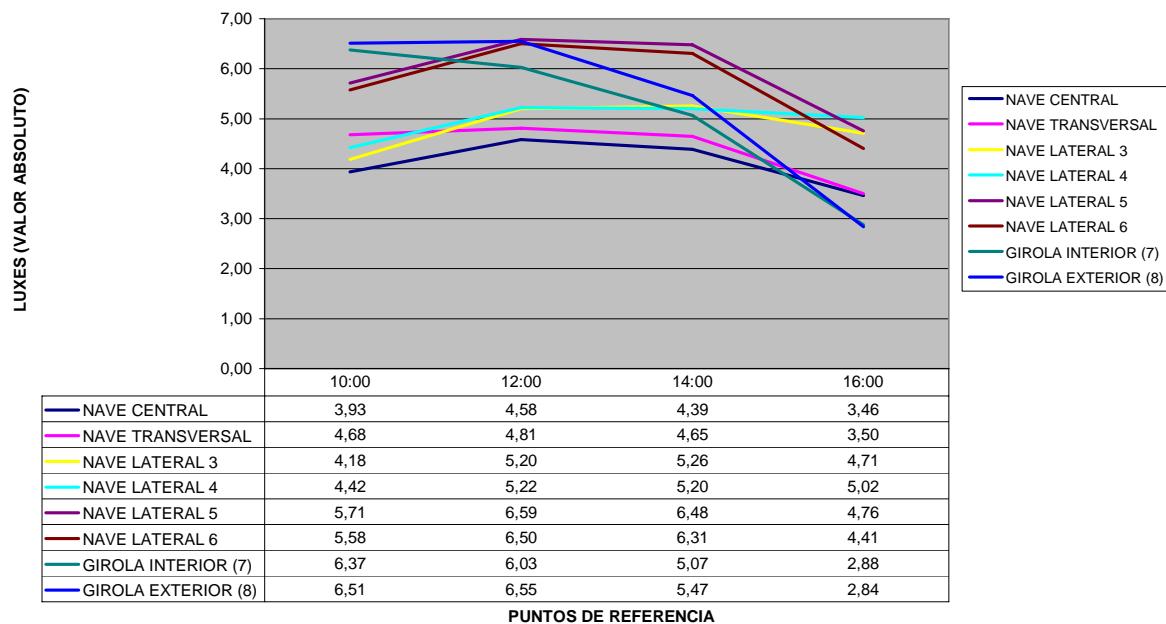
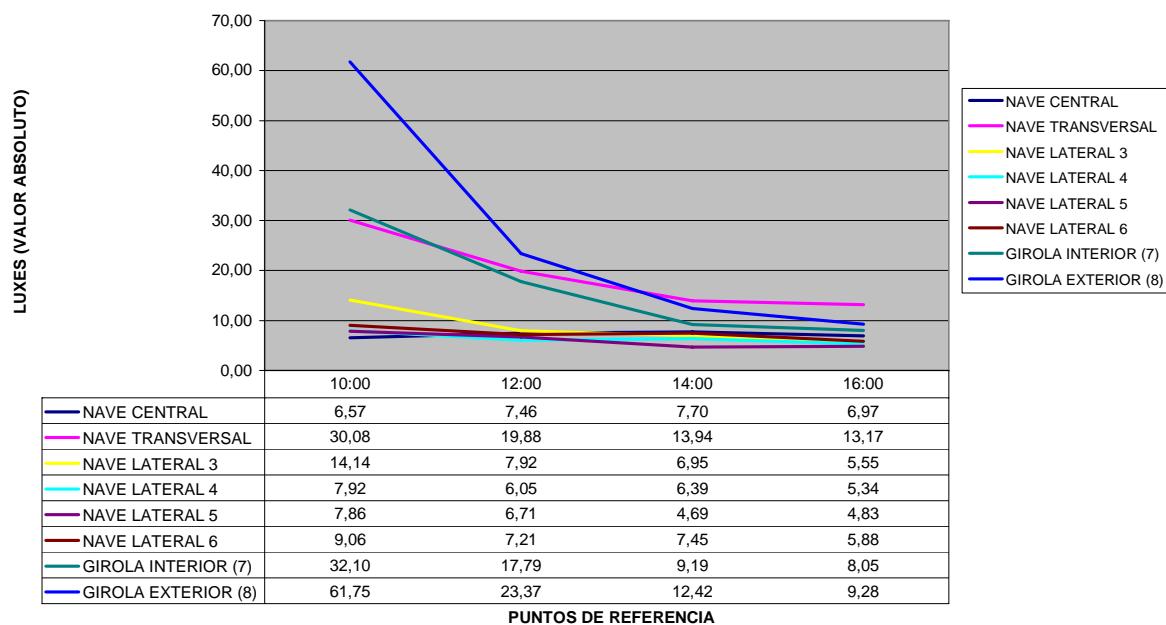


Fig. 6.163. Planta de la catedral de Toledo que marca las distorsiones existentes a nivel de iluminación. Autor: Juan M. Medina. 21 de Junio de 2008.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

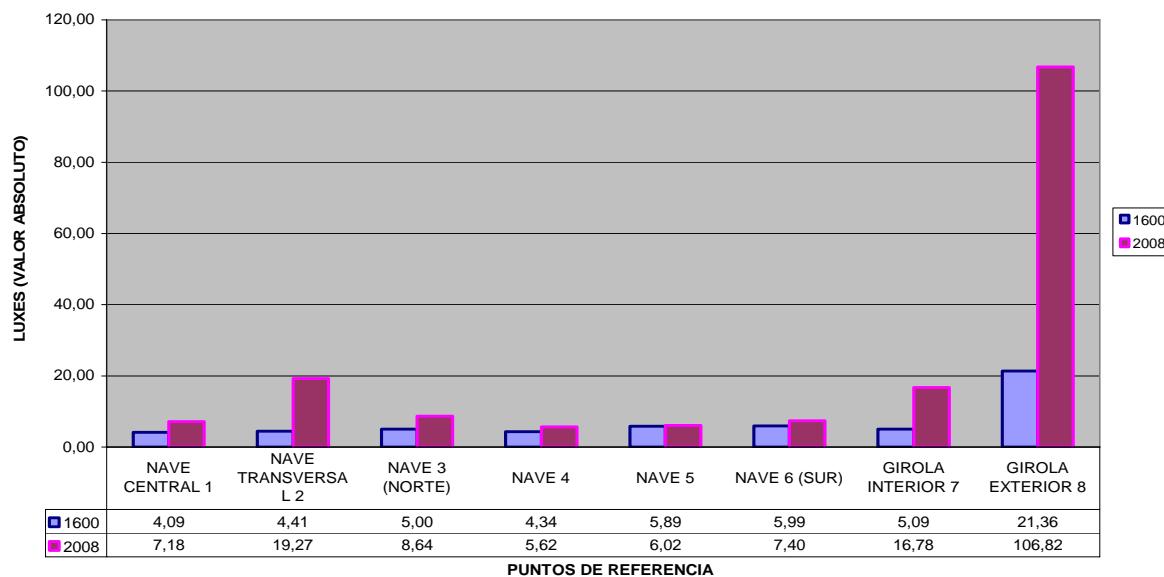


21 JUNIO 2008 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

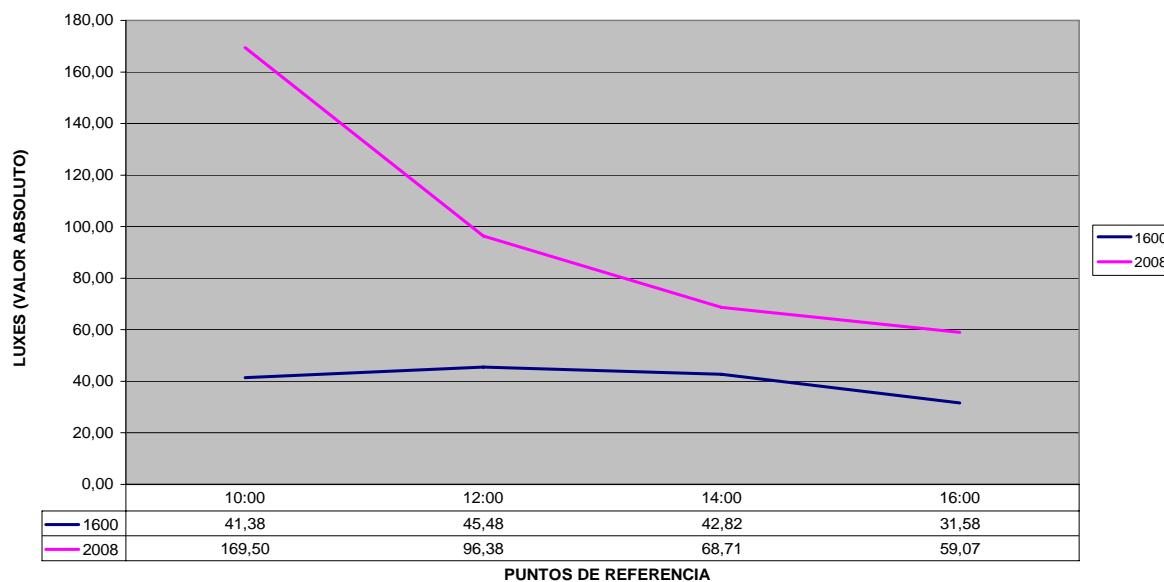


Si comparamos la iluminación total por zonas de la catedral observamos como, mientras algunas naves conservan en la actualidad los parámetros de iluminación gótica, en el entorno de los 4 a 10 luxes y de manera homogénea a lo largo del día, el deambulatorio se encuentra completamente distorsionado, fundamentalmente a primera hora de la mañana, cuando el sol entra por el transparente. También encontramos grandes diferencias en la nave transversal por encontrarse en ella la puerta de entrada al templo y estar permanentemente abierta.

21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO POR ZONAS



21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO EN LA CATEDRAL A LAS DISTINTAS HORAS DEL DÍA

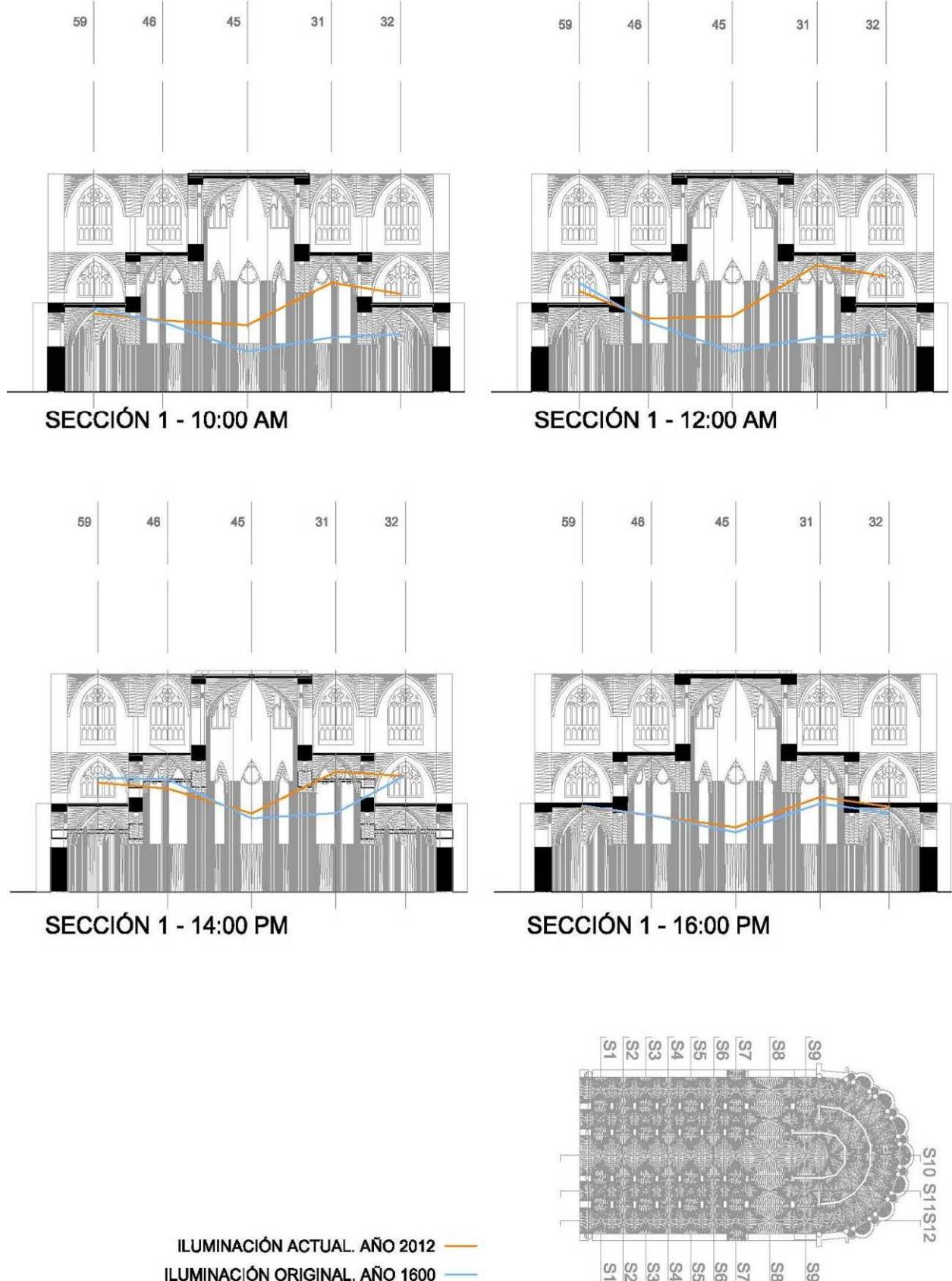


Todo lo anteriormente descrito se describe perfectamente en las dos gráficas precedentes. En la comparativa de incidencia total por zonas vemos como la girola exterior fundamentalmente, pero también la nave transversal y la girola interior, disparan sus niveles de iluminación en la actualidad.

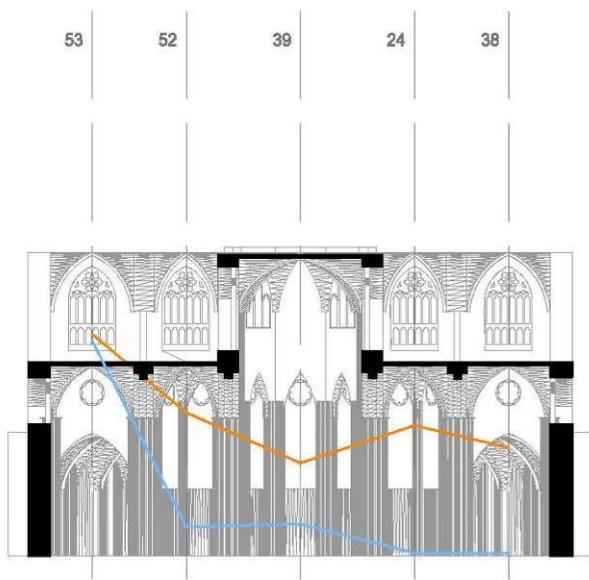
Lo mismo pasa cuando establecemos la comparación por horas del día, donde la iluminación de la mañana sale claramente distorsionada por culpa del transparente.

A continuación se incorporan las gráficas comparativas que relacionan la iluminación actual con el estado inicial sobre las secciones de la iglesia.

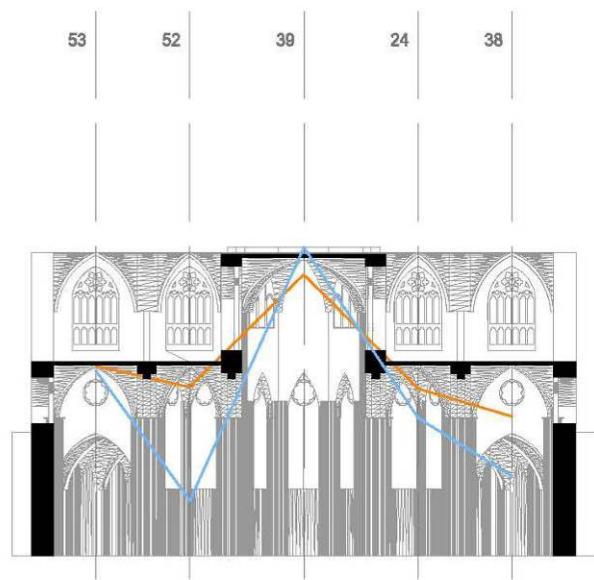
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



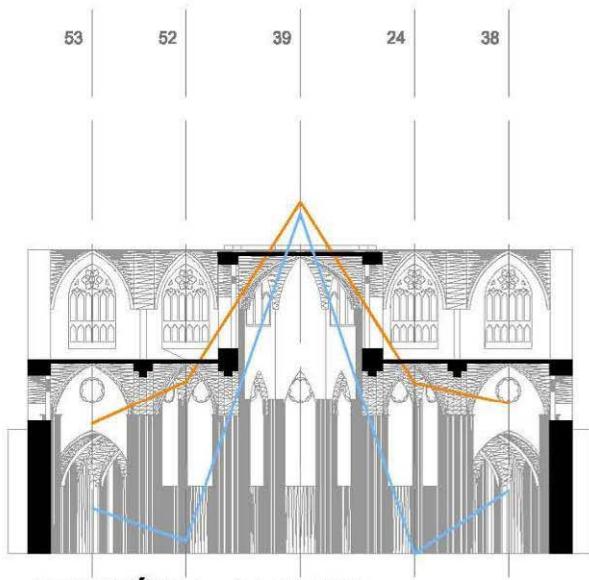
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



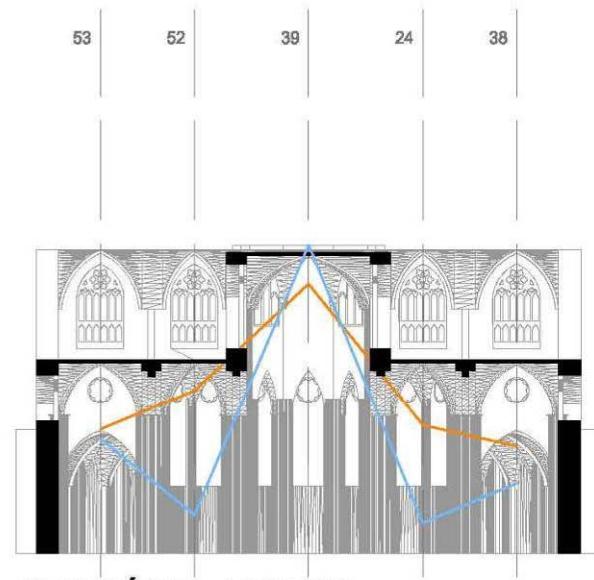
SECCIÓN 7 - 10:00 AM



SECCIÓN 7 - 12:00 AM

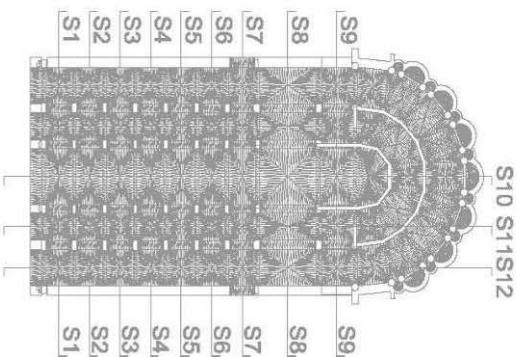


SECCIÓN 7 - 14:00 PM

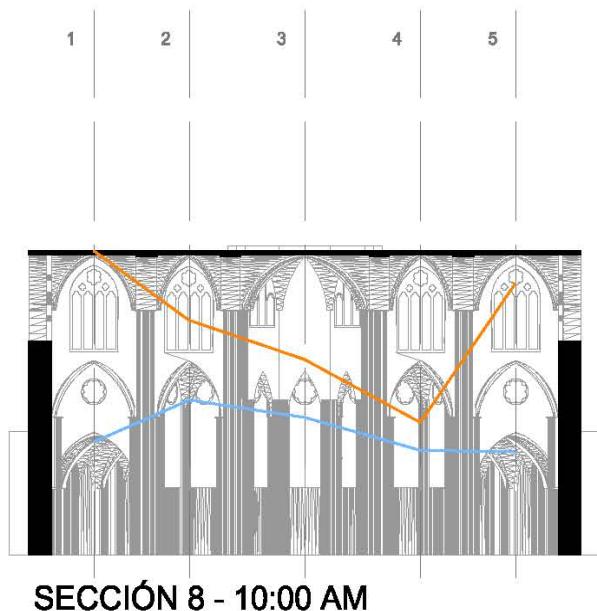


SECCIÓN 7 - 16:00 PM

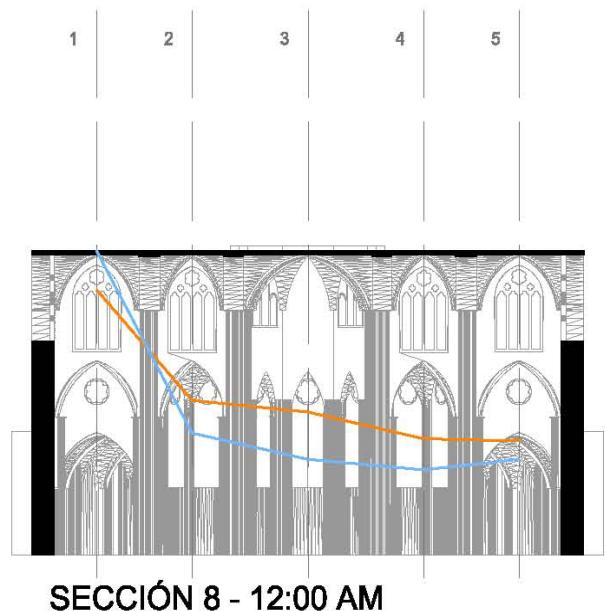
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



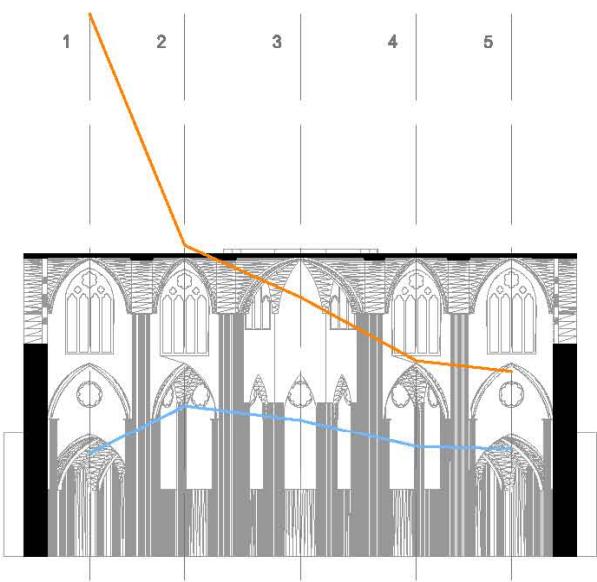
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



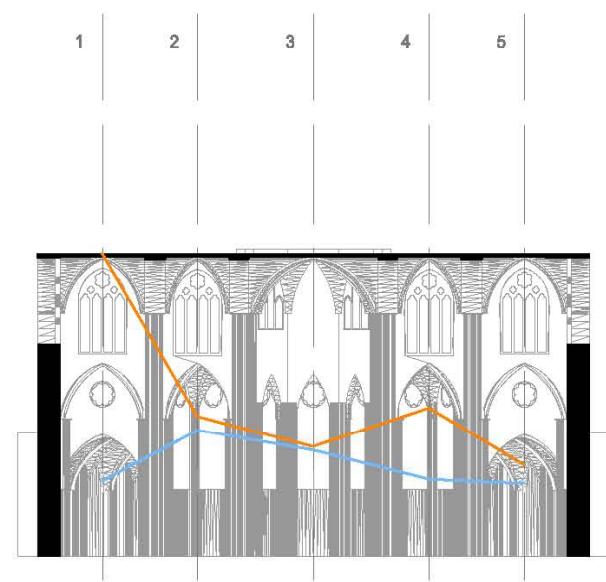
SECCIÓN 8 - 10:00 AM



SECCIÓN 8 - 12:00 AM

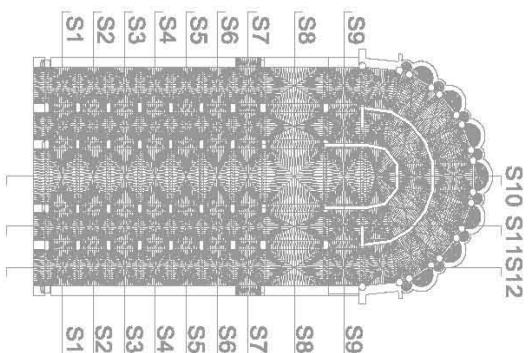


SECCIÓN 8 - 14:00 PM

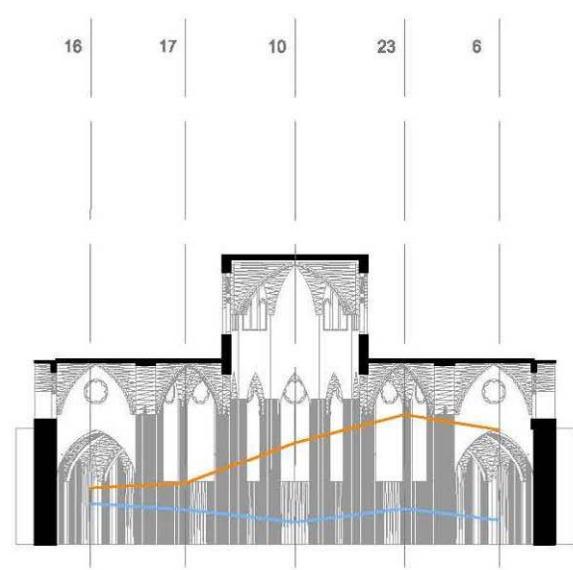
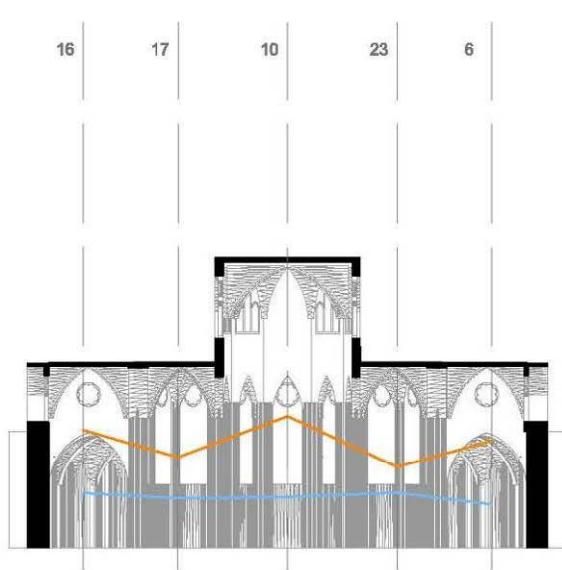
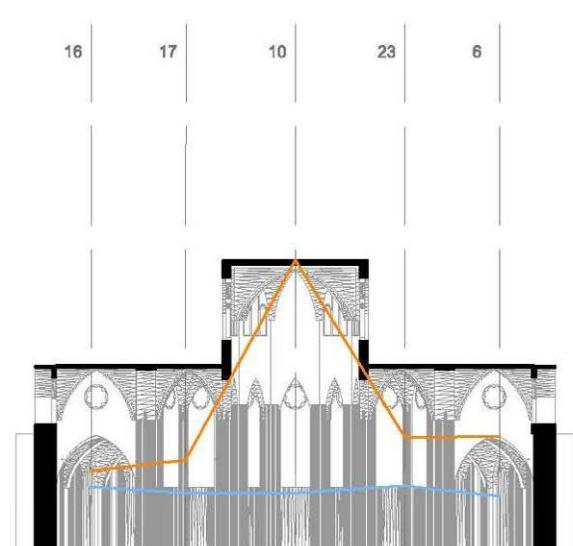
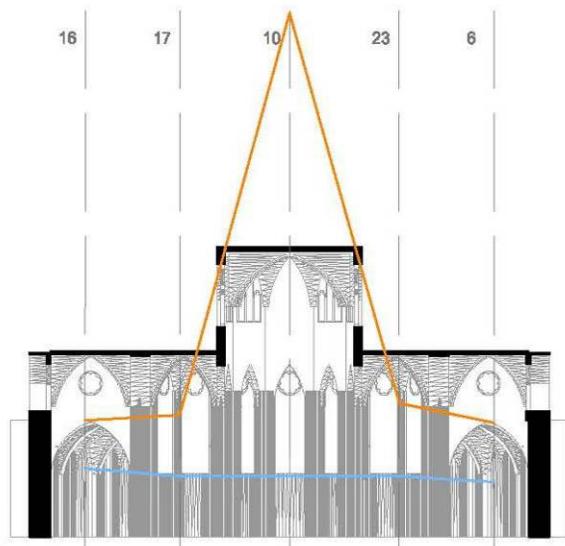


SECCIÓN 8 - 16:00 PM

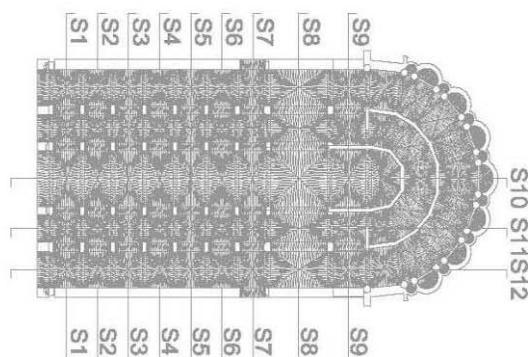
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL

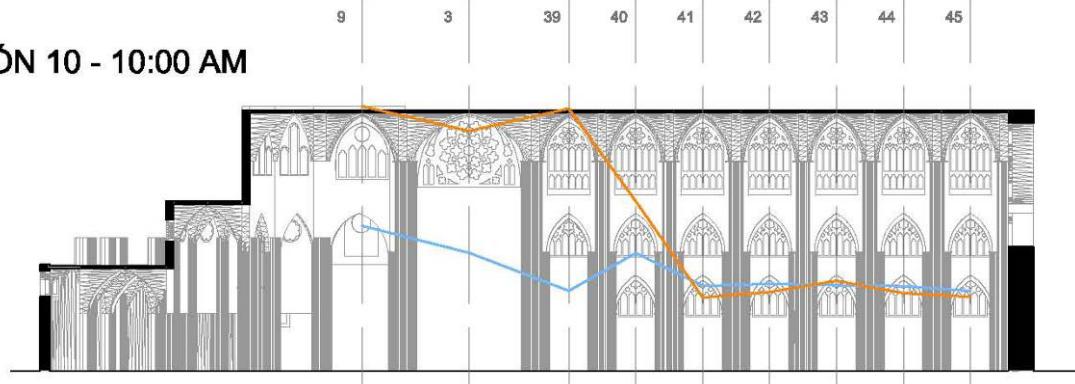


ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —————  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —————

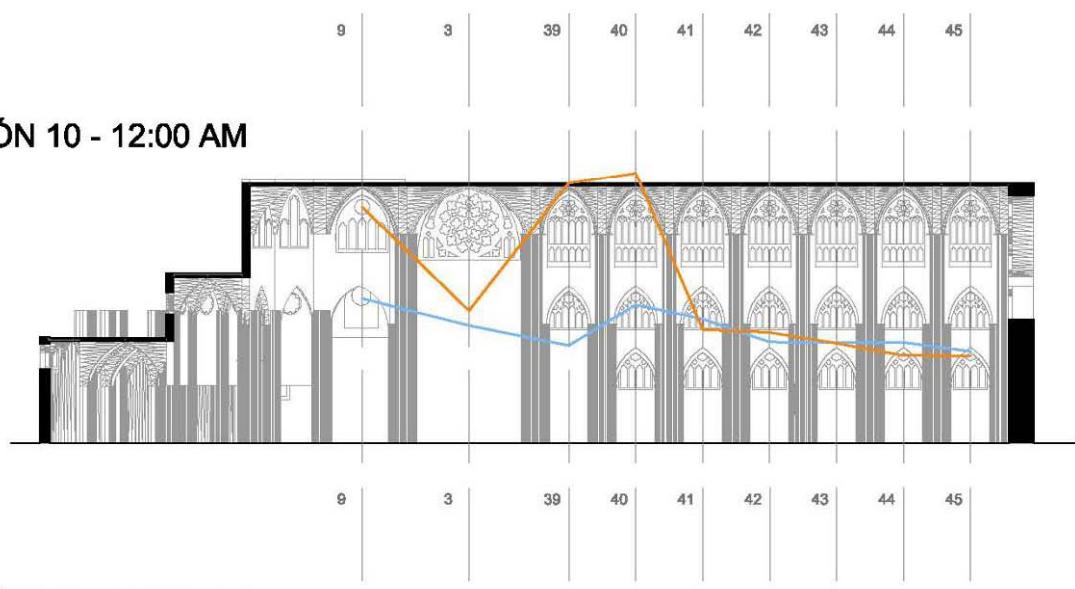


COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL

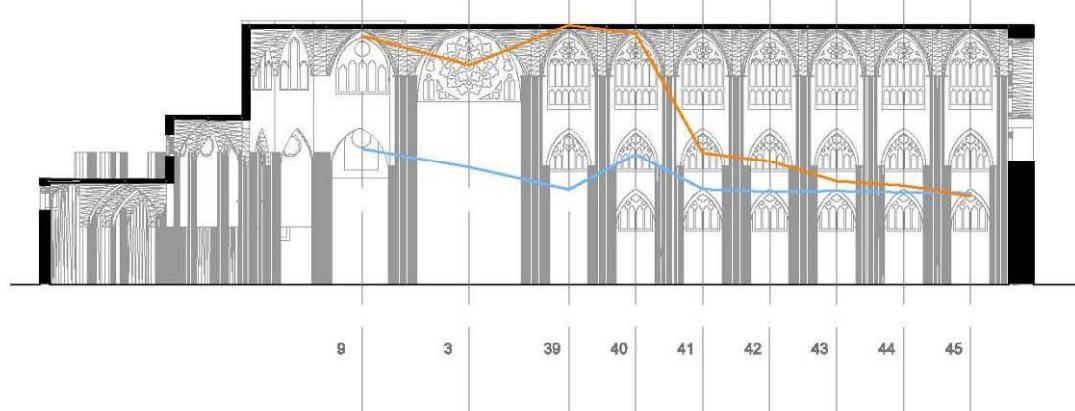
SECCIÓN 10 - 10:00 AM



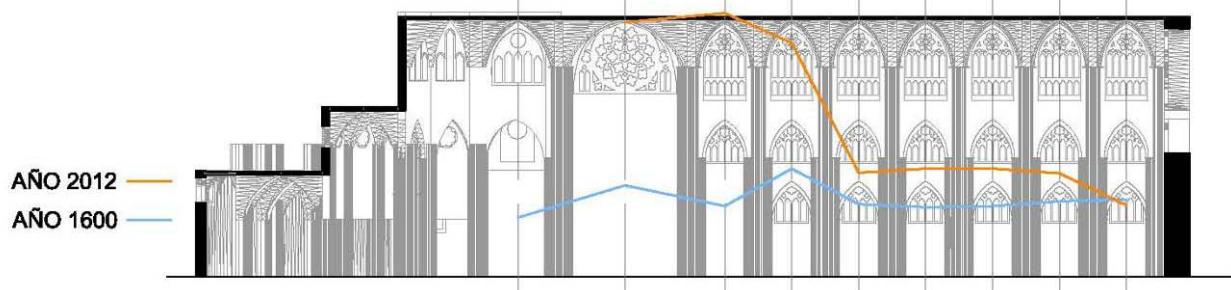
SECCIÓN 10 - 12:00 AM



SECCIÓN 10 - 14:00 PM



SECCIÓN 10 - 16:00 PM



#### 6.4.9 CATEDRAL DE TOLEDO. ANÁLISIS DE COLOR.

La catedral de Toledo posee un conjunto artístico de vidrieras coherentes y de gran unidad compositiva. Sus vidrieras, tanto por su composición como por su desarrollo iconográfico, trazan un recorrido histórico por los distintos estilos del gótico y el renacimiento español.

En primer lugar tenemos las incipientes vidrieras del S XIV que “tienen toda la lozanía, viveza de color y monumentalidad de diseño de las mejores de la anterior centuria”.<sup>198</sup> Pero llegaremos hasta “las formas tardías de algunas vidrieras del S XVIII, pasando por el gótico internacional, la vidriera de influjo flamenco, las soluciones del renacimiento inicial y las más avanzadas de esta corriente”<sup>199</sup>. Sin embargo las vidrieras han sufrido a lo largo de la historia importantes modificaciones, las más importantes las que sufrieron a causa del conflicto bélico de la guerra civil, entre los años 1936 y 1938, lo que obligó, a mediados y finales del siglo pasado a una concienzuda restauración de las vidrieras según el principio de restitución.

Las vidrieras de la catedral han sido valoradas desde el S XVIII, momento en el que el auge de los espacios diáfanos hacía que no se valorase la iluminación simbólica, y así Ponz describía que “las más de las ventanas de este gran templo tienen hermosas vidrieras pintadas y tan bien hechas, que el que no se parase a contemplarlas, con razón pudiera ser tenido por negligente y poco observador de lo bueno.”<sup>200</sup> También Ceán Bermúdez observó su importancia al calificarlas de “magníficas vidrieras que forman un conjunto ensamblado armoniosamente en la arquitectura del edificio.”<sup>201</sup>

La disposición de las vidrieras de la catedral de Toledo se ve supeditada por su composición arquitectónica y el tal como describe nieto “La disposición escalonada de sus cinco naves, proyectadas “ad triangulum”, permitió la apertura de vanos en tres niveles: nave central, naves laterales y capillas” Sin embargo, este escalonamiento no muestra en la nave central una gran diferencia de altura con respecto a las colaterales por lo que “en comparación con otras catedrales góticas del siglo XIII, el claristorio de la nave central y

---

<sup>198</sup> CHUECA, Fernando, “La catedral de Toledo”. Ed: Everest, León, 1981. ISBN: 84-241-4719-7. p. 36.

<sup>199</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLEZ, Ramón, “La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270

<sup>200</sup> PONZ, Antonio, “Viaje de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas de saberse que hay en ella”, Edición en la imprenta de la viuda de Ibarra. Madrid, 1796. t. I, carta II, num.60, p.91.

<sup>201</sup> CEÁN, J.A., “Diccionario histórico de los más ilustres profesores de las Bellas Artes en España”, Edición en la imprenta de la viuda de Ibarra, Madrid 1800, t. I, p. XLIX.XLX.

*del crucero se proyectó reducido en altura*".<sup>202</sup> Sólo a finales del siglo XV o principios del s XVI, según notó Lampérez<sup>203</sup>, la transformación del grupo de vidrieras aumentó su tamaño y número.

Es interesante destacar, a efectos de la iluminación del presbiterio, que en los ventanales de la Capilla Mayor se hace aún más evidente esta reducción del ventanaje, al existir un triforio no calado sobre el que se abre un cuerpo de ventanas de escasa altura y presbiterio poco profundo que sólo permite la apertura de una ventana a cada lado. Esta reducción de ventanas de la Capilla Mayor influye en la distribución de iluminación del altar y es algo detectado en el diseño de arquitecturas posteriores donde podremos ver como se incluyen grandes retablos que reducen las dimensiones de los ventanales.

Los grandes ventanales de las naves laterales están formados por seis lancetas, las dos centrales más altas, con sus claraboyas. El resto de ventanas siguen patrones de composición tradicionales, como ventanales con dos vanos y óculo lobulado en la zona de capillas, o los otros huecos compuestos con tres lancetas rematadas en forma de arco apuntado. En cuanto a los rosetones es interesante comprobar la diferencia entre los rosetones del crucero de reducidas dimensiones y de simplicidad compositiva y el rosetón de los pies de la iglesia, en su fachada occidental, de grandes dimensiones y riqueza de tracería.

Tal como describíamos en el análisis de la sección, la volumetría y la relación existente entre el vano y el muro, el conjunto de vidrieras de la catedral no puede reconocerse como el de un conjunto de vanos que generen muros *traslúcidos* del tipo extremo como son las catedrales de León y Sainte Chapelle. Sin embargo, y tal como describe Nieto, "al tratarse de un conjunto completo que cierra la totalidad de los vanos del edificio, las vidrieras constituyen uno de los conjuntos más representativos de la integración de la vidriera en la arquitectura gótica como elemento determinante de la iluminación interior, cuyo espacio se ofrece **coloreado, cambiante y trascendente** mediante la transformación de la luz natural en *lux vera*"<sup>204</sup>.

Del conjunto de vidrieras de la catedral cabe destacar cuatro grandes grupos: En primer lugar encontrariamos las más tempranas en el tiempo que, a diferencia de otras catedrales góticas como León o Burgos, que poseen vidrieras de finales del S. XIII, son de

<sup>202</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270

<sup>203</sup> LAMPÉREZ Y ROMEA, V. "Los ventanales de la catedral de Toledo", Toledo, 1922. P. 275.

<sup>204</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270

principios del S. XIV, como es el rosetón del hastial del brazo norte del crucero situado sobre la Puerta del Reloj.

Después de este ejemplo temprano y aislado dentro del conjunto de vidrieras de la catedral, hay que esperar unos años para que se inicien los trabajos de manera continua que llevarán a conseguir un conjunto homogéneo en la catedral; impulsado por el arzobispo Don sancho de Rojas y bajo la dirección de los maestros Jacobo Dolfin y su ayudante Luys Coutin, entre 1418 y 1427, comenzaron por la cabecera y los ventanales del lado oriental del crucero. Estas vidrieras muestran “*uno de los ejemplos más tempranos en España de vidriera del gótico internacional cuyo lenguaje cortés, estilizado y elegante*”<sup>205</sup>. Todo este grupo se enmarca dentro de un estilo de maestros influenciados por los vidrieros franceses que importaron soluciones y procedimientos técnicos de su experiencia fuera de España.

Posteriormente, tenemos las vidrieras al maestro **Enrique Alemán**, que contrastan con las anteriores por su vigor y monumentalidad. Creadas en las últimas décadas del S. XV, son vidrieras claramente influenciadas por las formas flamencas, dado el conocimiento cercano que el maestro Enrique tenía de las técnicas experimentadas en esas tierras. La importancia de este maestro es tal que algunas de las mejores vidrieras góticas que podemos encontrar en el panorama español son creadas por el artista, y se ubican fundamentalmente en dos de los grandes templos de la época, Toledo y Sevilla. De él será la vidriera seleccionada que luego describiremos.

Por último y, en lo que podríamos llamar el cuarto gran grupo de vidrieras, tenemos las vidrieras determinadas por la presencia de las formas del Renacimiento. Si bien la continuidad de programa iconográfico consiguió mantener el ambiente colorista del gótico simbólico, la tracería y composición de los ventanales de esta época (a partir de 1520) llevan los rasgos típicos del renacimiento temprano.

Las intervenciones posteriores a este último grupo, y debido a la caída en desuso de este tipo de iluminación colorida y simbólica que ya hemos explicado en el capítulo del “*paso del gótico al renacimiento*”, son menores, y no se tiene constancia de intervención en los ventanales hasta 1713, con intervenciones en todo caso puntuales. La última gran intervención fue la llevada a cabo a raíz de los grandes desperfectos ocasionados por la Guerra Civil española, comenzando en 1947 la gran “*reparación de lo existente*”.

---

<sup>205</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, “*La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia*”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 271

La vidriera que ha sido seleccionada es una de las llevadas a cabo por el maestro Enrique, más concretamente la vidriera derecha de la nave oeste, en su lado sur. En ella se representa la tipología tradicional de la vidriera monumental con representaciones de figuras, en este caso la virgen en el centro y los apóstoles en las lancetas contiguas, rematado el conjunto con ángeles en las lancetas extremas de las cinco que componen el conjunto. (Fig. 6.164 y Fig. 6.165).

Lo realmente interesante de este maestro vidriero, sobre todo en lo referente a la presente investigación, es la transversalidad de su trabajo, que le llevo al extremo de utilizar “según un procedimiento habitual entre los vidrieros de la época”<sup>206</sup> los mismos cartones que había empleado en la catedral de Sevilla, y que por tanto mantiene el mismo estilo y composición que las realizadas en el templo Hispalense.

Los vidrios y colores distribuidos en la vidriera seleccionada corresponden al estilo Flamenco y Enrique Alemán se comprometió ante el Cabildo que le contrató a ir a Flandes a comprobar “...buen vidrio, asy blanco, como azul, verde, colorado, amarillo o prieto de la groseza que llevare la muestra, e trayga tanto dello quanto sea menester e bastase para las ventanas e logares de la dicha sancta iglesia donde se ovieron de poner”<sup>207</sup>.

A continuación se expone el estudio sobre la vidriera seleccionada en la que se definen las proporciones de color que posee así como la proporción de vidrio sobre plomo.

---

<sup>206</sup> NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLEZ, Ramón, “La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia”, Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 273.

<sup>207</sup> ZARCO DEL VALLE, M.R., “Documentos inéditos para la historia de las Bellas artes en España”, Madrid, 1870. P. 305

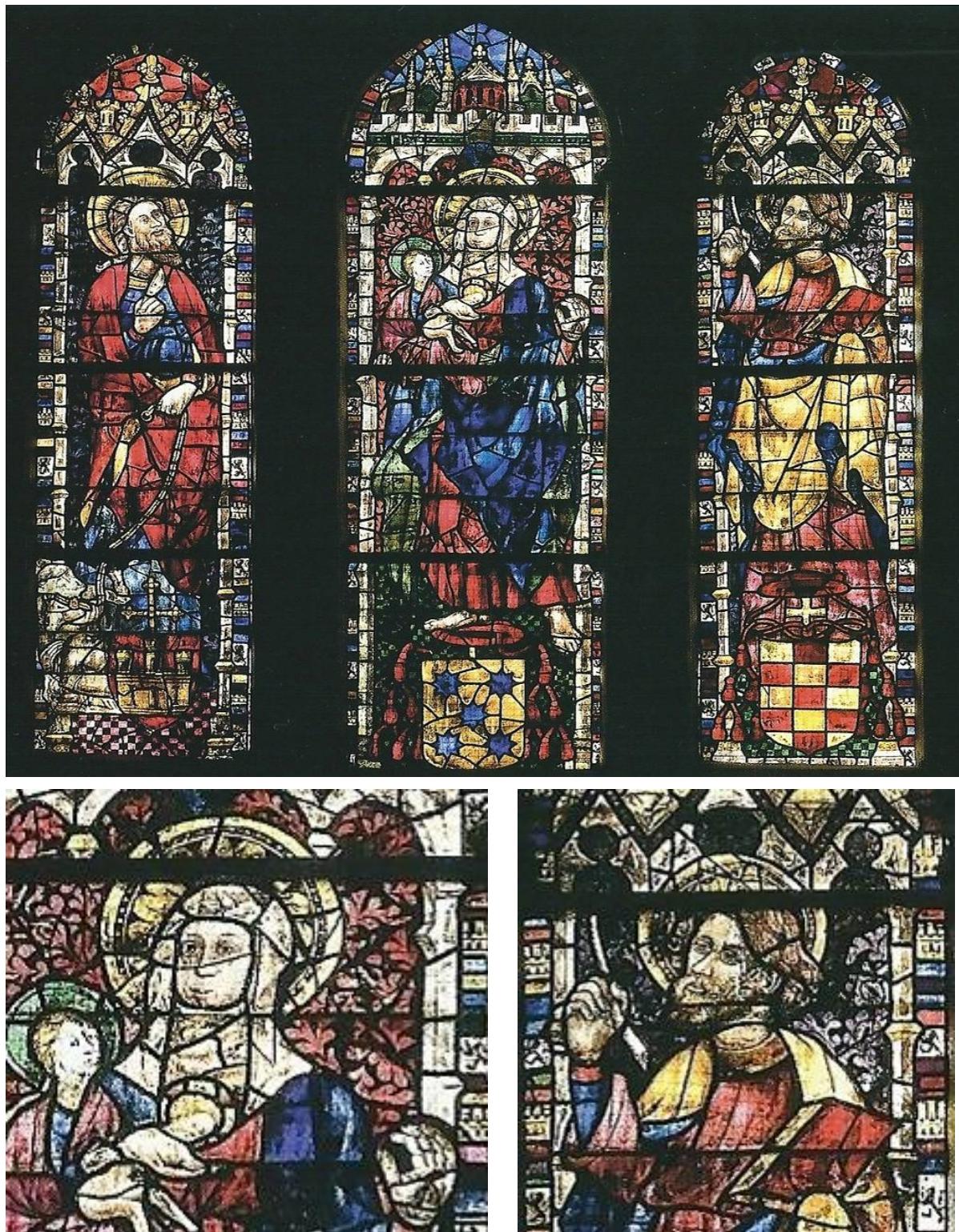


Fig. 6.164. Vidriera derecha de la nave oeste, lado sur. Fotografías: Alberto Rodrigo Matute y Miguel Ángel Valdivielso<sup>208</sup>

<sup>208</sup> RODRIGO, Alberto y VALDIVIESO, Miguel Ángel, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 273.

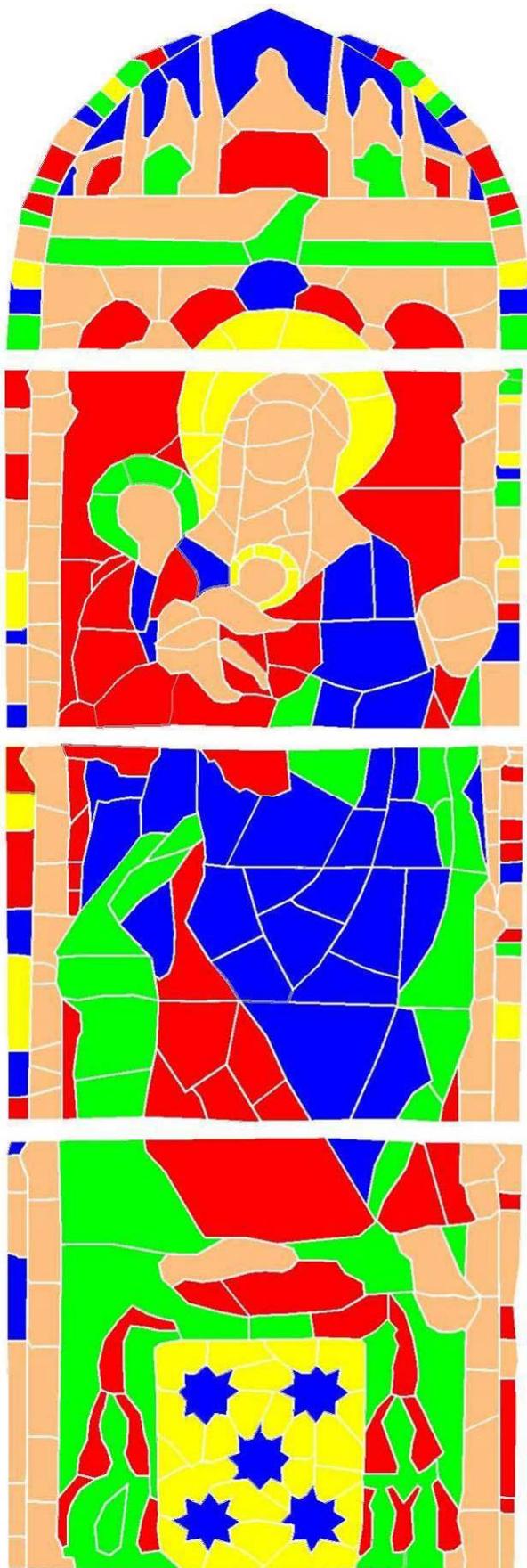
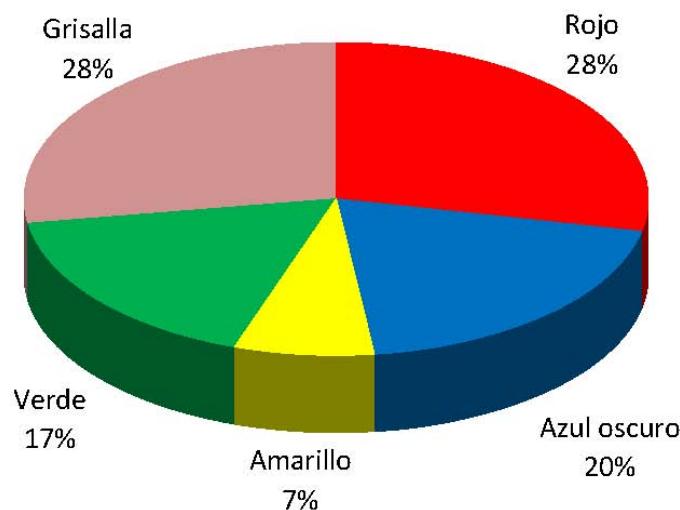
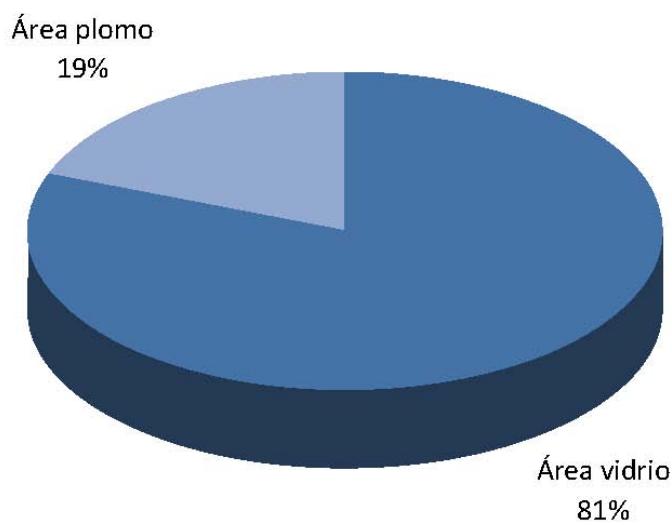


Fig. 6.165. Distribución del color de la vidriera de Toledo. Autor: Juan M. Medina.

### Distribución de colores vidriera. Toledo



### Factor de emplomado. Vidriera de Toledo



6.5 CATEDRAL DE LEÓN.



### 6.5.1 CATEDRAL DE LEÓN. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

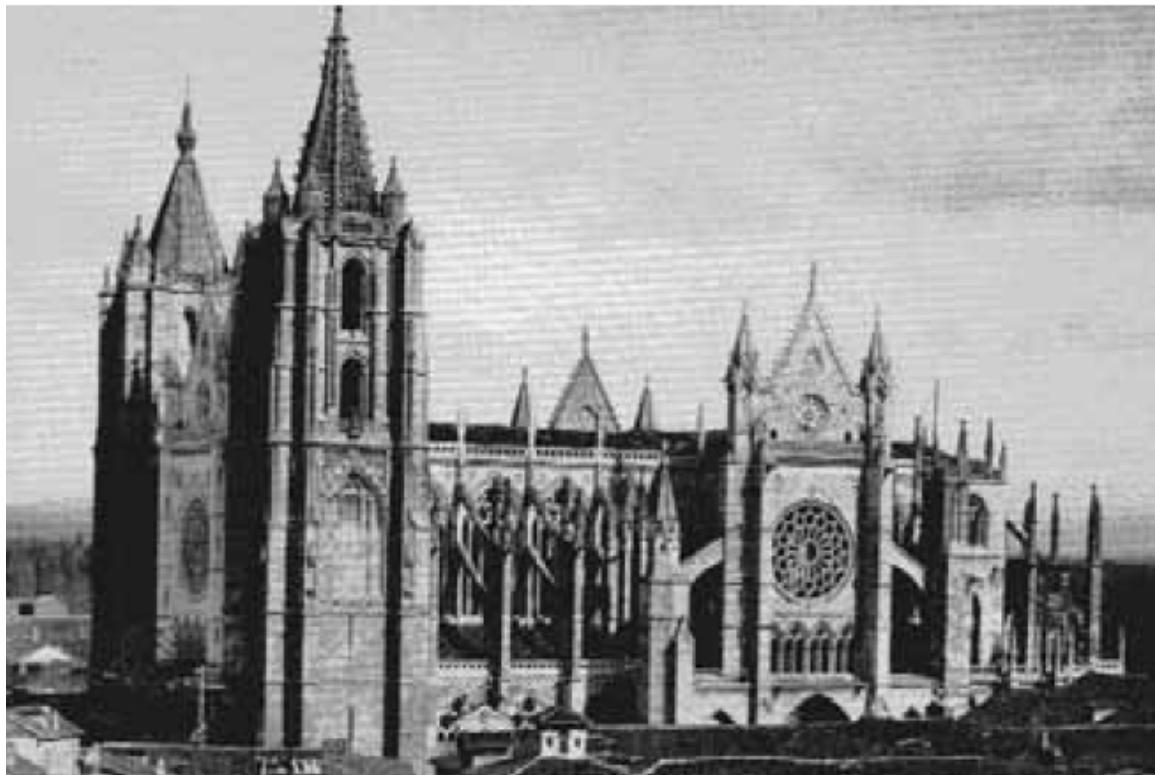


Fig. 6.166. Catedral de León. 1895. Fotografía: autor desconocido.

La catedral de León es, sin lugar a duda, el paradigma de las catedrales españolas de estilo "francés".

Las primeras trazas para el edificio gótico pudieron gestarse en torno a 1230, momento en que Fernando III unió el reino de León a la Corona de Castilla y las catedrales de Burgos y Toledo se levantaban según el *opus francigerum*.<sup>209</sup> Parece difícil diferenciar las distintas campañas constructivas que se gestaron para el inicio de la construcción de la catedral, pero lo cierto es que la iniciativa de su creación nació del obispo Martín Fernández (1254-1289), personaje de importancia relevante en la corte real castellana que llevó a la misma a un tiempo de esplendor posterior a los años caóticos en torno a 1250.

En cuanto a los maestros constructores, el auténtico impulsor del estilo arquitectónico de la catedral en su concepción gótica fue el maestro Simón, mencionado por primera vez en 1261. Existe una hipótesis bastante aceptada entre los distintos historiadores (Karge, Yarza, Herraez y Boto) y es que este maestro de obras provenía o había visitado con anterioridad

<sup>209</sup> ORTEGA, M<sup>a</sup> Victoria, "La construcción del templo gótico", Actas del Congreso Internacional "La Catedral de León en la Edad Media". Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1. p. 145

la región de Campaña y vino a España con su equipo de pedreros, lo que explicaría las similitudes de la planta de la catedral de León con las de Reims o Châlons-sur-Marne (Fig. 6.167 y Fig. 6.168), y las referencias incluidas en la catedral de León con respecto a Saint-Denis y la Sainte Chapelle de París. Este aspecto sería apoyado también por Baldellou cuando dice que “*La semejanza entre las plantas de las catedrales de Reims y León, resulta tan evidente en su concepción general que no cabe duda que la francesa servía de modelo a la española*”.<sup>210</sup>.

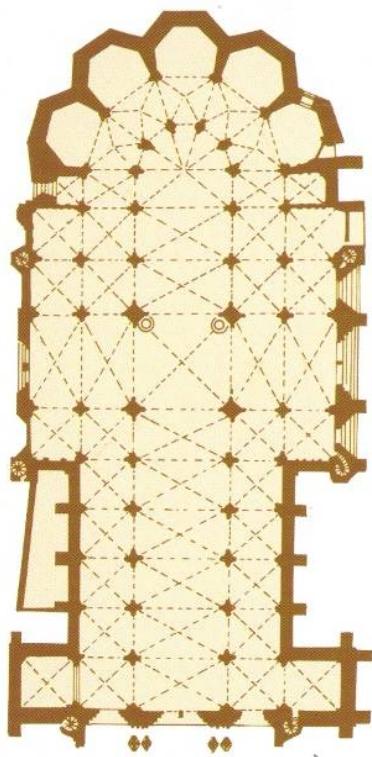


Fig. 6.167. Planta de la catedral de León.

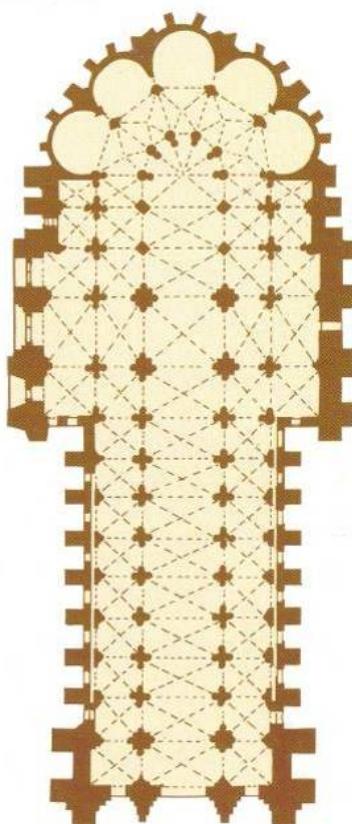


Fig. 6.168. Planta de la catedral de Reims.

También es significativo su parecido en alzado a las catedrales de Beauvais y Amiens (Fig. 6.169, Fig. 6.170 y Fig. 6.171)

<sup>210</sup> BALDELOU, Miguel, “*Catedrales de Europa*” Ed: Espasa Calpe, Madrid, 1995, ISBN: 84-239-9302-7. P. 277



Fig. 6.169. Fachada de León. Fig. 6.170. Fachada de Beauvais Fig. 6.171. Fachada de Amiens.

Esta catedral se concibió sin duda como impulso de la corona con respecto al contexto europeo, cuando “Alfonso X el Sabio hacia grandes esfuerzos para ser reconocido por emperador del Imperio Románico-Germánico, apoyado en esto enérgicamente por el obispo de León Martín Fernández”.<sup>211</sup> Posteriormente trabajaron en su construcción los Maestros Enrique (maestro también de la Catedral de Burgos) y el también burgalés maestro Pérez, que recogió la herencia del maestro Enrique y que trabajó en la catedral hasta finales del siglo XIII.

La obra principal gótica terminaría en el año 1301, aunque las construcciones del claustro y torres de fachada son posteriores (S. XIV y S. XVI, respectivamente). A partir de este momento y debido a múltiples factores, la catedral sufre múltiples derrumbes, transformaciones e intervenciones para mantener el espíritu de la catedral hasta nuestros días. Los más significativos serán la bóveda barroca del crucero construida en el S. VII, su posterior reconstrucción en el inicial estilo gótico por parte de Juan Madrazo (basándose en Viollet-Le-Duc para su construcción)<sup>212</sup> y la finalización de la misma por el famoso Demetrio de los Ríos (1901), que fue restaurador de la catedral hasta el año 1895, y que, tres años después de fallecido, deja para la posteridad, y tal como describe Javier Rivera y Julio Arrechea, “sale de la imprenta a la luz pública, por iniciativa de Vicente Lampérez y

<sup>211</sup> KARGE, Henrik, «*La arquitectura de la catedral de León en el contexto del gótico europeo*». Actas del Congreso Internacional “La Catedral de León en la Edad Media”. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1. p. 114

<sup>212</sup> GONZÁLEZ, Ignacio, “Racionalismo neogótico y restauración arquitectónica: Juan de Madrazo y Kunz. (1869-1879)”, Capítulo del libro “La catedral de León. Historia y restauración (1859-1901)”. Ediciones de la Biblioteca Leonesa Digital, Fundación “Saber.es”, y del servicio de publicaciones de la Universidad de León, León. Capítulo V.

Romea, su monumental obra *La Catedral de León consistente en dos extensos volúmenes, el primero dedicado a la historia de la Iglesia y el segundo a las restauraciones que en todos los tiempos conoció, sobre todo la suya*<sup>213</sup>. (Fig. 6.172 y Fig. 6.173).

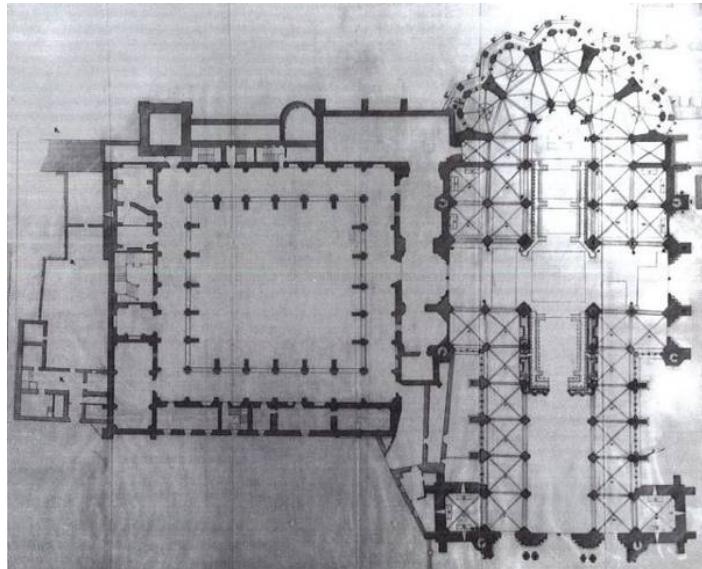


Fig. 6.172. Planta de la catedral de León según Demetrio de los Ríos. 1870.<sup>214</sup>

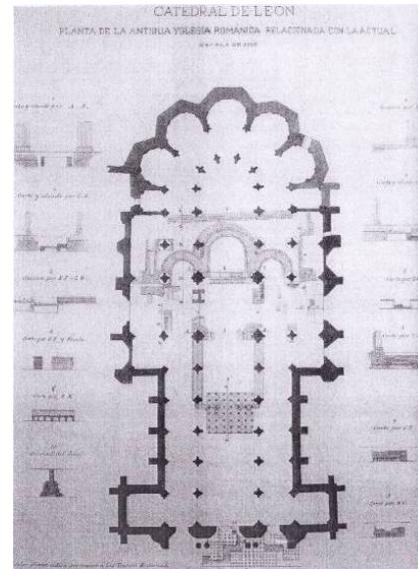


Fig. 6.173. Planta de las excavaciones de Demetrio de los Ríos con los restos románicos. 1875.

La concepción arquitectónica de la catedral no muestra apenas tradiciones hispánicas, sino que “recrea el sofisticado estilo radiante (*Style Rayonnant*) desarrollado en el norte de Francia hacia 1230”.<sup>215</sup> Esto se observa en los inmensos ventanales de tracería, los dobles arbotantes de apoyo de la nave central y las múltiples facetas de las capillas de la girola. Sin embargo, dentro de este indudable parecido, existen algunos otros aspectos que “prueban al mismo tiempo la originalidad de la concepción leonesa respecto a los modelos franceses”<sup>216</sup>, como es la independencia de las dos torres de fachada occidental con respecto a la nave principal, lo que acentúa la sensación de esbeltez de la misma.

<sup>213</sup> RIVERA, Javier, ARRECHEA, Julio, “*La Catedral de León. Un monumento en permanente metamorfosis*”. Tomo I y Tomo II, Ed: Ámbito Ediciones y Diputación de León, Valladolid, 1989. ISBN 84-86770-26-2.

<sup>214</sup> CARRERO, Eduardo, “*Santa María de Regla de León: la Catedral medieval y sus alrededores*”, Servicio de Publicaciones y Medios Audiovisuales de la Universidad de León. León, 2004. ISBN: 84-9773-128-X. p.40

<sup>215</sup> KARGE, Henrik, «*La arquitectura de la catedral de León en el contexto del gótico europeo*». Actas del Congreso Internacional “*La Catedral de León en la Edad Media*”. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1. p. 113

<sup>216</sup> KARGE, Henrik, «*La arquitectura de la catedral de León en el contexto del gótico europeo*». Actas del Congreso Internacional “*La Catedral de León en la Edad Media*”. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1. p. 134

Muy significativas son las restauraciones que a lo largo del tiempo se han realizado sobre las tracerías y vidrieras de la catedral (Fig. 6.174 y Fig. 6.175), obteniendo hoy como resultado de las mismas el mayor conjunto de vidrieras y tracerías góticas "originales" junto con la catedral de Chartres, superando al resto de las catedrales del propio estilo "Style Rayonnant" (Fig. 6.176 y Fig. 6.177), y que han dado lugar a una catedral, que como citaba el Cardenal Roncalli, Juan XXIII, "*tiene más cristal que piedra, más luz que cristal, y más fe que luz*"<sup>217</sup>

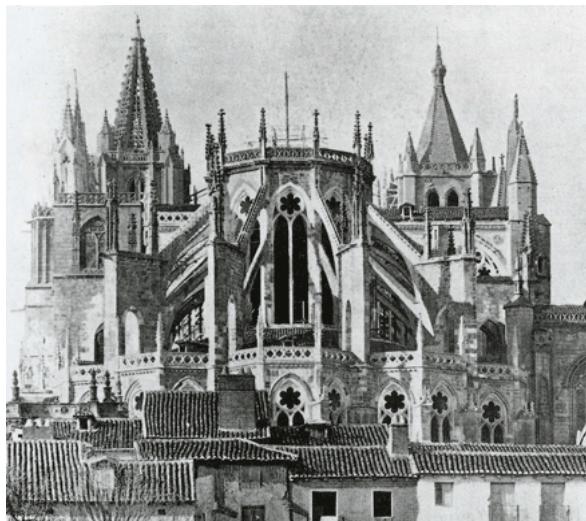


Fig. 6.174. Fotografía del ábside de la catedral de León sin vidrieras por su restauración. Autor desconocido.

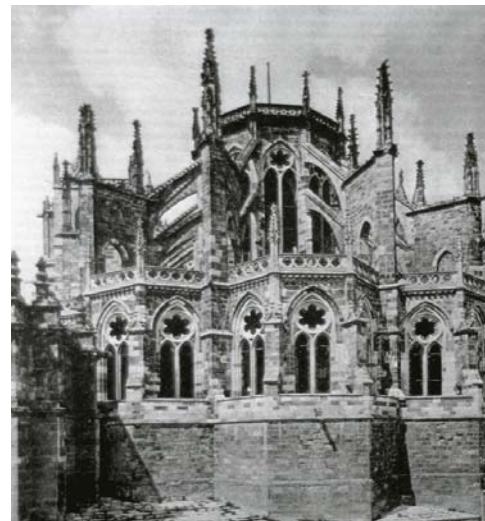


Fig. 6.175 Fotografía del ábside de la catedral de León sin vidrieras por su restauración. Autor desconocido.

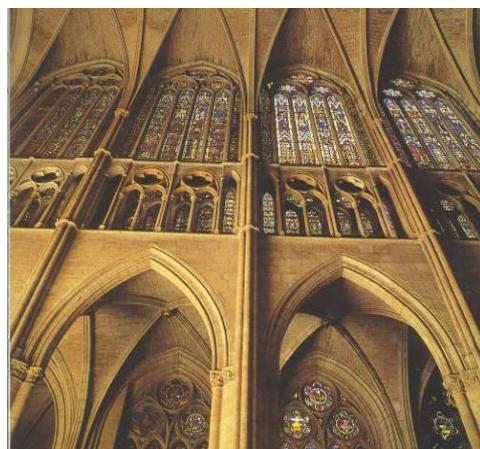


Fig. 6.176. Claristorio de la catedral de León.  
Fotografía: Juan M. Medina.

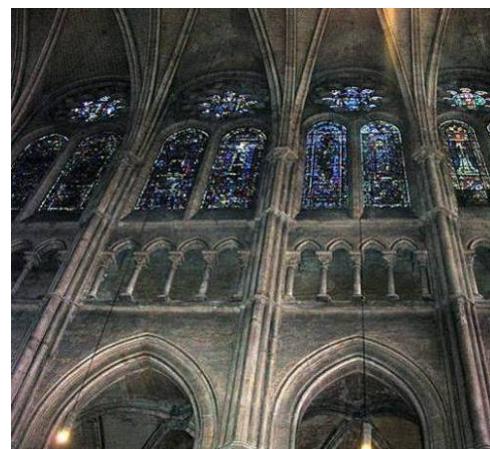


Fig. 6.177. Claristorio de la catedral de Chartres.  
Fuente: Wikipedia.com

La planta de la catedral consta de tres naves configuradas con tramos barlongos y transepto desarrollado más una cabecera rodeada de girola simple, configurada con

<sup>217</sup> PANIAGUA, Jesús, RAMOS, Felipe, "*En torno a la Catedral de León*", Ed: Universidad de León, Cabildo de la S.I.C. de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-124-7.

tramos trapezoidales y capillas radiales, lo que nos da una singular distribución en planta, más francesa que española. (Fig. 6.178)

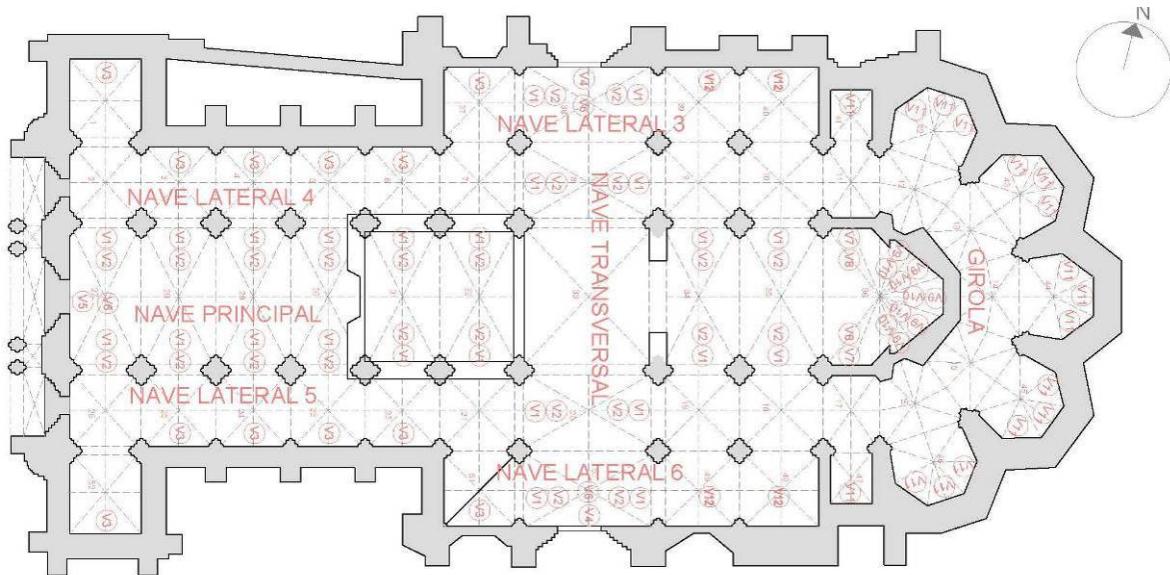


Fig. 6.178. Planta de la catedral de León. Autor: Juan M. Medina

### 6.5.2 CATEDRAL DE LEÓN. MODELOS 2D Y 3D.

La toma de datos necesaria para la recreación de los modelos en 2D y posteriormente la generación del modelo 3D fue realizada el **21 de septiembre de 2011**; equinoccio de otoño.

En la toma de datos se tomaron medidas geométricas de la catedral que permitían el levantamiento de la misma así como la **toma de datos de iluminación actual** descrita en el método de análisis de la tesis, es decir, tomando referencia de lúmenes debajo de cada bóveda de crucería de las distintas naves de la catedral para las cuatro horas del día censadas (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00). Estos datos nos servirán para la comparativa entre el estado original y el actual de la iluminación en la catedral que será desarrollado con amplitud en el capítulo designado al efecto.

El resultado gráfico interpretado de lo que sería el proyecto original gótico representa la **denominación de las naves**, la **memoria de vidrieras** de la planta y la **posición de los puntos de muestreo** utilizados para la medición lumínica debajo de cada bóveda. La representación final es la siguiente:

Planta:

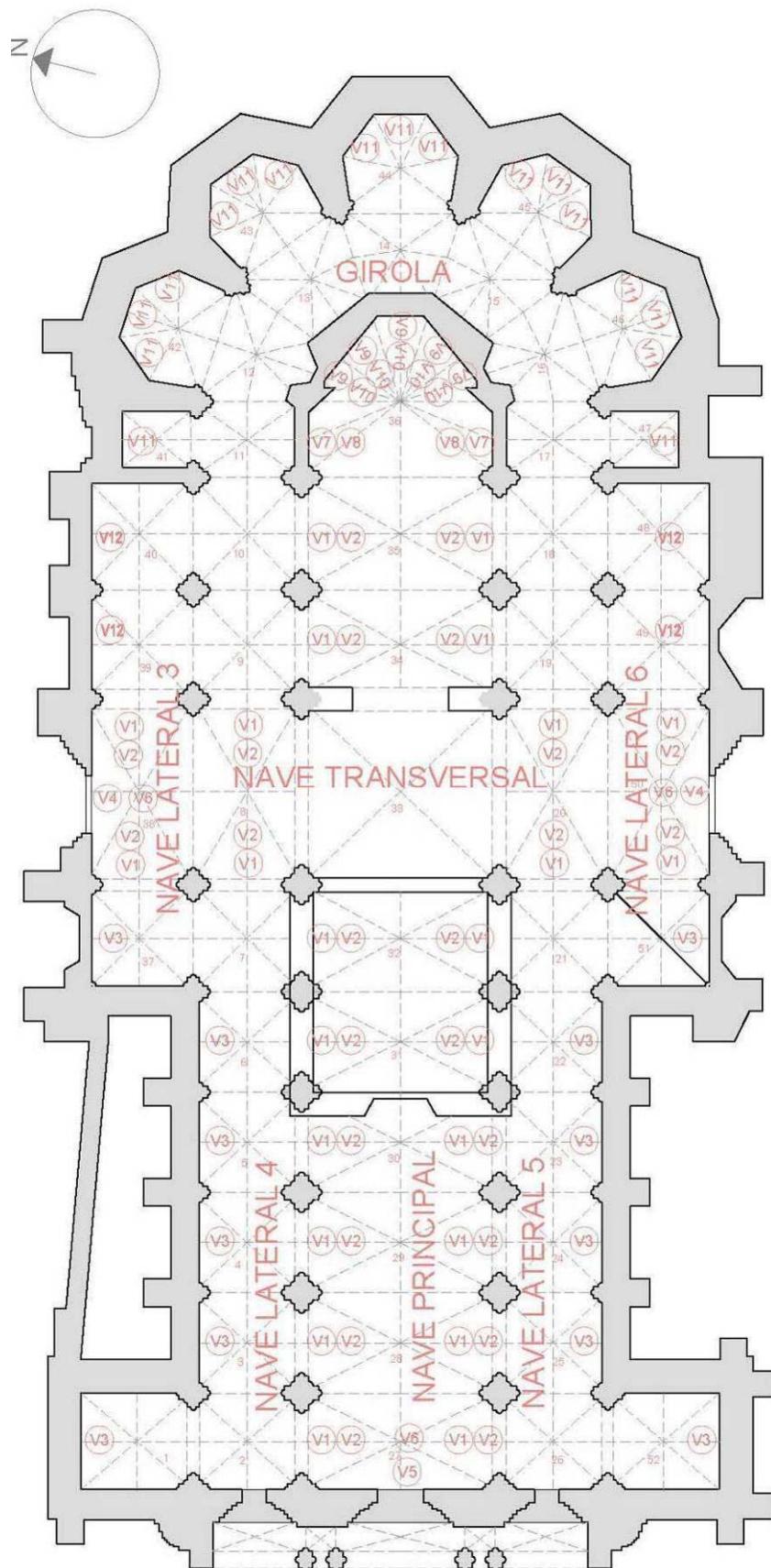


Fig. 6.179. Planta de la Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

Secciones:

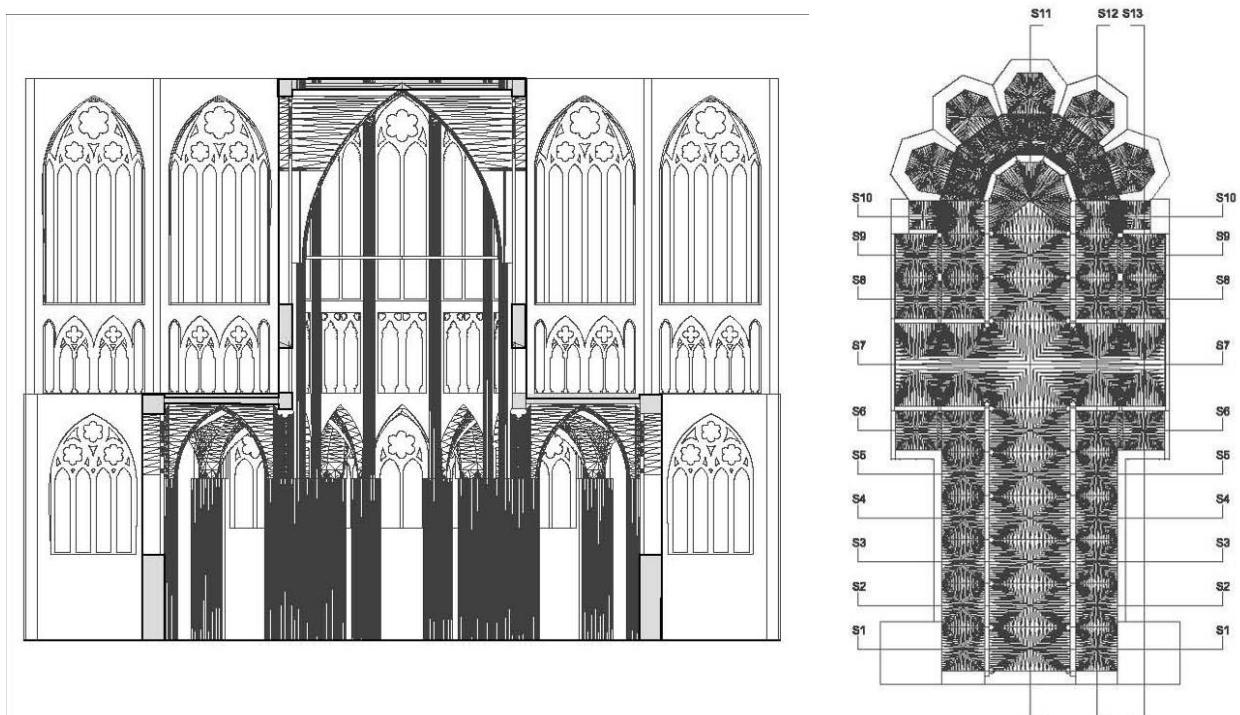


Fig. 6.180. Sección transversal y planta esquemática de corte de secciones. Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

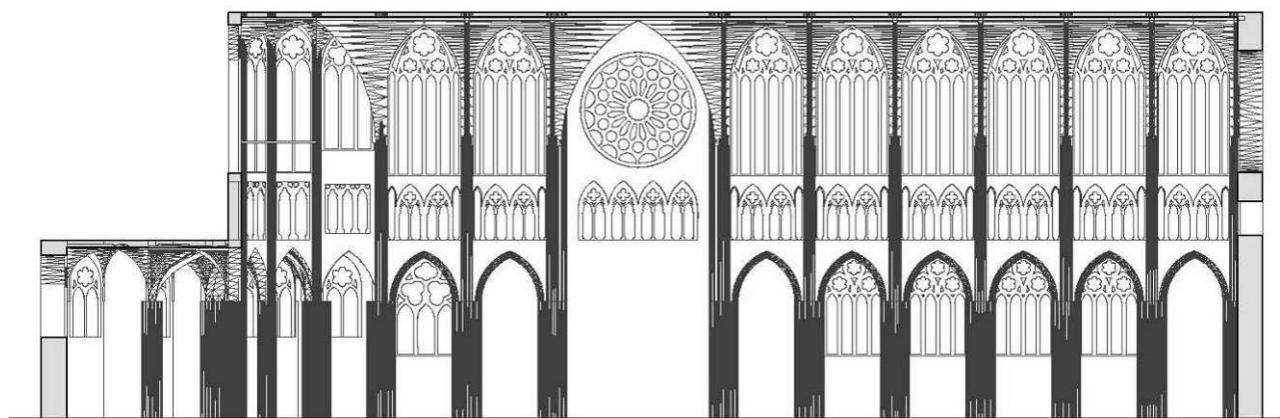


Fig. 6.181. Sección longitudinal. Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

Vidrieras:

VIDRIERAS CATEDRAL DE LEÓN

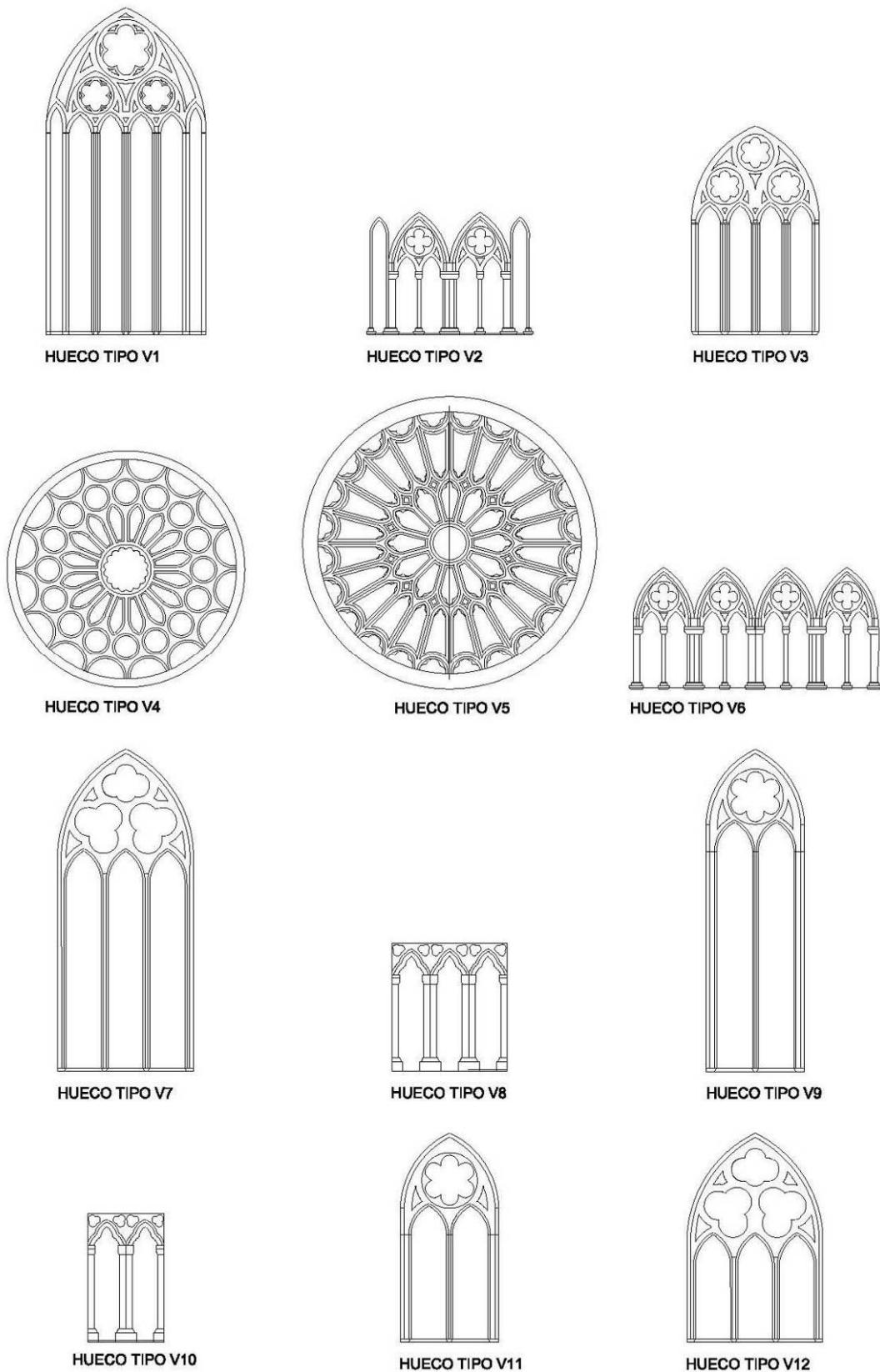


Fig. 6.182. Catálogo de vidrieras de la Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

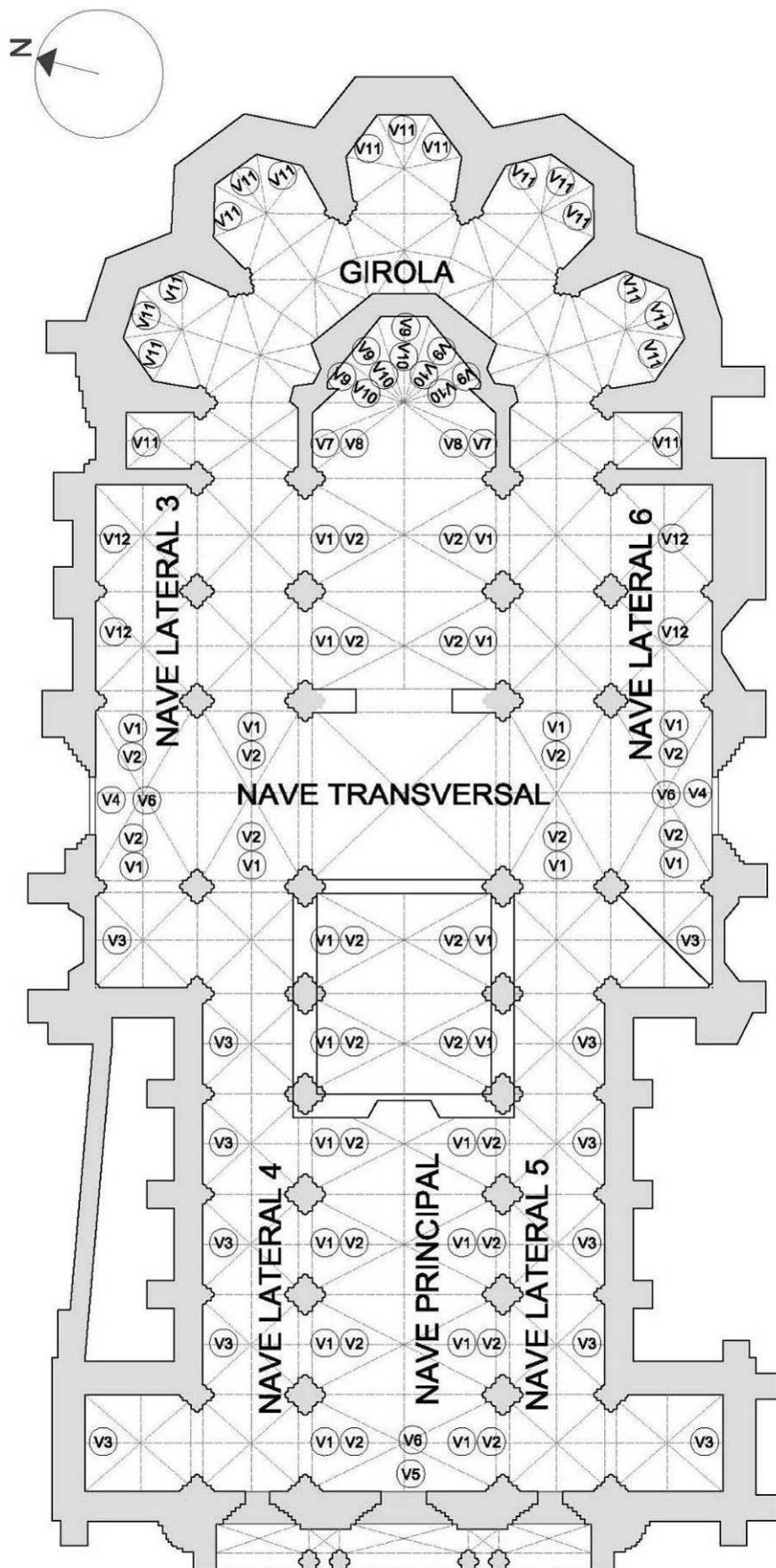


Fig. 6.183. Catálogo de vidrieras de la Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D:

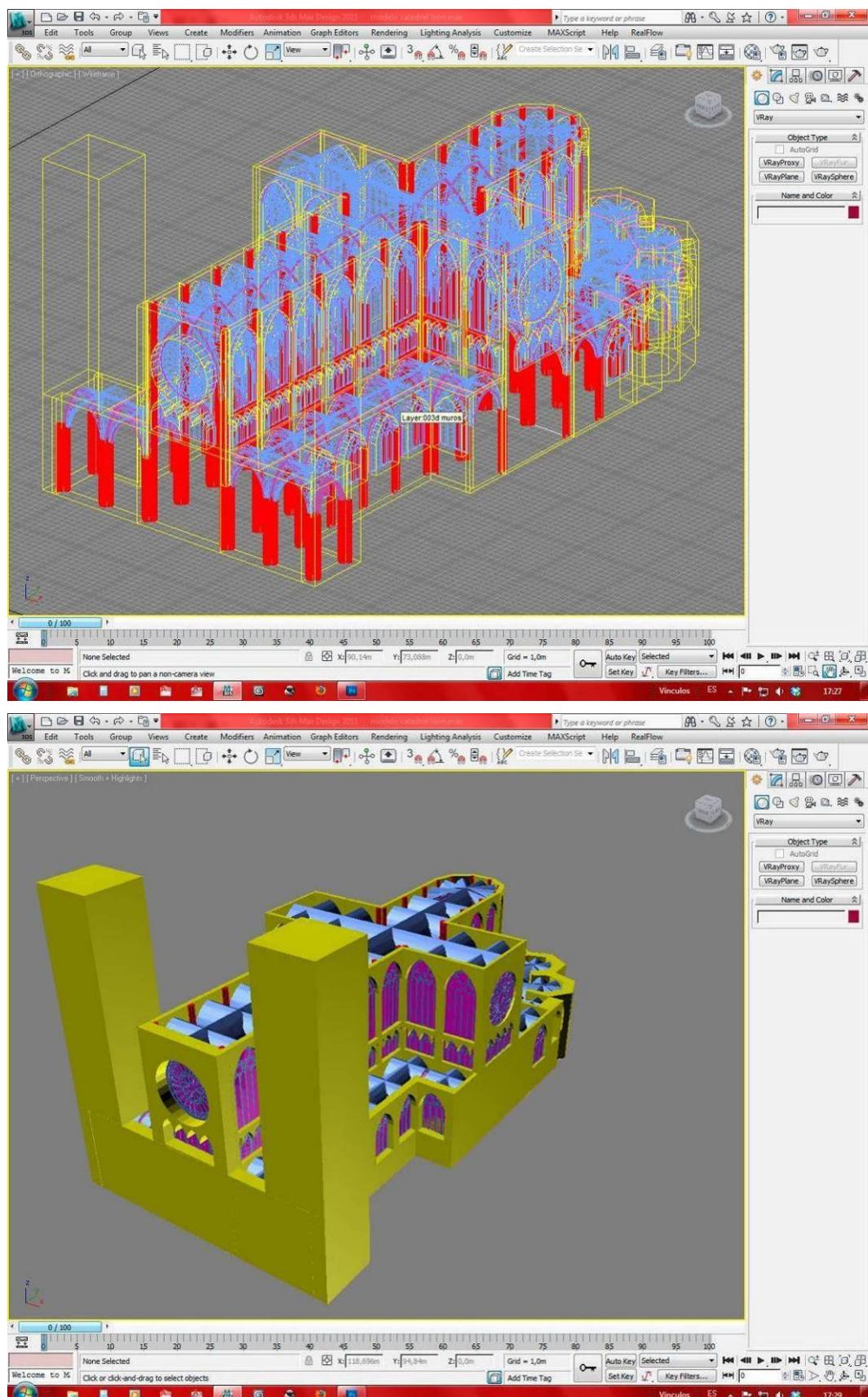


Fig. 6.184. Modelo 3D de la Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D Renderizado:

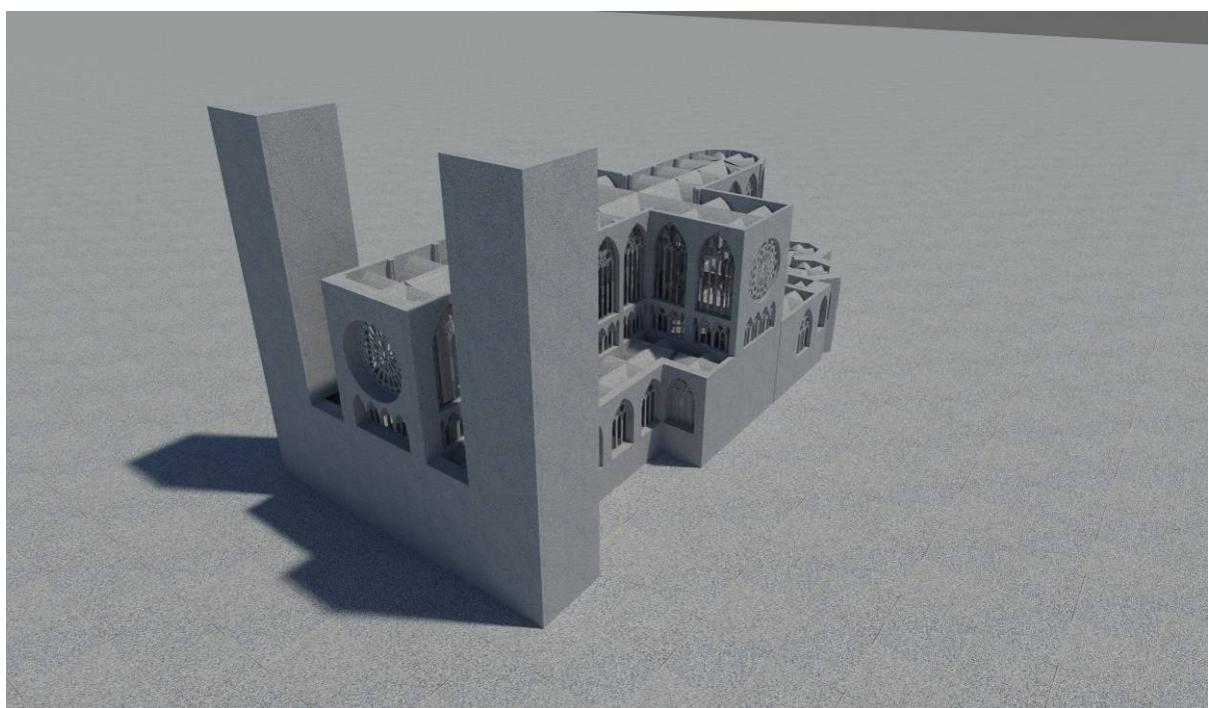


Fig. 6.185. Modelo 3D de la Catedral de León. Autor: Juan M. Medina.

### 6.5.3 CATEDRAL DE LEÓN. ANÁLISIS DE LA SECCIÓN: FACTOR DE ESBELTEZ Y FACTOR DE TRANSPARENCIA.

Para establecer las relaciones volumétricas necesarias para comprender la influencia que la sección de la catedral tiene sobre la iluminación en su interior, hemos establecido un factor comparable entre todas las catedrales y es su **factor de esbeltez** de nave, que viene definido por la división de la anchura de vano de cada nave con respecto su altura, valores V y H.

En cuanto a las relaciones de apertura de vanos en los muros de cerramiento, el presente estudio analiza una crujía tipo de la catedral entre dos pilares consecutivos de un tramo de la nave central. De ella se extrae un valor comparable entre catedrales que divide la cantidad de vanos incluidos en el muro entre la cantidad de cerramiento macizo de la crujía, **factor de transparencia**.

El caso de la catedral de León es especial en cuanto a este factor de transparencia, y en el se cumple el concepto de "alzado tripartito" es decir, la sucesión vertical de tres niveles en la nave principal: arcos formeros, triforio o estrecho pasillo sobre las naves laterales calado al exterior y ultimo piso o claristorio, con vanos amplísimos de vidrieras. (Fig. 6.186).

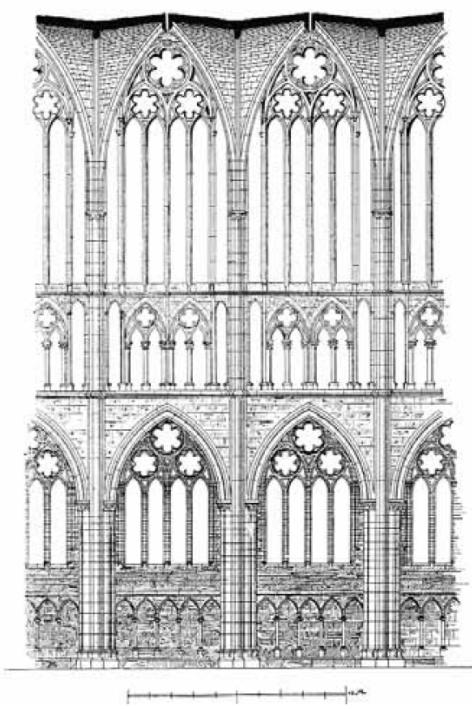


Fig. 27. León, catedral, alzado según Dehio.

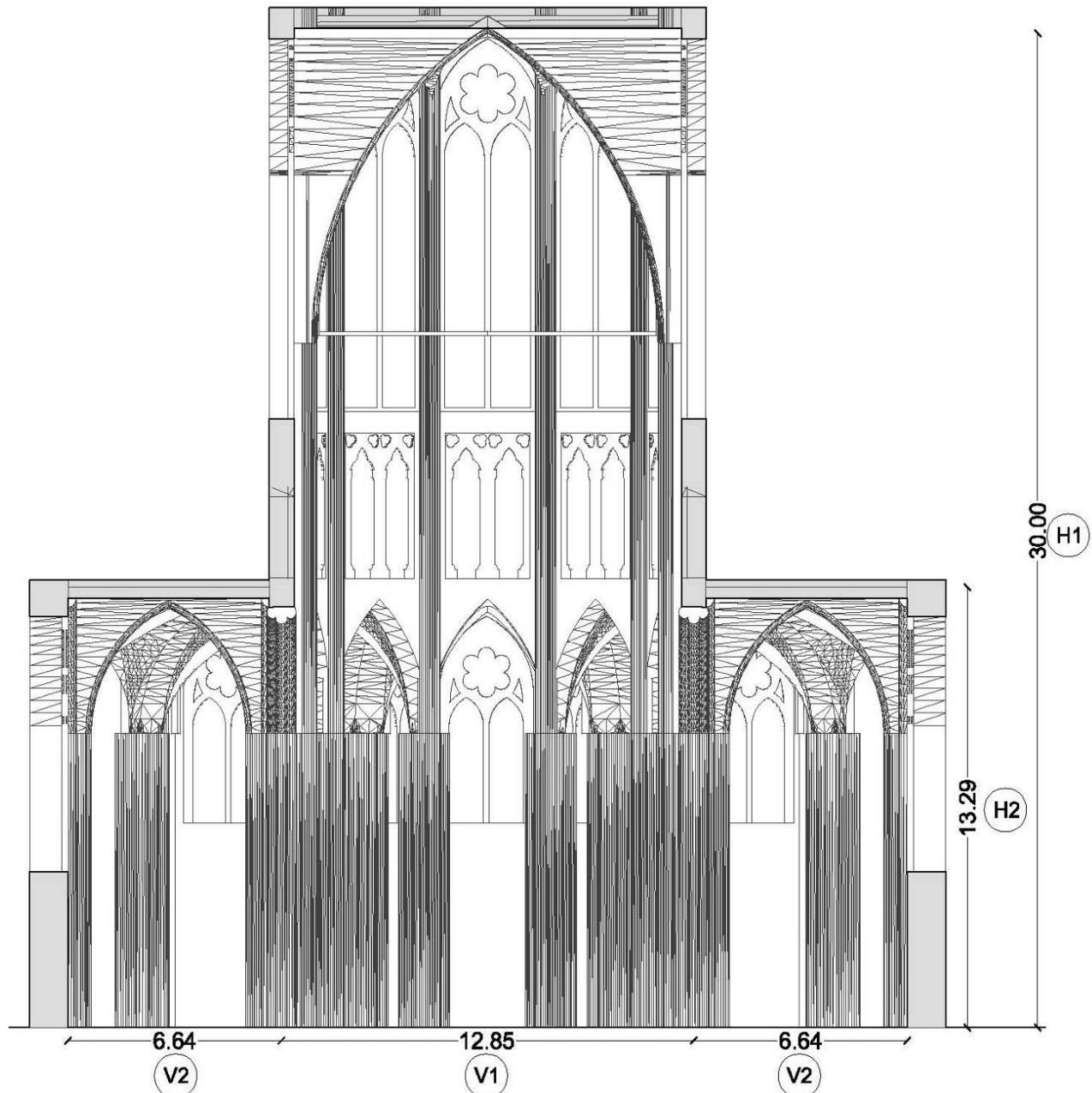
Fig. 6.186. Alzado de un tramo de la nave central según Dehio.

Una de las características de la arquitectura de la catedral de León que le añade espectacularidad al conjunto de vidrieras es que el triforio se cierra al exterior no con muro de piedra sino con vidrieras, enlazando con el ventanal superior. Este caso es propio del gótico radiante francés de finales del siglo XIII.

En este sentido, la catedral de León fue uno de los edificios que más metros cuadrados dedicó a la creación de vanos para vidrieras en proporción a su tamaño. En metros cuadrados se distribuyen de la siguiente manera: 464 metros en su parte baja, 282 en el triforio y 1.018 en la zona superior, lo que hace un total de al menos 1.764 metros cuadrados de superficie, según las mediciones de Demetrio de los Ríos. El conjunto cuenta con 134 ventanales y 3 grandes rosetones. Esta enorme superficie cobra mayor importancia debido a las dimensiones contenidas de la catedral.

Los dibujos que demuestran estos dos factores son los que se muestran a continuación.

Factor de esbeltez:



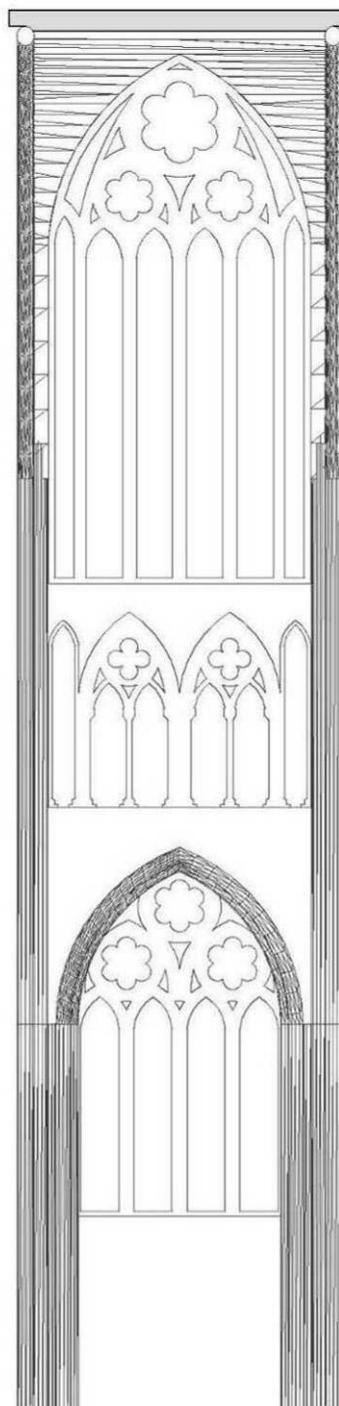
NAVE CENTRAL 1: FACTOR DE ESBELTEZ ( $H1/V1$ );  $Fe1 = 2,33$

NAVE LATERAL 2: FACTOR DE ESBELTEZ ( $H2/V2$ );  $Fe2 = 2,00$

Fig. 6.187. Factor de esbeltez. Autor: Juan M. Medina.

Factor de transparencia:

RELACIÓN VANO / MURO.  
FACTOR DE TRANSPARENCIA



CRUJÍA DE LA CATEDRAL DE LEÓN

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA (VANO/MURO)  $F_{tm} = 33,59$

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA TOTAL (VANO/VOLUMEN)  $F_{tT} = 3,26$

Fig. 6.188. Factor de transparencia. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.5.4 CATEDRAL DE LEÓN. OBTENCIÓN DE DATOS LUMÍNICOS.

Los datos obtenidos para la catedral en los distintos días del año son los que arroja el programa informático para cada punto censado y a las 4 horas del día.

Los valores obtenidos corresponden a una iluminación, tal como ya describimos, con cielo CIE, con valor de iluminación difusa correspondiente a la latitud en la que se encuentra la catedral y con un factor de filtrado del vidrio “a priori” del 40% para poder tener unos valores uniformes entre las distintas catedrales uniformes entre las distintas catedrales y poder compararlas entre sí.

Posteriormente, y para obtener datos ciertos de iluminación con las vidrieras que realmente existen que podamos **comparar con la iluminación actual de la catedral**, tomamos las medidas de ciertos puntos de la misma que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. Comparamos los valores de iluminación de esos puntos tomados *in situ* el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división nos facilita un **factor de escala** que equivale al **factor de filtrado** real de la luz por culpa de las vidrieras y que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor real de iluminación en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes:

2, 3, 4, 27, 28, 29, 24, 25, 26 y el factor de escala obtenido **0.017**.

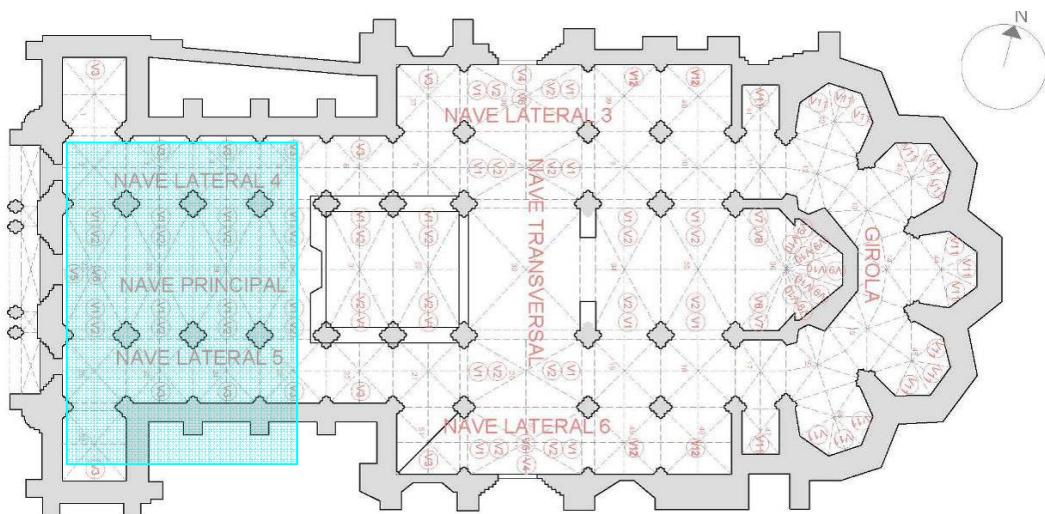


Fig. 6.189. Puntos estables de la catedral de Toledo, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina

F.ESCALA 0,017	PUNTO BAJO BÓVEDA	21 MARZO 1600								
		10:00	Escala do	12:00	Escala do	14:00	Escala do	16:00	Escala do	
	NAVE TRANS. 2	38	293,00	4,98	278,00	4,73	286,00	4,86	357,00	6,07
		8	384,00	6,53	387,00	6,58	401,00	6,82	416,00	7,07
		33	406,00	6,90	392,00	6,66	388,00	6,60	340,00	5,78
		20	485,00	8,25	467,00	7,94	486,00	8,26	401,00	6,82
		50	418,00	7,11	385,00	6,55	420,00	7,14	306,00	5,20
	NAVE 4	1	55,00	0,94	83,00	1,41	144,00	2,45	101,00	1,72
		2	144,00	2,45	112,00	1,90	153,00	2,60	135,00	2,30
		3	415	7,06	362	6,15	353	6,00	312	5,30
		4	469,00	7,97	554,00	9,42	362,00	6,15	364,00	6,19
		5	411,00	6,99	613,00	10,42	415,00	7,06	412,00	7,00
	GIROLA INTERIOR 7	6	311,00	5,29	529,00	8,99	326,00	5,54	339,00	5,76
		7	459,00	7,80	483,00	8,21	458,00	7,79	471,00	8,01
		8	384,00	6,53	387,00	6,58	401,00	6,82	416,00	7,07
		9	383,00	6,51	376,00	6,39	351,00	5,97	366,00	6,22
		10	438,00	7,45	412,00	7,00	374,00	6,36	363,00	6,17
		11	375,00	6,38	411,00	6,99	329,00	5,59	308,00	5,24
		12	330,00	5,61	305,00	5,19	290,00	4,93	267,00	4,54
		13	336,00	5,71	295,00	5,02	263,00	4,47	227,00	3,86
		14	330,00	5,61	262,00	4,45	235,00	4,00	179,00	3,04
		15	361,00	6,14	311,00	5,29	258,00	4,39	192,00	3,26
		16	433,00	7,36	417,00	7,09	373,00	6,34	288,00	4,90
		17	476,00	8,09	456,00	7,75	421,00	7,16	356,00	6,05
	NAVE 5	18	565,00	9,61	537,00	9,13	478,00	8,13	436,00	7,41
		19	393,00	6,68	377,00	6,41	346,00	5,88	281,00	4,78
		20	485,00	8,25	467,00	7,94	486,00	8,26	401,00	6,82
		21	473,00	8,04	502,00	8,53	500,00	8,50	383,00	6,51
		22	510,00	8,67	550,00	9,35	520,00	8,84	402,00	6,83
		23	506,00	8,60	474,00	8,06	410,00	6,97	311,00	5,29
		24	533,00	9,06	494,00	8,40	191,00	3,25	332,00	5,64
		25	500,00	8,50	434,00	7,38	348,00	5,92	334,00	5,68
		26	246,00	4,18	227,00	3,86	225,00	3,83	186,00	3,16
	NAVE CENTRAL 1	27	297,00	5,05	224,00	3,81	238,00	4,05	217,00	3,69
		28	434,00	7,38	406,00	6,90	383,00	6,51	369,00	6,27
		29	502,00	8,53	526,00	8,94	430,00	7,31	404,00	6,87
		30	544,00	9,25	569,00	9,67	482,00	8,19	474,00	8,06
		31	445,00	7,57	519,00	8,82	431,00	7,33	409,00	6,95
		32	353,00	6,00	384,00	6,53	310,00	5,27	329,00	5,59
		33	406,00	6,90	392,00	6,66	388,00	6,60	340,00	5,78
		34	581,00	9,88	626,00	10,64	557,00	9,47	491,00	8,35
		35	605,00	10,29	627,00	10,66	517,00	8,79	465,00	7,91
		36	483,00	8,21	487,00	8,28	386,00	6,56	304,00	5,17
	NAVE 3 (NORTE)	37	205,00	3,49	199,00	3,38	225,00	3,83	256,00	4,35
		38	293,00	4,98	278,00	4,73	286,00	4,86	357,00	6,07
		39	259,00	4,40	257,00	4,37	266,00	4,52	302,00	5,13
		40	428,00	7,28	428,00	7,28	427,00	7,26	450,00	7,65
	GIROLA EXTERIOR 8	41	191,00	3,25	191,00	3,25	175,00	2,98	174,00	2,96
		42	239,00	4,06	214,00	3,64	204,00	3,47	184,00	3,13
		43	249,00	4,23	187,00	3,18	163,00	2,77	134,00	2,28
		44	341,00	5,80	149,00	2,53	68,00	1,16	140,00	2,38
		45	387,00	6,58	362,00	6,15	280,00	4,76	161,00	2,74
		46	378,00	6,43	390,00	6,63	347,00	5,90	216,00	3,67
		47	270,00	4,59	263,00	4,47	186,00	3,16	113,00	1,92
		48	588,00	10,00	513,00	8,72	489,00	8,31	434,00	7,38
		49	345,00	5,87	301,00	5,12	296,00	5,03	231,00	3,93
		50	418,00	7,11	385,00	6,55	420,00	7,14	306,00	5,20
		51	339,00	5,76	361,00	6,14	381,00	6,48	253,00	4,30
	NAVE 6 (SUR)	52	185,00	3,15	179,00	3,04	148,00	2,52	106,00	1,80

Fig. 6.190. Valores de iluminación de la catedral de León. 21 de marzo de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,017	PUNTO BAJO BÓVEDA	21 JUNIO 1600						
		10:00	Escala do	12:00	Escala do	14:00	Escala do	16:00
	NAVE TRANS. 2	38	346,00	5,88	324,00	5,51	367,00	6,24
		8	433,00	7,36	419,00	7,12	442,00	7,51
		33	411,00	6,99	381,00	6,48	387,00	6,58
		20	473,00	8,04	459,00	7,80	456,00	7,75
		50	388,00	6,60	386,00	6,56	366,00	6,22
		1	85,00	1,45	114,00	1,94	139,00	2,36
		2	96,00	1,50	119,00	2,02	151,00	2,57
		3	326	4,50	337	5,73	358	6,09
		4	378,00	5,50	376,00	6,39	385,00	6,55
		5	430,00	6,50	432,00	7,34	445,00	7,57
		6	344,00	4,50	350,00	5,95	381,00	6,48
		7	468,00	4,00	479,00	8,14	511,00	8,69
		8	433,00	6,30	419,00	7,12	442,00	7,51
		9	394,00	5,70	398,00	6,77	384,00	6,53
		10	431,00	7,10	421,00	7,16	409,00	6,95
		11	389,00	6,61	372,00	6,32	361,00	6,14
		12	367,00	6,24	344,00	5,85	328,00	5,58
		13	362,00	6,15	333,00	5,66	291,00	4,95
		14	620,00	10,54	296,00	5,03	247,00	4,20
		15	620,00	10,54	320,00	5,44	257,00	4,37
		16	431,00	7,33	417,00	7,09	367,00	6,24
		17	472,00	8,02	457,00	7,77	424,00	7,21
		18	534,00	9,08	525,00	8,00	488,00	8,30
		19	371,00	6,31	364,00	6,19	332,00	5,64
		20	473,00	8,04	459,00	7,80	456,00	7,75
		21	446,00	7,58	486,00	8,26	480,00	8,16
		22	471,00	8,01	492,00	8,36	472,00	8,02
		23	419,00	7,12	414,00	7,04	367,00	6,24
		24	456,00	7,75	416,00	7,07	355,00	6,04
		25	423,00	7,19	385,00	6,55	350,00	5,95
		26	241,00	4,10	236,00	4,01	218,00	3,71
		27	253,00	4,30	218,00	3,71	232,00	3,94
		28	397,00	6,75	371,00	6,31	373,00	6,34
		29	432,00	7,34	415,00	7,06	412,00	7,00
		30	506,00	8,00	492,00	8,36	487,00	8,28
		31	431,00	7,33	429,00	7,29	429,00	7,29
		32	316,00	5,37	313,00	5,32	320,00	5,44
		33	411,00	6,99	381,00	6,48	387,00	6,58
		34	548,00	8,50	548,00	9,32	540,00	9,18
		35	575,00	9,78	536,00	9,11	517,00	8,79
		36	433,00	7,36	394,00	6,70	363,00	6,17
		37	252,00	4,28	266,00	4,52	334,00	5,68
		38	346,00	5,88	324,00	5,51	367,00	6,24
		39	319,00	5,42	320,00	5,44	315,00	5,36
		40	475,00	8,08	487,00	8,28	476,00	8,09
		41	239,00	4,06	231,00	3,93	234,00	3,98
		42	301,00	5,12	269,00	4,57	259,00	4,40
		43	313,00	5,32	258,00	4,39	208,00	3,54
		44	232,00	3,94	152,00	2,58	89,00	1,51
		45	350,00	5,95	344,00	5,85	239,00	4,06
		46	400,00	6,80	382,00	6,49	309,00	5,25
		47	239,00	4,06	185,00	3,15	144,00	2,45
		48	506,00	8,60	503,00	8,55	461,00	7,84
		49	302,00	5,13	306,00	5,20	283,00	4,81
		50	388,00	6,60	386,00	6,56	366,00	6,22
		51	320,00	5,44	343,00	5,83	374,00	6,36
		52	195,00	3,32	199,00	3,38	155,00	2,64

Fig. 6.191. Valores de iluminación de la catedral de León. 21 de junio de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,017	PUNTO BAJO BÓVEDA	21 SEPTIEMBRE 1600						
		10:00	Escala do	12:00	Escala do	14:00	Escala do	16:00
38	315,00	5,36	275,00	4,68	297,00	5,05	340,00	5,78
8	425,00	7,23	391,00	6,65	425,00	7,23	415,00	7,06
33	404,00	6,87	403,00	6,85	389,00	6,61	337,00	5,73
20	471,00	8,01	484,00	8,23	449,00	7,63	413,00	7,02
50	410,00	6,97	405,00	6,89	425,00	7,23	303,00	5,15
1	69,00	1,17	97,00	1,65	120,00	2,04	91,00	1,55
2	249,00	4,23	95,00	1,62	129,00	2,19	129,00	2,19
3	464	7,89	310	5,27	339	5,76	311	5,29
4	523,00	8,89	463,00	7,87	352,00	5,98	345,00	5,87
5	501,00	8,52	534,00	9,08	408,00	6,94	426,00	7,24
6	322,00	5,47	442,00	7,51	326,00	5,54	334,00	5,68
7	454,00	7,72	489,00	8,31	454,00	7,72	473,00	8,04
8	425,00	7,23	391,00	6,65	425,00	7,23	415,00	7,06
9	423,00	7,19	389,00	6,61	350,00	5,95	346,00	5,88
10	451,00	7,67	433,00	7,36	372,00	6,32	365,00	6,21
11	400,00	6,80	371,00	6,31	325,00	5,53	316,00	5,37
12	341,00	5,80	318,00	5,41	288,00	4,90	268,00	4,56
13	331,00	5,63	301,00	5,12	269,00	4,57	226,00	3,84
14	313,00	5,32	258,00	4,39	222,00	3,77	178,00	3,03
15	330,00	5,61	309,00	5,25	251,00	4,27	190,00	3,23
16	451,00	7,67	428,00	7,28	354,00	6,02	286,00	4,86
17	479,00	8,14	485,00	8,25	418,00	7,11	351,00	5,97
18	569,00	9,67	540,00	9,18	476,00	8,09	423,00	7,19
19	397,00	6,75	391,00	6,65	340,00	5,78	268,00	4,56
20	471,00	8,01	484,00	8,23	449,00	7,63	413,00	7,02
21	468,00	7,96	531,00	9,03	498,00	8,47	387,00	6,58
22	509,00	8,65	543,00	9,23	502,00	8,53	409,00	6,95
23	533,00	9,06	474,00	8,06	400,00	6,80	312,00	5,30
24	552,00	9,38	459,00	7,80	380,00	6,46	308,00	5,24
25	508,00	8,64	420,00	7,14	346,00	5,88	328,00	5,58
26	293,00	4,98	221,00	3,76	223,00	3,79	172,00	2,92
27	240,00	4,08	210,00	3,57	236,00	4,01	194,00	3,30
28	460,00	7,82	376,00	6,39	389,00	6,61	372,00	6,32
29	491,00	8,35	510,00	8,67	451,00	7,67	393,00	6,68
30	580,00	9,86	571,00	9,71	479,00	8,14	458,00	7,79
31	463,00	7,87	529,00	8,99	428,00	7,28	400,00	6,80
32	325,00	5,53	416,00	7,07	331,00	5,63	324,00	5,51
33	404,00	6,87	403,00	6,85	389,00	6,61	337,00	5,73
34	583,00	9,91	641,00	10,90	535,00	9,10	489,00	8,31
35	601,00	10,22	620,00	10,54	515,00	8,76	464,00	7,89
36	459,00	7,80	500,00	8,50	348,00	5,92	303,00	5,15
37	222,00	3,77	204,00	3,47	237,00	4,03	259,00	4,40
38	315,00	5,36	275,00	4,68	297,00	5,05	340,00	5,78
39	276,00	4,69	260,00	4,42	276,00	4,69	298,00	5,07
40	435,00	7,40	435,00	7,40	430,00	7,31	480,00	8,16
41	193,00	3,28	185,00	3,15	172,00	2,92	204,00	3,47
42	240,00	4,08	212,00	3,60	197,00	3,35	184,00	3,13
43	253,00	4,30	184,00	3,13	163,00	2,77	132,00	2,24
44	339,00	5,76	122,00	2,07	53,00	0,90	140,00	2,38
45	396,00	6,73	353,00	6,00	241,00	4,10	156,00	2,65
46	360,00	6,12	406,00	6,90	321,00	5,46	222,00	3,77
47	300,00	5,10	256,00	4,35	145,00	2,47	184,00	3,13
48	599,00	10,18	521,00	8,86	488,00	8,30	384,00	6,53
49	339,00	5,76	325,00	5,53	290,00	4,93	199,00	3,38
50	410,00	6,97	405,00	6,89	425,00	7,23	303,00	5,15
51	326,00	5,54	364,00	6,19	376,00	6,39	222,00	3,77
52	193,00	3,28	168,00	2,86	139,00	2,36	96,10	1,63

Fig. 6.192. Valores de iluminación de la catedral de León. 21 de septiembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,017	PUNTO BAJO BÓVEDA	21 DICIEMBRE 1600							
		10:00	Escala do	12:00	Escala do	14:00	Escala do	16:00	Escala do
38	328,00	5,58	328,00	5,58	316,00	5,37	248,00	4,22	
8	428,00	7,28	452,00	7,68	410,00	6,97	364,00	6,19	
33	445,00	7,57	450,00	7,65	385,00	6,55	361,00	6,14	
20	534,00	9,08	540,00	9,18	476,00	8,09	441,00	7,50	
50	407,00	6,92	389,00	6,61	392,00	6,66	354,00	6,02	
1	93,00	1,58	70,00	1,19	85,00	1,45	64,00	1,09	
2	95,00	1,62	82,00	1,39	109,00	1,85	84,00	1,43	
3	336	5,71	301	5,12	306	5,20	286	4,86	
4	433,00	7,36	376,00	6,39	341,00	5,80	331,00	5,63	
5	435,00	7,40	469,00	7,97	388,00	6,60	388,00	6,60	
6	338,00	5,75	381,00	6,48	314,00	5,34	298,00	5,07	
7	474,00	8,06	515,00	8,76	448,00	7,62	413,00	7,02	
8	428,00	7,28	452,00	7,68	410,00	6,97	364,00	6,19	
9	383,00	6,51	379,00	6,44	354,00	6,02	318,00	5,41	
10	406,00	6,90	435,00	7,40	368,00	6,26	351,00	5,97	
11	359,00	6,10	359,00	6,10	322,00	5,47	302,00	5,13	
12	313,00	5,32	325,00	5,53	274,00	4,66	261,00	4,44	
13	300,00	5,10	283,00	4,81	235,00	4,00	227,00	3,86	
14	270,00	4,59	249,00	4,23	209,00	3,55	169,00	2,87	
15	330,00	5,61	391,00	6,65	224,00	3,81	176,00	2,99	
16	455,00	7,74	454,00	7,72	419,00	7,12	300,00	5,10	
17	507,00	8,62	531,00	9,03	416,00	7,07	369,00	6,27	
18	684,00	11,63	625,00	10,63	483,00	8,21	434,00	7,38	
19	498,00	8,47	389,00	6,61	324,00	5,51	281,00	4,78	
20	534,00	9,08	540,00	9,18	476,00	8,09	441,00	7,50	
21	498,00	8,47	513,00	8,72	479,00	8,14	450,00	7,65	
22	587,00	9,98	609,00	10,35	523,00	8,89	465,00	7,91	
23	605,00	10,29	557,00	9,47	426,00	7,24	171,00	2,91	
24	596,00	10,13	516,00	8,77	409,00	6,95	319,00	5,42	
25	547,00	9,30	500,00	8,50	367,00	6,24	302,00	5,13	
26	245,00	4,17	219,00	3,72	202,00	3,43	178,00	3,03	
27	265,00	4,51	211,00	3,59	247,00	4,20	216,00	3,67	
28	470,00	7,99	427,00	7,26	373,00	6,34	363,00	6,17	
29	497,00	8,45	520,00	8,84	427,00	7,26	420,00	7,14	
30	631,00	10,73	566,00	9,62	483,00	8,21	458,00	7,79	
31	538,00	9,15	559,00	9,50	485,00	8,25	406,00	6,90	
32	411,00	6,99	460,00	7,82	339,00	5,76	278,00	4,73	
33	445,00	7,57	450,00	7,65	385,00	6,55	361,00	6,14	
34	694,00	11,80	617,00	10,49	566,00	9,62	491,00	8,35	
35	633,00	10,76	607,00	10,32	535,00	9,10	472,00	8,02	
36	444,00	7,55	438,00	7,45	373,00	6,34	306,00	5,20	
37	221,00	3,76	245,00	4,17	219,00	3,72	188,00	3,20	
38	328,00	5,58	328,00	5,58	316,00	5,37	248,00	4,22	
39	285,00	4,85	304,00	5,17	335,00	5,70	233,00	3,96	
40	442,00	7,51	466,00	7,92	484,00	8,23	399,00	6,78	
41	194,00	3,30	216,00	3,67	258,00	4,39	157,00	2,67	
42	232,00	3,94	229,00	3,89	177,00	3,01	180,00	3,06	
43	178,00	3,03	161,00	2,74	146,00	2,48	125,00	2,13	
44	209,00	3,55	78,00	1,33	36,00	0,61	11,00	0,19	
45	309,00	5,25	410,00	6,97	214,00	3,64	134,00	2,28	
46	380,00	6,46	426,00	7,24	366,00	6,22	208,00	3,54	
47	300,00	5,10	288,00	4,90	201,00	3,42	57,00	0,97	
48	588,00	10,00	564,00	9,59	497,00	8,45	400,00	6,80	
49	380,00	6,46	348,00	5,92	300,00	5,10	238,00	4,05	
50	407,00	6,92	389,00	6,61	392,00	6,66	354,00	6,02	
51	300,00	5,10	300,00	5,10	230,00	3,91	120,00	2,04	
52	188,00	3,20	136,00	2,31	109,00	1,85	68,00	1,16	

Fig. 6.193. Valores de iluminación de la catedral de León. 21 de diciembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.5.5 CATEDRAL DE LEÓN. TRASLACIÓN DE DATOS A GRÁFICAS LUMÍNICAS: ILUMINACIÓN INDIRECTA.

La aplicación del programa informático sobre el modelo en 3D de la catedral original gótica nos permite obtener, además de valores puntuales en cada punto censado, unas interesantes gráficas de color que representan la iluminación general de la catedral en un momento dado, pudiendo establecer un análisis a simple vista de lo que ocurre en cada lugar de la misma.

En este caso no se toman los valores "escalados" de iluminación sino los correspondientes a la aplicación del programa con el vidrio "tipo", con la selección de un vidrio translúcido igual para todas las catedrales, para de ese modo poder posteriormente compararlas entre sí.

Para la catedral de León se ha tomado una escala de graduación de color que va desde los 0 luxes y los 700 luxes. (Fig. 6.194)

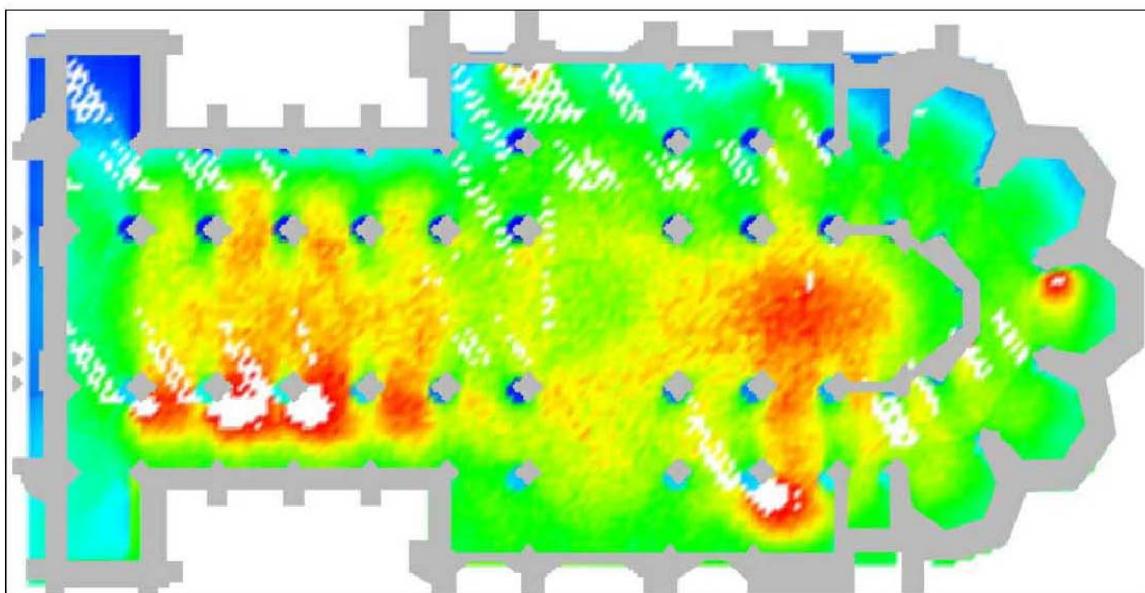
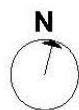


Fig. 6.195. Gradiente de color utilizado para la catedral de León.

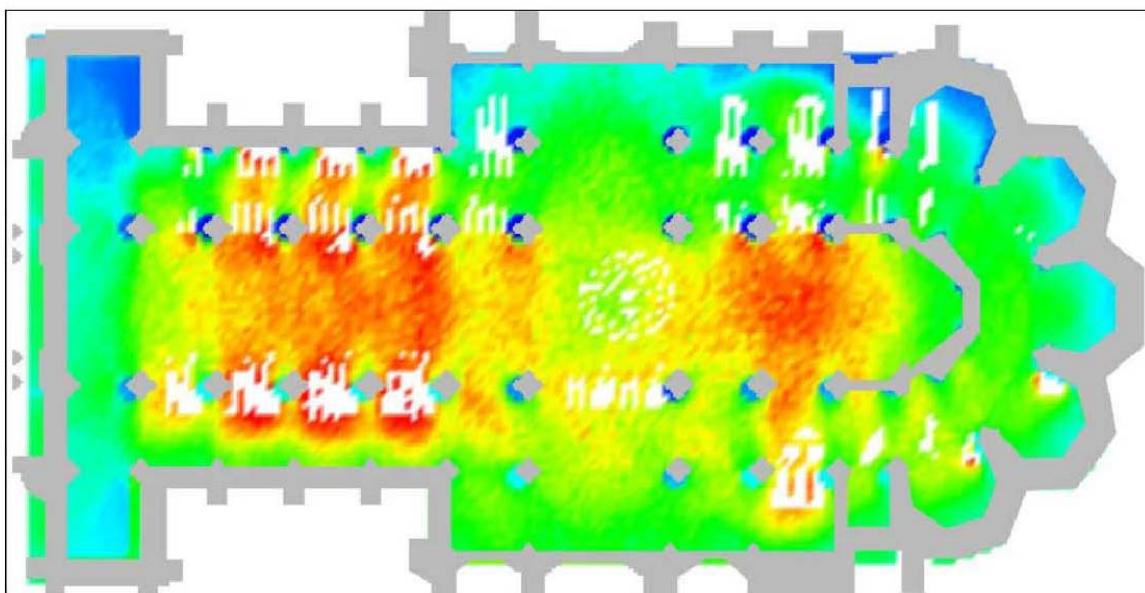
Las gráficas lumínicas resultantes para los cuatro días del año y las cuatro horas del día son las siguientes:

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

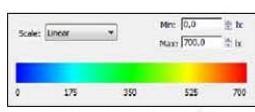


PLANTA 10:00

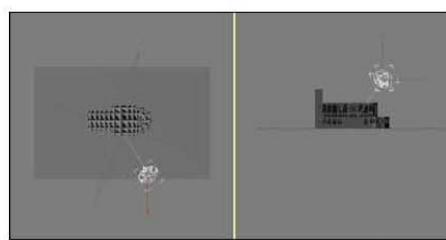


PLANTA 12:00

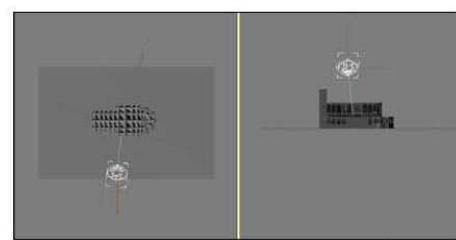
21 DE MARZO 10:00 HORAS



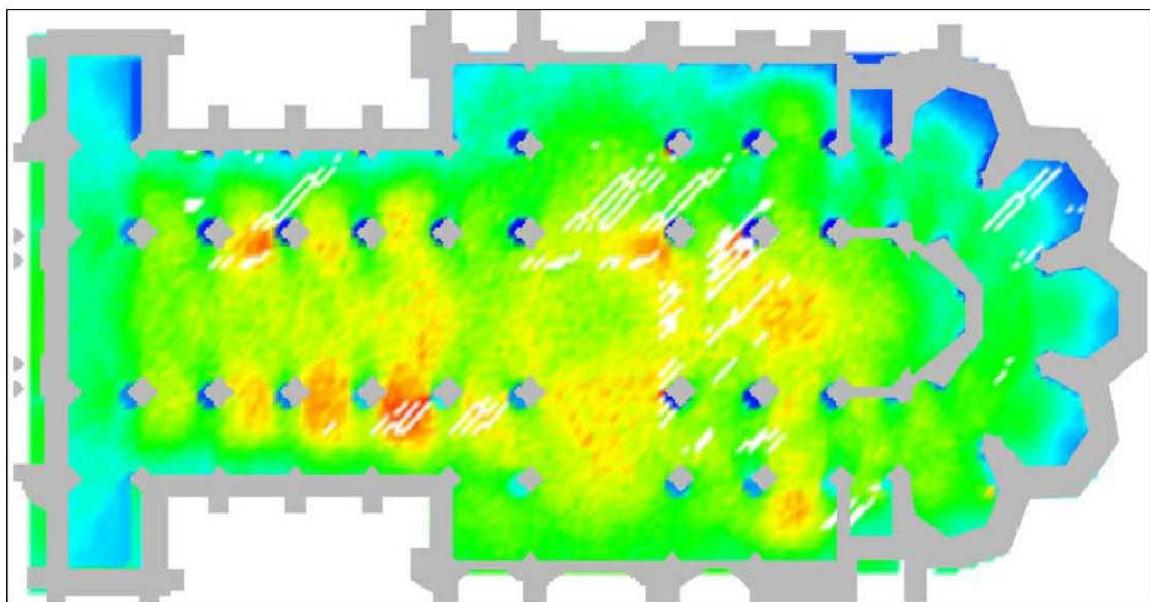
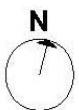
ESCALA DE COLORES/LÚMENES



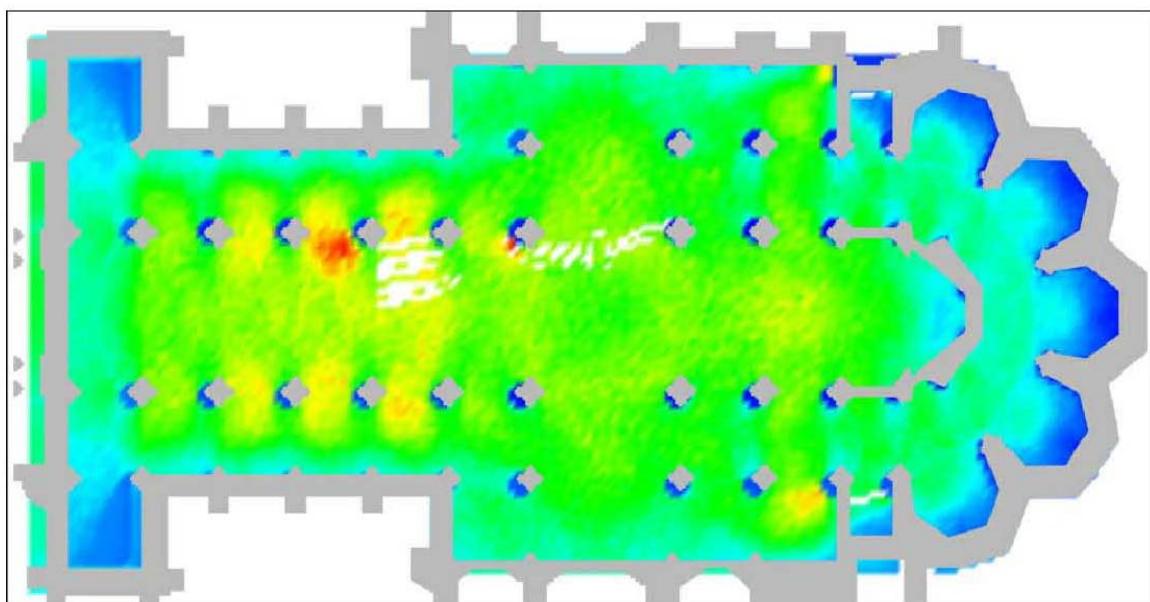
21 DE MARZO 12:00 HORAS



CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600



PLANTA 14:00

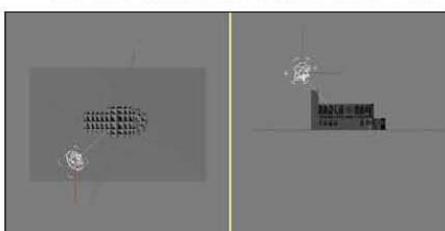


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

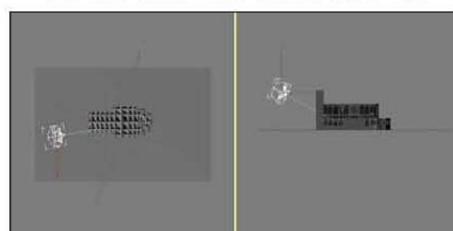


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

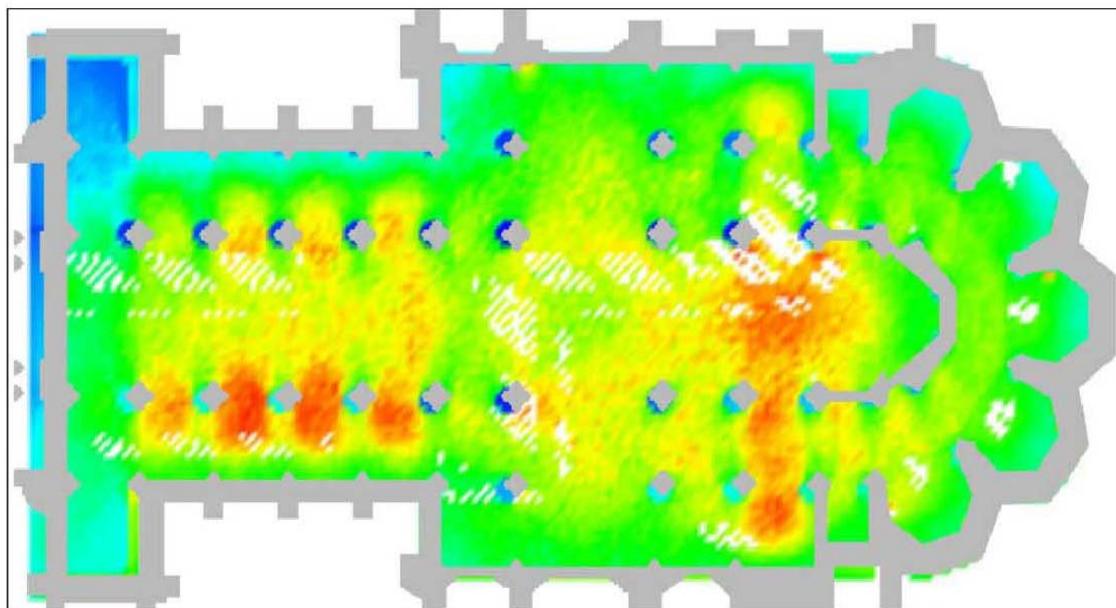
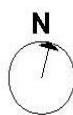
21 DE MARZO 16:00 HORAS



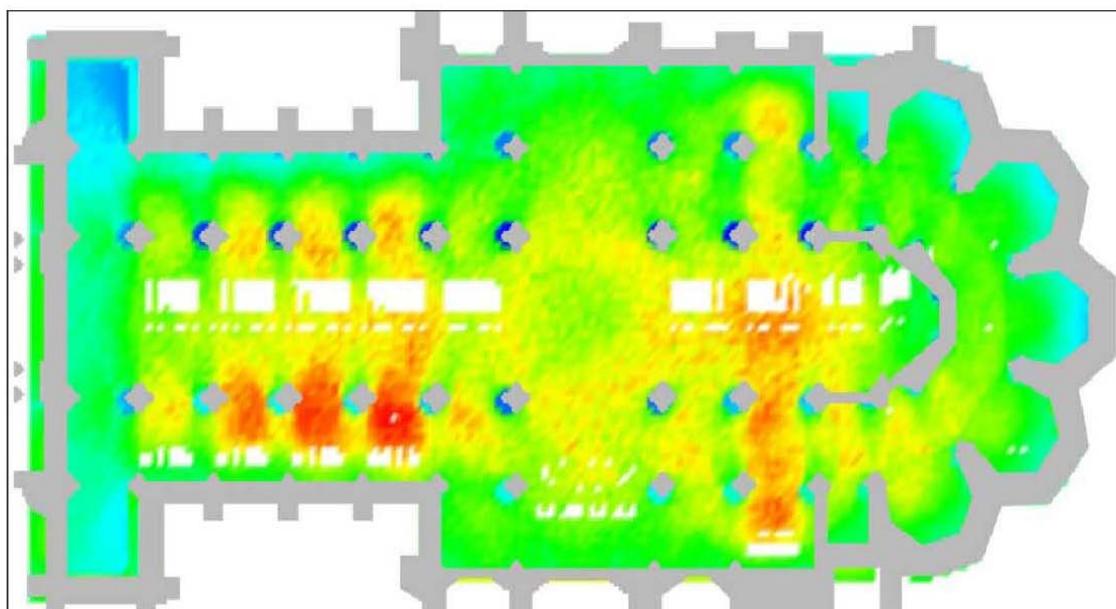
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

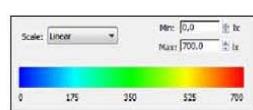


PLANTA 10:00

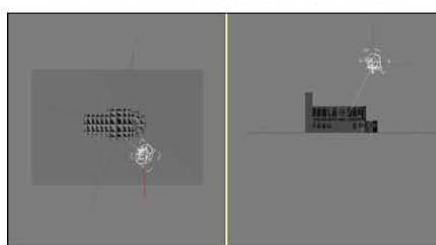


PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS

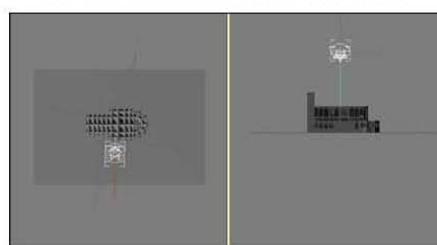


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

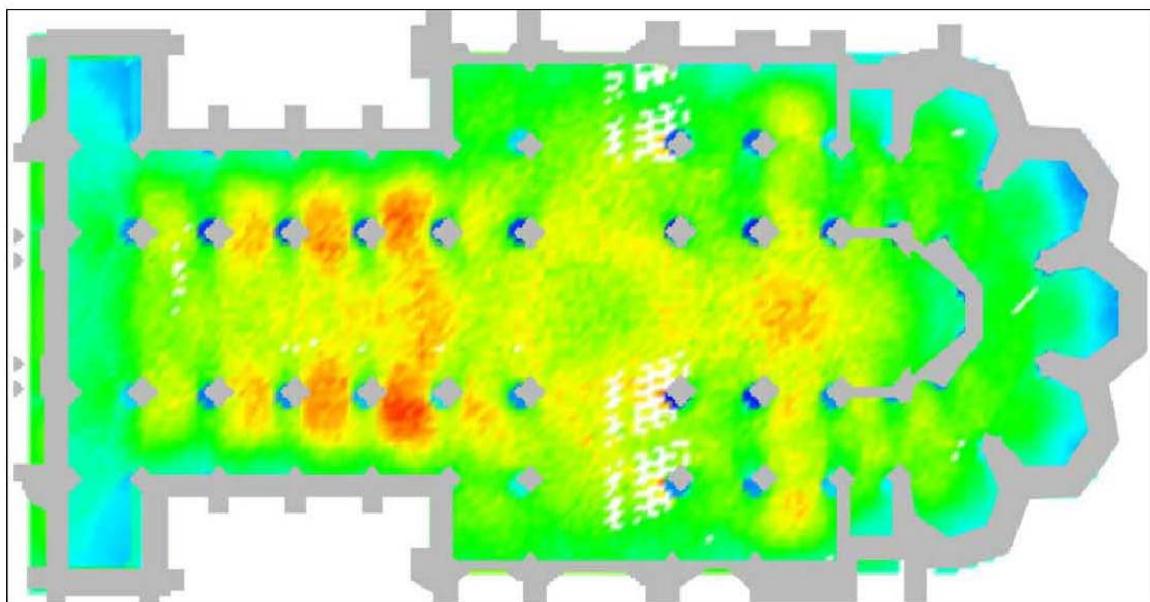
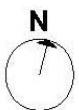
21 DE JUNIO 12:00 HORAS



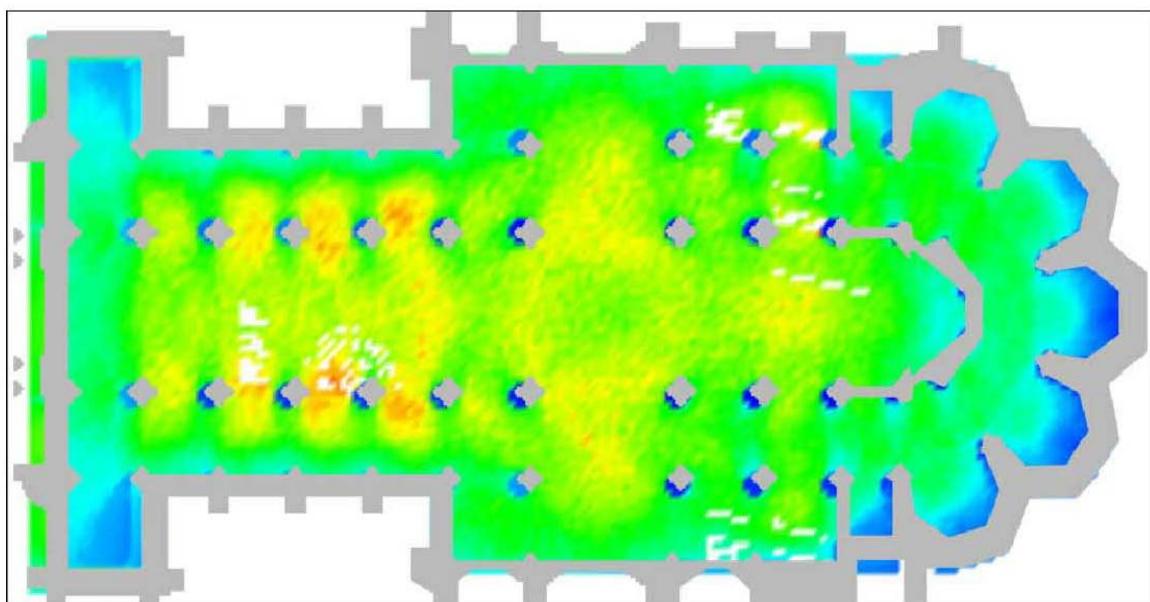
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

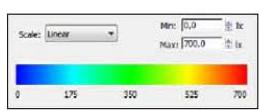


PLANTA 14:00

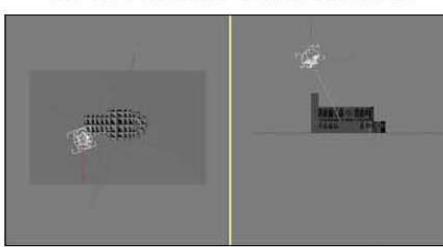


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

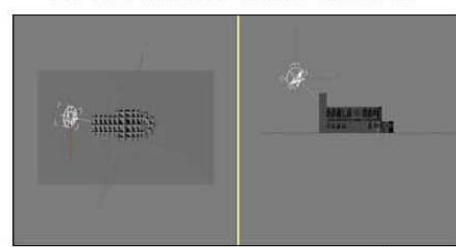


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



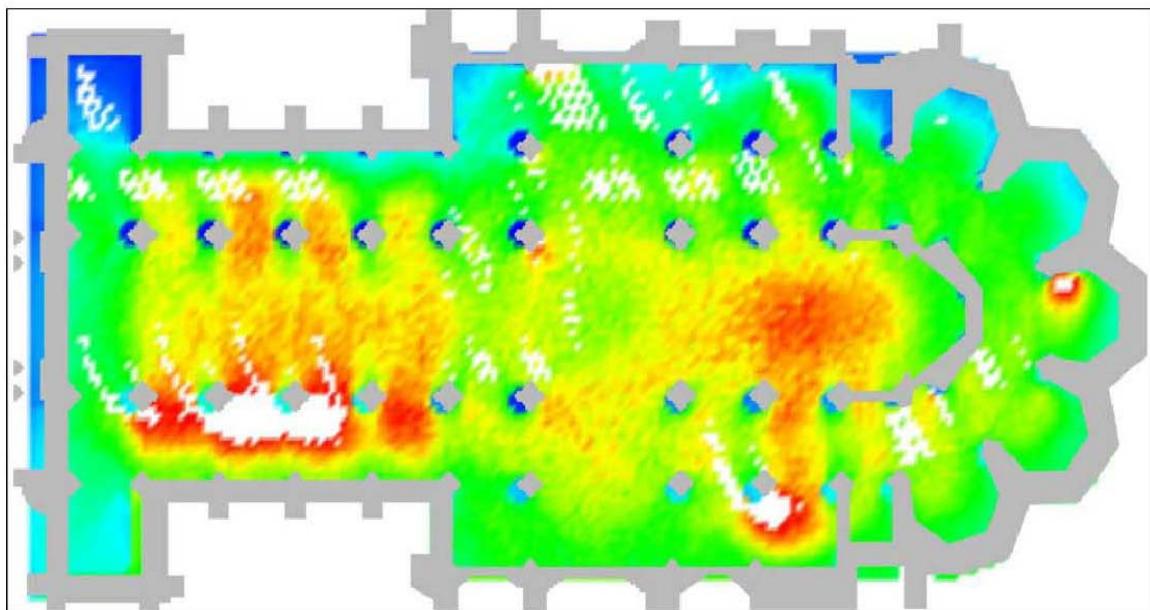
SITUACIÓN SOLAR

21 DE JUNIO 16:00 HORAS

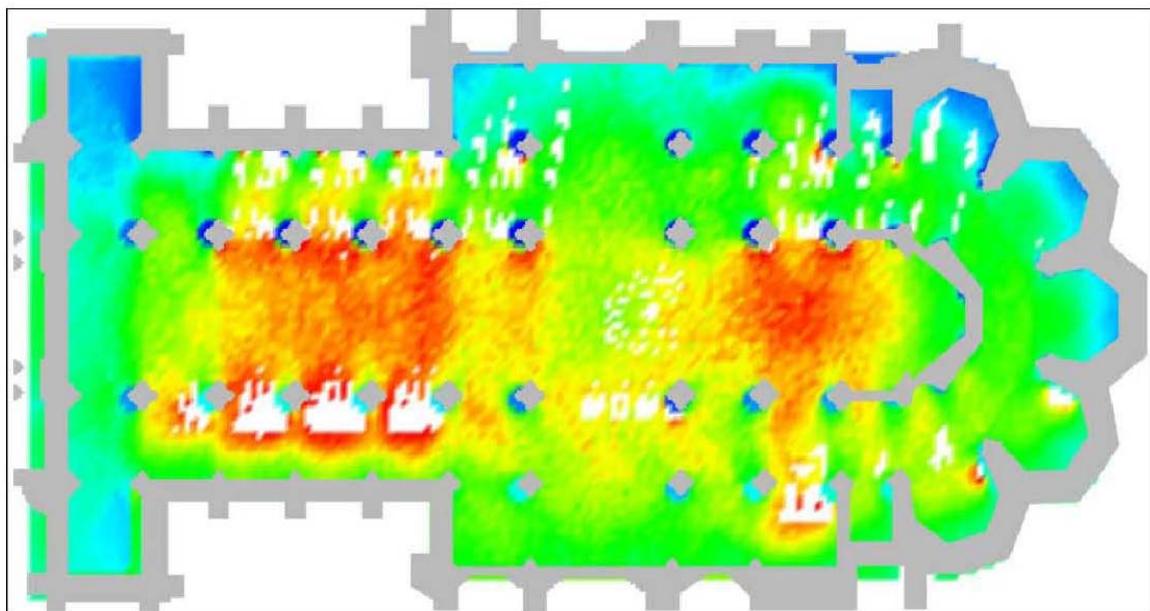


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

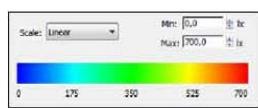


PLANTA 10:00

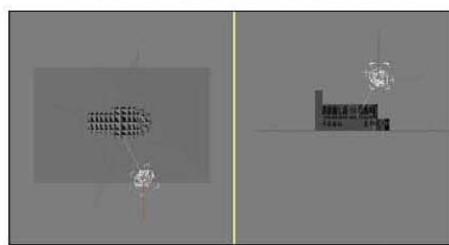


PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

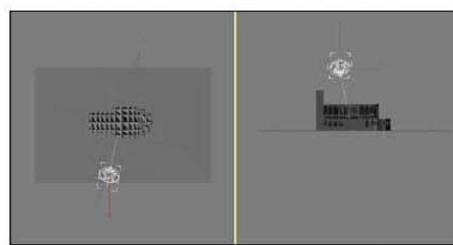


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



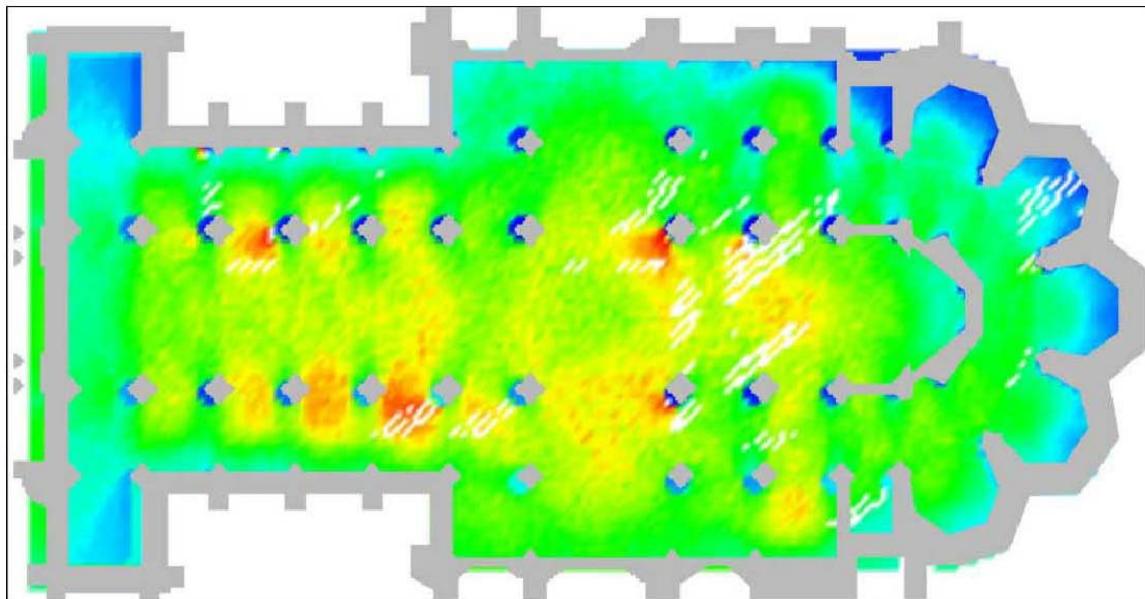
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 12:00 HORAS

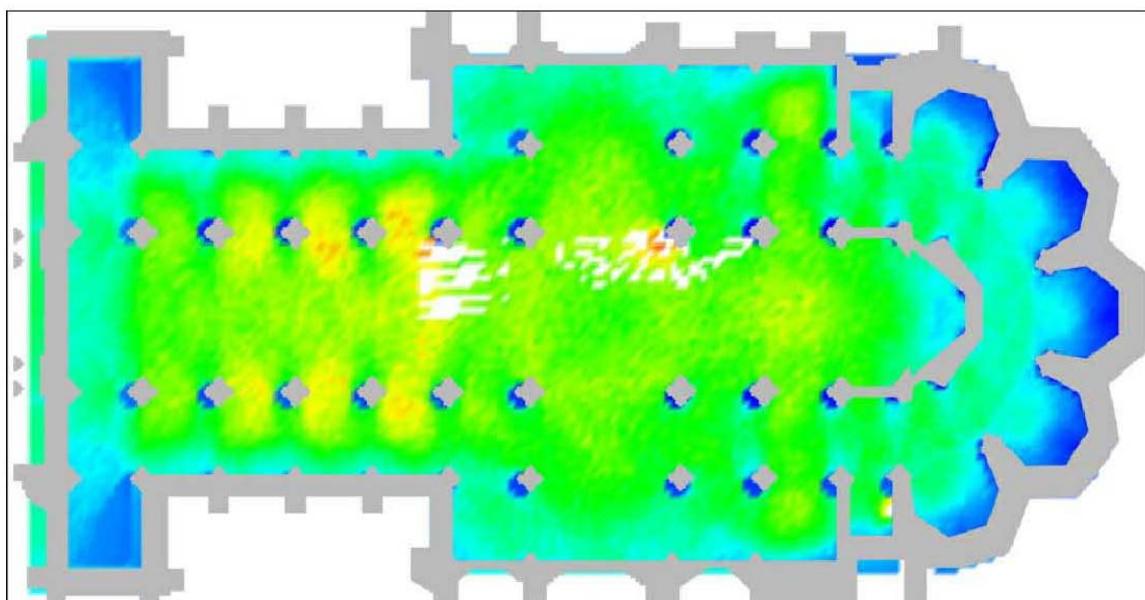


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

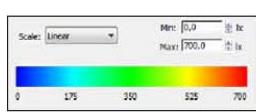


PLANTA 14:00



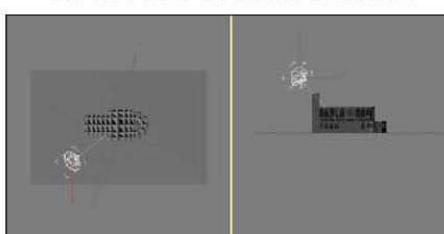
PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

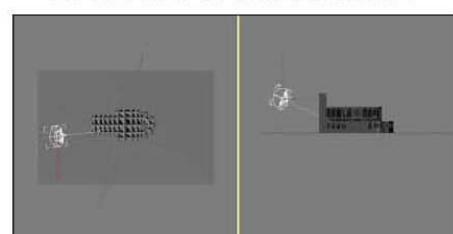


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE SEPT. 16:00 HORAS



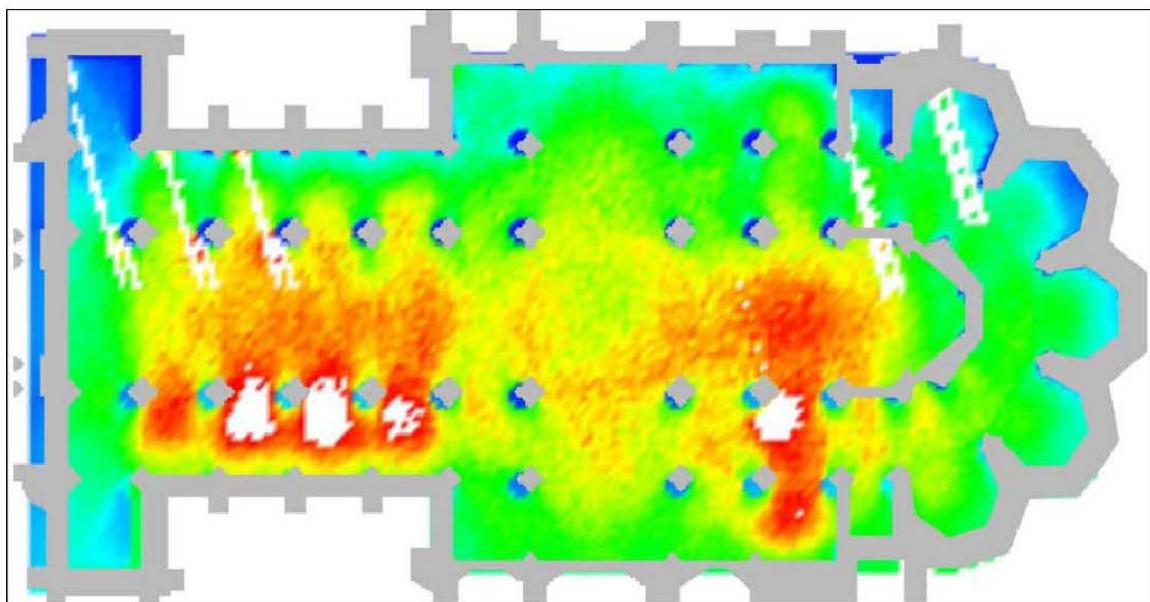
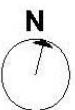
SITUACIÓN SOLAR



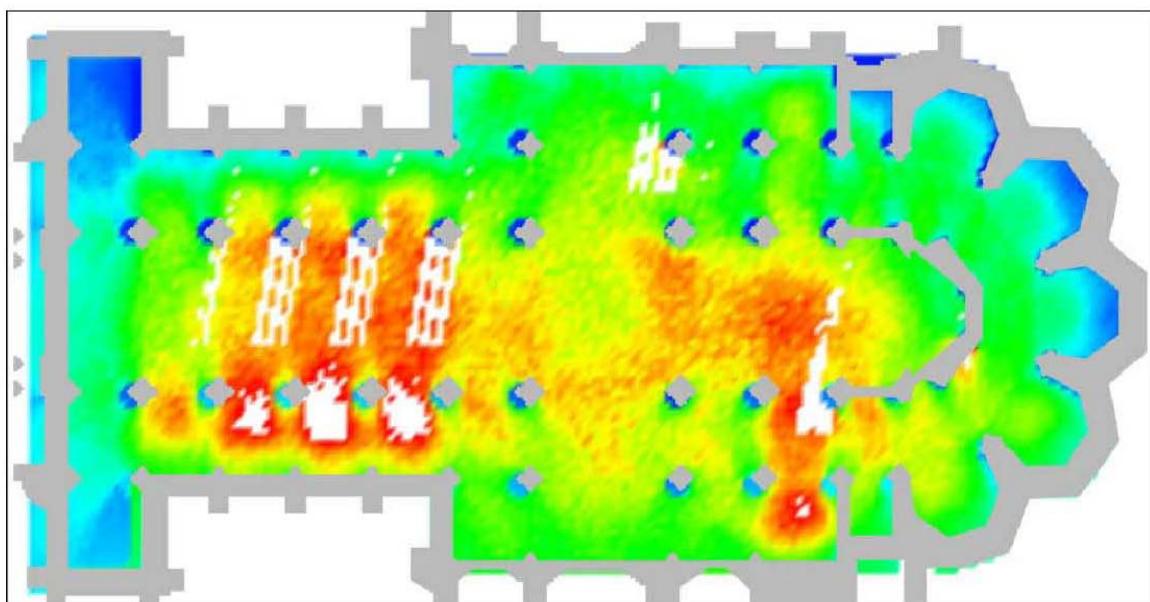
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

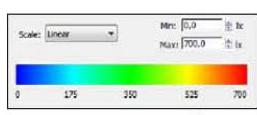


PLANTA 10:00



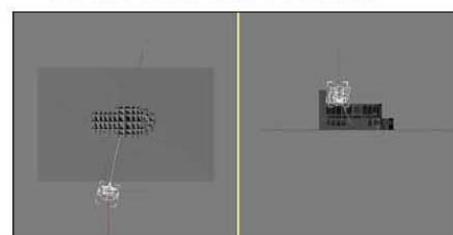
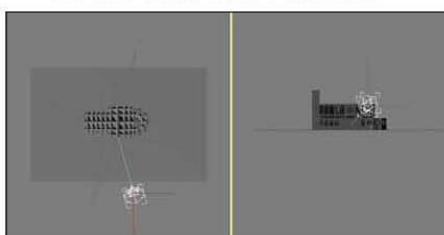
PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS



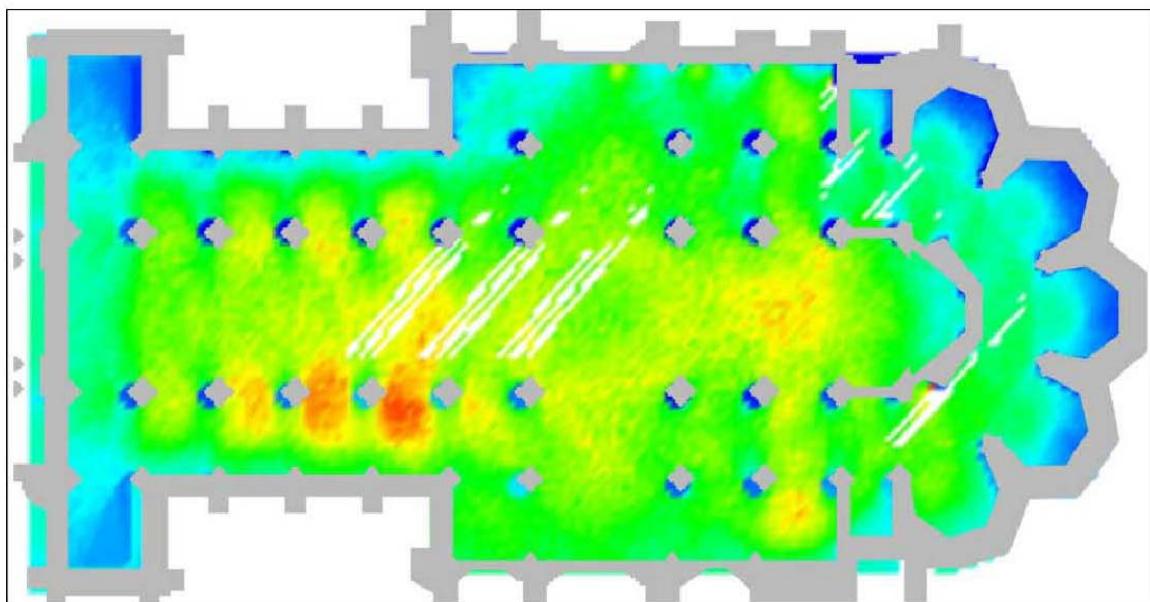
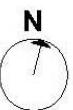
ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE DIC. 12:00 HORAS

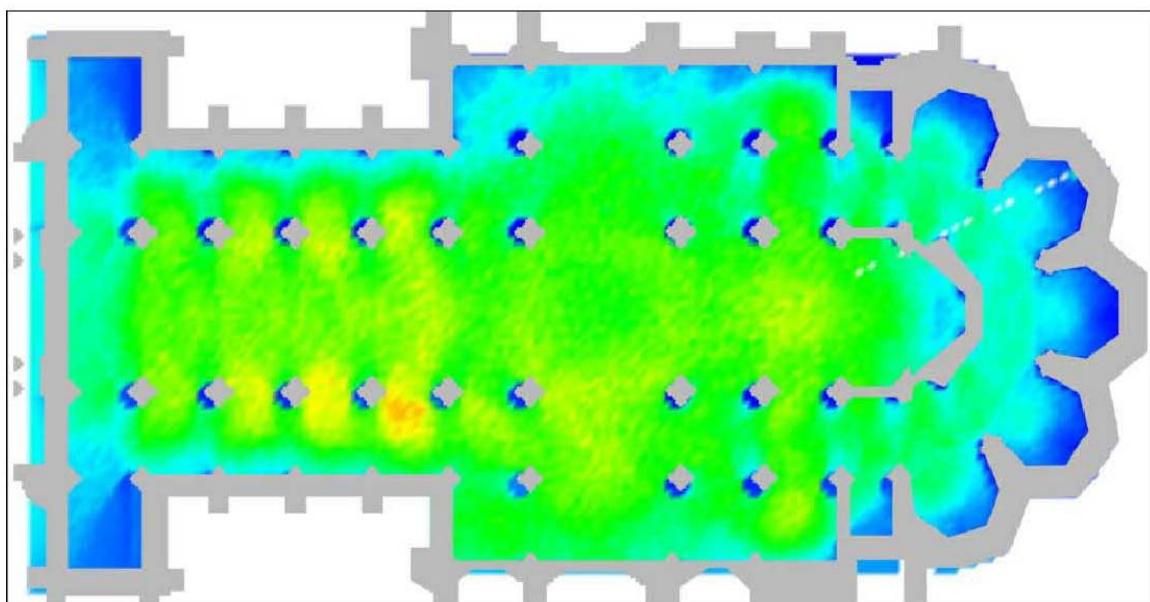


CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

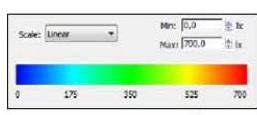


PLANTA 14:00



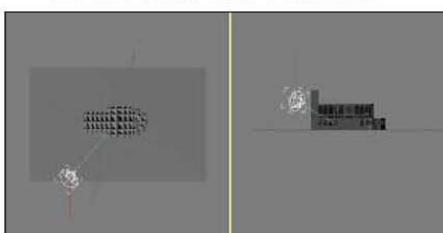
PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS

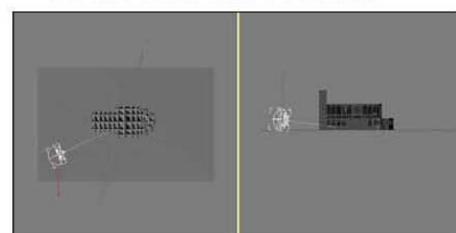


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR



SITUACIÓN SOLAR

### 6.5.6 CATEDRAL DE LEÓN. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN GENERAL DE LA CATEDRAL.

En este apartado estudiaremos los valores numéricos obtenidos en los distintos puntos de la catedral con su factor de escalado y las gráficas que se han extractado a partir de estos para, de ese modo, poder analizar de manera pormenorizada la iluminación en cada nave de la catedral y la comparación entre estas.

#### 6.5.6.1 NAVE CENTRAL.

Nave de iluminación constante en primavera en lo referente a los valores generales por punto a lo largo del día, sobre todo entre las 10:00 y las 14:00 horas con valores en marzo entre 7 y 8 luxes de media entre los distintos puntos de la nave, mientras que sufre un leve descenso de iluminación a las 16:00 con un valor medio de 6 luxes.

En verano se repite el esquema general de iluminación de primavera, con valores de 10:00 a 14:00 de 7 luxes de media entre los distintos puntos de la nave, mientras que el leve descenso que sufre a las 16:00 llega a los 6 luxes.

En otoño volvemos a tener la máxima iluminación a las 12 pero con un patrón similar a primavera y verano, con valores de 10:00 a 14:00 entre 7 y 8, con un descenso a las 16:00 hasta los 6 luxes de media.

En invierno la iluminación general sigue exactamente el mismo patrón medio del resto de estaciones.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (fig. 6.196) a las 10:00 horas nos muestra como la iluminación a los pies de la catedral es escasa, con apenas 5 luxes de iluminación indirecta y sufre un ascenso en el punto 30, situado a mitad de recorrido entre los pies de la iglesia y el crucero, creciendo hasta los 9 luxes del punto 30. Después observamos un descenso de iluminación hasta el crucero y el punto anterior a este (puntos 33 y 32 respectivamente). Por último tenemos otro pico de iluminación en el presbiterio (puntos 34 y 35), que se ve atenuado definitivamente en el punto extremo de la nave, donde se sitúa el altar.

Este esquema de gráfica se repite de manera paralela para las otras 4 horas del día mostrando homogeneidad en la distribución de las líneas tanto para las 12:00 como para las 14:00 y las 16:00, siendo la iluminación de las 12:00 algo superior y las de las 14:00 y 16:00 líneas paralelas por debajo de la primera.

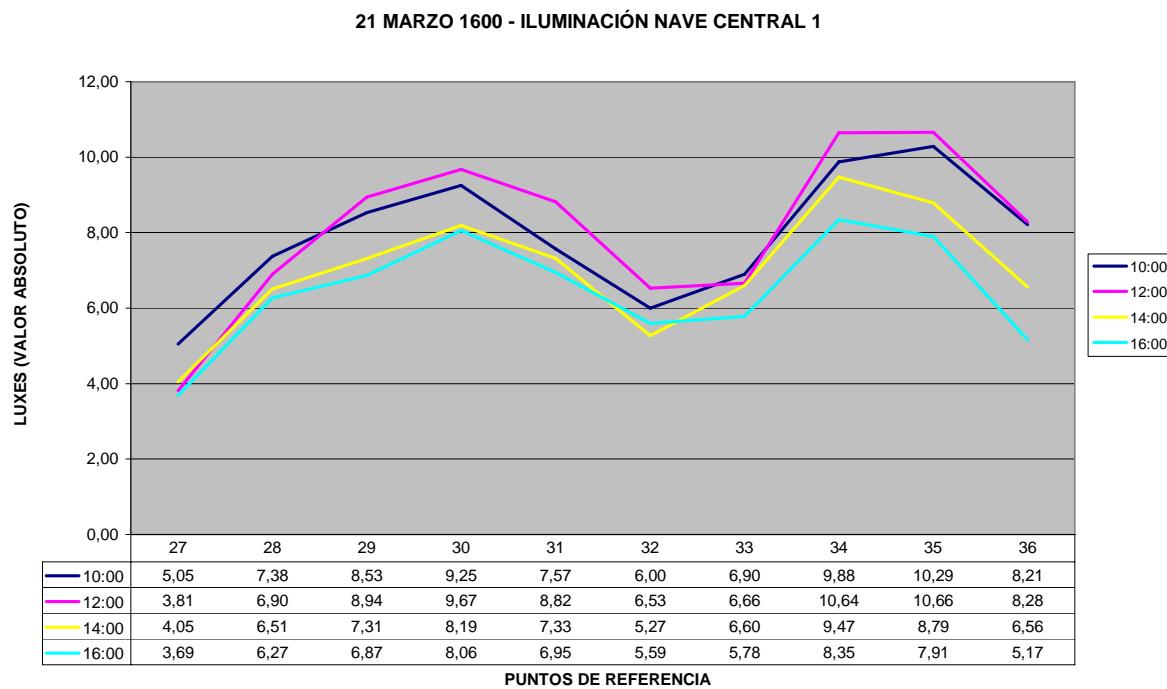


Fig. 6.196. Gráfica de la nave 1. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.197) muestra unos valores de comportamiento similar a la de primavera con los mismos puntos pico y valle con valores incluso algo inferiores que en primavera, por lo que el efecto de la altura solar no parece variar la cantidad de iluminación general del interior de la nave.

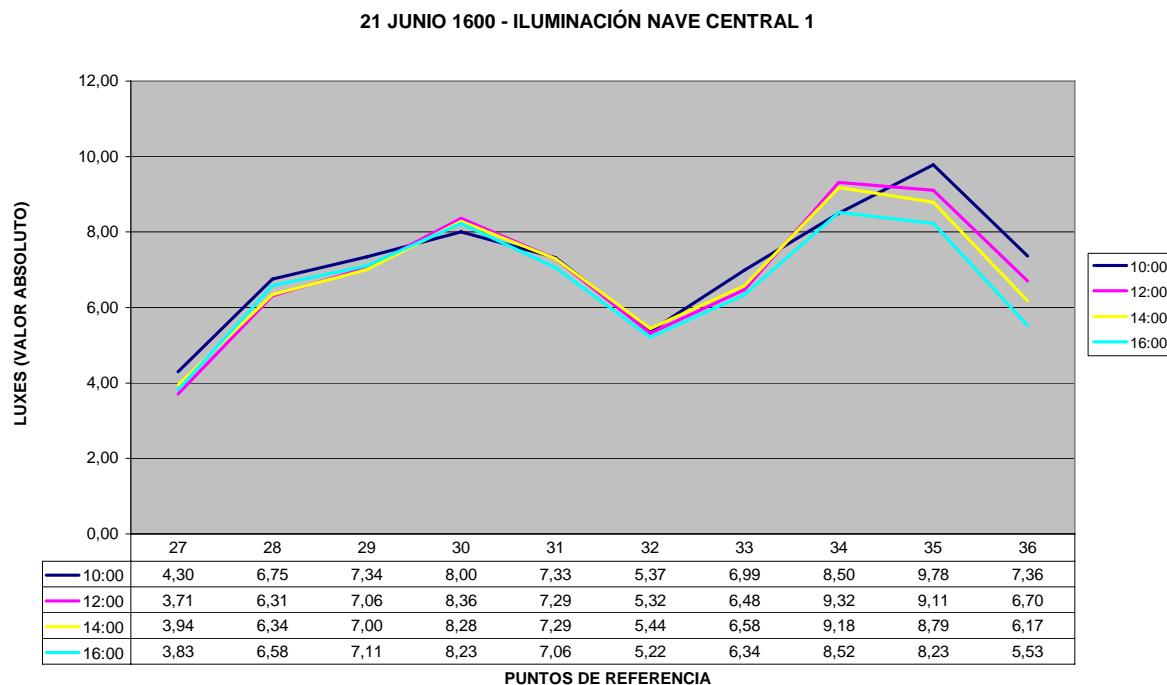


Fig. 6.197. Gráfica de la nave 1. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

La particularidad de la medición de este mes es que los valores a las distintas horas del día son prácticamente exactos sin variaciones significativas, siendo las líneas de tendencia coincidentes.

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.198) es prácticamente idéntica a la de primavera por lo que la descripción de valores se podría asemejar a esta en todos los extremos siendo de nuevo los valores más representativos los que se producen en los puntos 30 y presbiterio (34 y 35) y los puntos valle los de los pies, el crucero y el altar.

Las gráficas a las distintas horas no muestran variación significativa en su distribución, salvo por los leves descensos de iluminación general entre las 12:00 y las 16:00 horas, siendo todas las líneas paralelas entre sí.

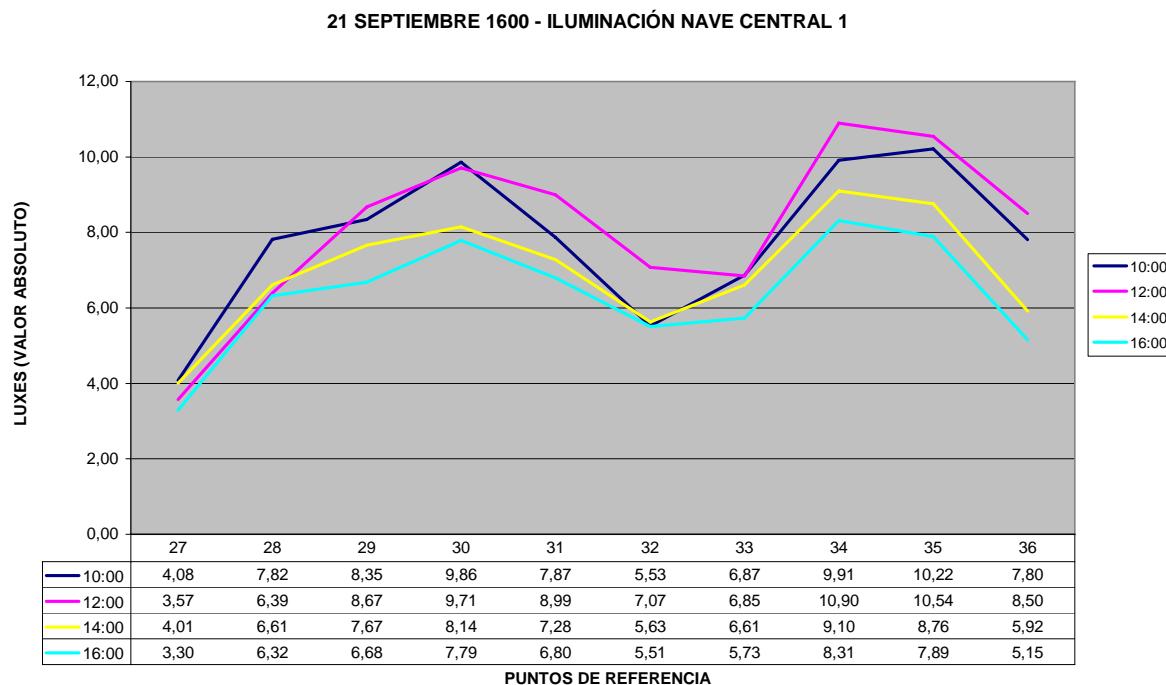


Fig. 6.198. Gráfica de la nave 1. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** La gráfica de invierno (Fig. 6.199) se comporta como las de primavera y otoño con la diferencia de que los valores algo más bajos en general.

Sigue el patrón de aumentos de los pies hacia el ábside pero de descensos en los puntos singulares de la catedral como son los pies, el crucero y el altar y cabe destacar que en este mes, la línea que arroja valores pico de iluminación es la de las 10:00 y no la de las 12:00.

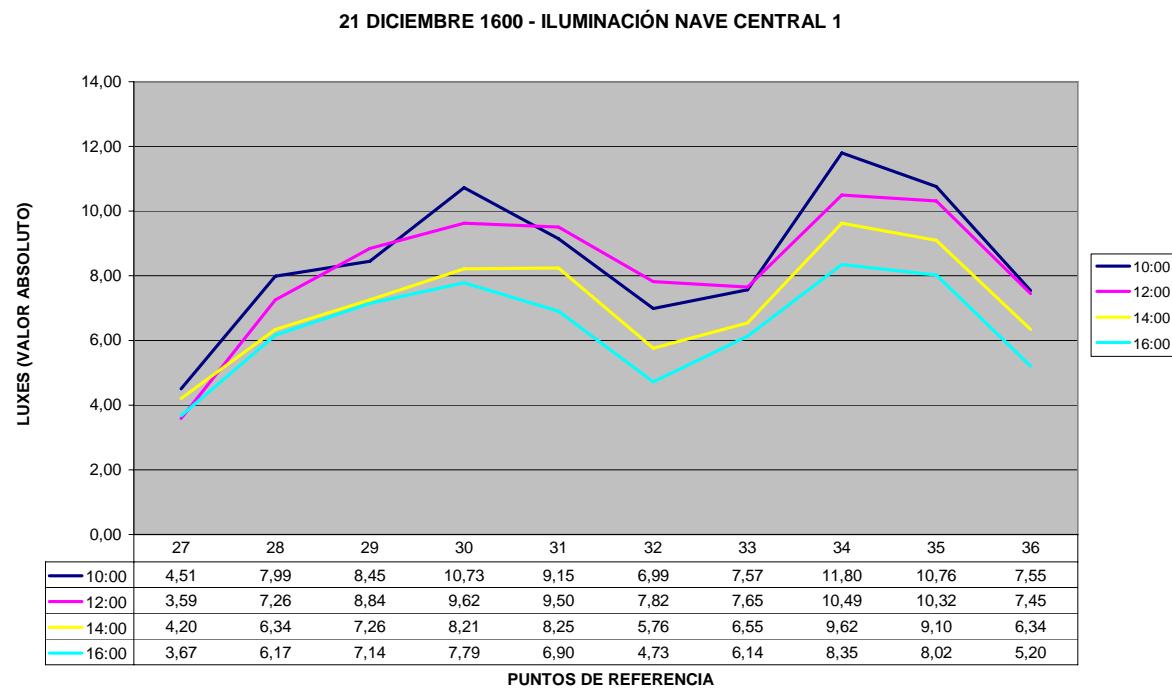


Fig. 6.199. Gráfica de la nave 1. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

#### 6.5.6.2 NAVE TRANSVERSAL.

Nave de iluminación muy constante a lo largo del día en lo que se refiere a valores medios. Así en primavera tiene su máximo apogeo a las 10:00 horas, con valores medios de iluminación por punto a lo largo de la nave de 6,75 luxes, con iluminación media prácticamente exacta a las 12:00, 14:00 y 16:00 (6,26, 6,74 y 6,19 luxes medios respectivamente).

En verano se repite el mismo esquema de primavera con valores prácticamente iguales, siendo la iluminación media mínima 6,69 luxes mientras que la máxima es 6,98.

En otoño tendríamos valores similares para las horas iniciales del día y algo más bajos para las 16:00 horas, aunque apenas perceptible (6,15 luxes de media)

En diciembre es interesante observar como la iluminación no desciende en absoluto en las horas tempranas del día, llegando incluso a valores medios superiores a los de los meses precedentes, 7,28, 7,34 y 6,73 luxes a las 10:00, 12:00 y 14:00 horas respectivamente aunque desciende levemente a las 16:00 horas (6,00 luxes de media).

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (Fig. 6.200) muestra un esquema de líneas de tendencia que muestran como el crucero se comporta de manera homogénea a lo largo de todos sus puntos aunque con algún matiz. Los puntos valle del mismo son, a todas las horas, los situados en los extremos (sur y norte) y en el crucero (puntos 38, 50 y 33 respectivamente), mientras que los picos los encontramos en los puntos intermedios de la nave, al norte y al sur del crucero (puntos 8 y 20 respectivamente).

Los puntos de mayor iluminación llegan hasta los 7,94 luxes, mientras que los valores del crucero y los puntos extremos apenas llegan a los 6 luxes de iluminación.

Este esquema de homogeneidad entre los puntos extremos de la nave transversal (bajo los rosetones norte y sur) y el crucero mismo (punto 32), se repite a las distintas horas del día y también lo hace la distorsión de los puntos intermedios pico.

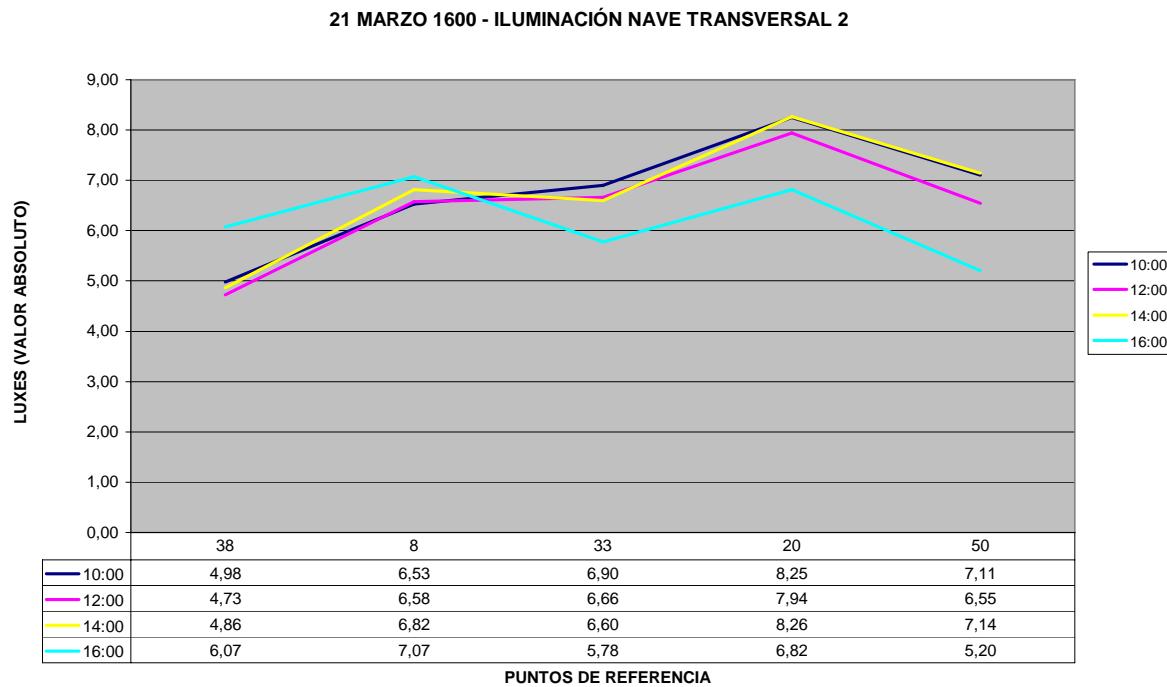


Fig. 6.200. Gráfica de la nave 2. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.201) repite el esquema general de la de primavera con valores medios similares.

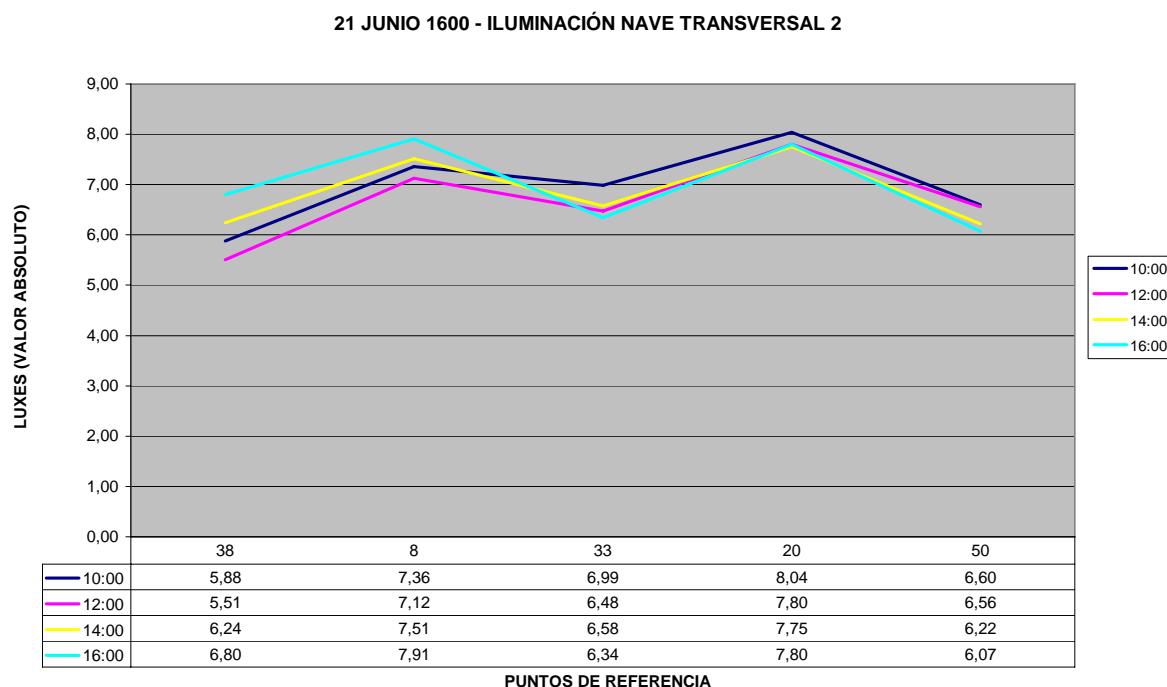


Fig. 6.201. Gráfica de la nave 2. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

Lo que diferencia esta gráfica de su predecesora es que los valores al norte y al sur de la nave son más simétricos, tanto para los puntos intermedios como para los extremos.

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. 6.202) reproduce de nuevo de manera idéntica las condiciones de iluminación de primavera, con los mismos puntos pico y valle y con diferencias de paralelismo entre las líneas de tendencia de las distintas horas, siendo de nuevo la línea de las 16:00 horas la que tiene menor iluminación, sobre todo en el extremo sur de la nave (punto 50).

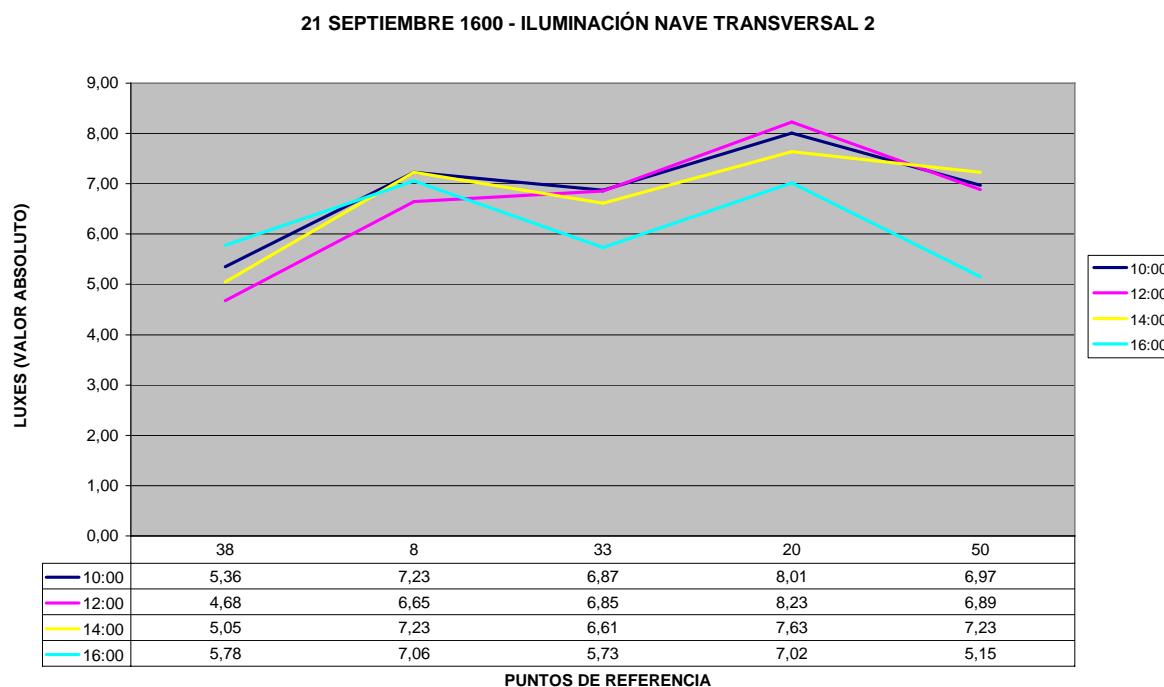


Fig. 6.202. Gráfica de la nave 2. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** En invierno (Fig. 6.203) la iluminación sigue un patrón similar a los anteriores pero con una diferencia leve con respecto a las otras gráficas y es que las gráficas varían entre las distintas horas del día, siendo la hora de mayor iluminación la de las 10:00 de la mañana.

El resto de la comparativa es similar al de las otras estaciones del año, con una mayor iluminación en el extremo sur de la nave que en el norte.

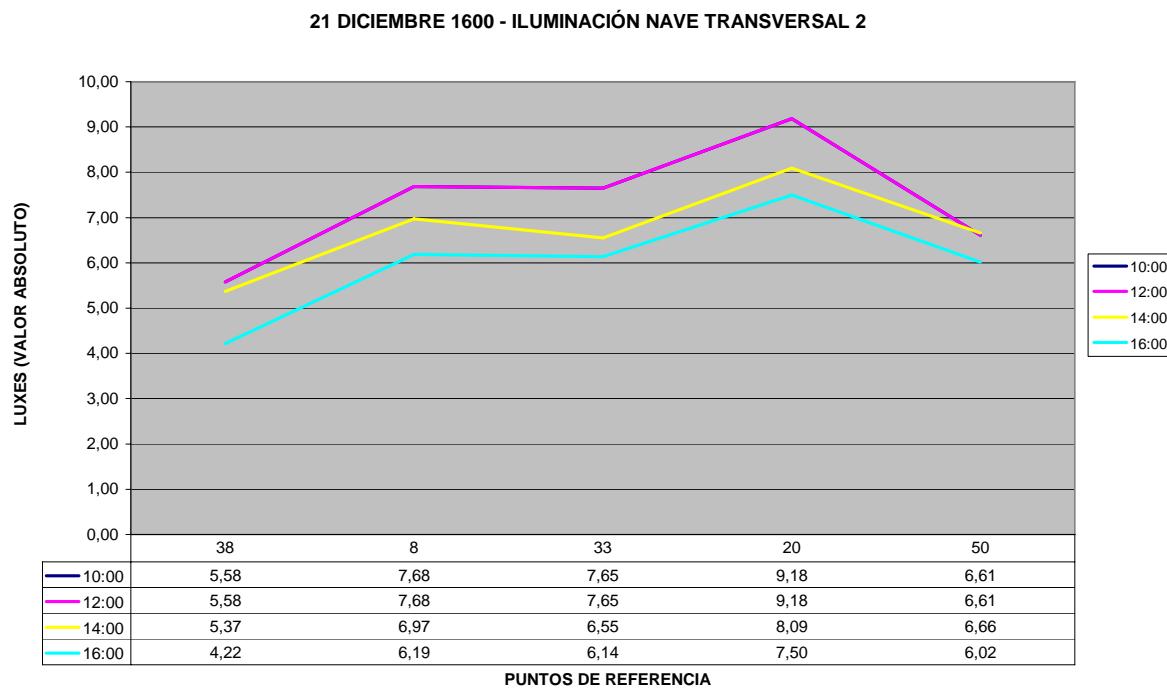


Fig. 6.203. Gráfica de la nave 2. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

#### 6.5.6.3 RESTO DE NAVES LONGITUDINALES.

Si comparamos el resto de naves longitudinales de la catedral (Fig. 6.204 a Fig. 6.207), podemos observar patrones de comportamiento claros en lo que se refiere a la distribución de la intensidad lumínica a lo largo de los distintos espacios.

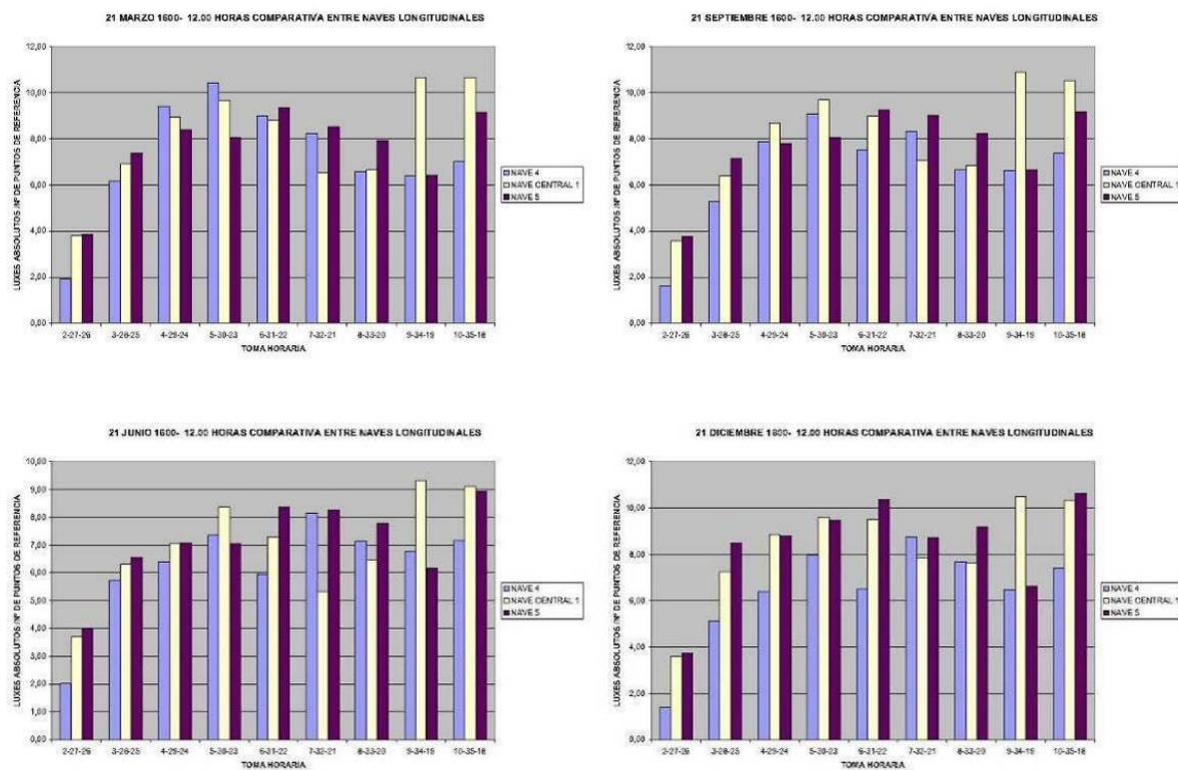


Fig. 6.204 a Fig. 6.207. Comparativa de valores de iluminación media por punto en las 3 naves longitudinales más importantes de la catedral de Sevilla para los cuatro días del año a las 12:00 horas. Autor: Juan M. Medina

El primer comportamiento repetido que podemos observar es el de la intensidad de iluminación si analizamos las naves longitudinales de los pies hacia el ábside. Con alguna salvedad, podemos observar como la iluminación comienza siendo muy escasa a los pies de las naves longitudinales, a los pies de la iglesia.

La iluminación de las naves comienza entonces a ascender de manera más o menos constante hasta los puntos 5-30-23 y 6-31-22, es decir la cuarta y la quinta crujía desde los pies hacia el ábside, a mitad de nave, a la altura del actual coro.

Después la iluminación en las naves longitudinales muestra un descenso constante hasta llegar al cruce con la nave transversal. Es en el transepto donde se alcanzan los valores más templados de las naves longitudinales.

La iluminación sufre entonces un energético ascenso hasta el encuentro de las naves longitudinales con el muro este, lugar en el que se dan los valores más altos de iluminación; en todas las naves longitudinales en general y en la nave principal de manera particular.

Si estudiamos los valores medios en las distintas naves longitudinales (Fig. 6.208) podemos observar como estos se mantienen de forma constante entre los 5 y los 9 luxes en algún caso.

MARZO					JUNIO				
	10.00	12.00	14.00	16.00		10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	7	6	7	6		7	7	7	7
NAVE 3 (NORTE)	5	5	5	6		6	6	6	7
NAVE 4	6	7	6	6		6	6	7	7
NAVE CENTRAL 1	8	8	7	6		7	7	7	7
NAVE 5	8	8	7	6		7	7	7	6
NAVE 6 (SUR)	7	7	7	5		6	7	6	5
GIROLA INTERIOR 7	6	6	5	4		8	6	6	5
GIROLA EXTERIOR 8	5	4	3	3		5	4	4	3
TOTAL LUXES	53	51	47	43		53	50	49	46

SEPTIEMBRE					DICIEMBRE				
	10.00	12.00	14.00	16.00		10.00	12.00	14.00	16.00
NAVE TRANS. 2	7	7	7	6		7	7	7	6
NAVE 3 (NORTE)	5	5	5	6		5	6	6	5
NAVE 4	7	7	6	6		6	6	6	5
NAVE CENTRAL 1	8	8	7	6		9	8	7	6
NAVE 5	8	8	7	6		9	8	7	6
NAVE 6 (SUR)	7	7	7	5		7	7	6	5
GIROLA INTERIOR 7	6	6	5	4		6	6	5	4
GIROLA EXTERIOR 8	5	4	3	3		4	4	3	2
TOTAL LUXES	54	51	47	42		54	54	47	39

Fig. 6.208. Valores de iluminación media por punto en las distintas naves longitudinales de la catedral de León para los cuatro días del año y las 4 horas del día. Autor: Juan M. Medina

Esto, comparativamente hablando es muy superior a las medias que encontraremos en las girolas, tanto la interior como la exterior, que oscilan en iluminaciones entre 2 y 6 luxes de media entre todos sus puntos. Encontramos entonces unas girolas muy poco iluminadas con respecto a la homogeneidad e intensidad de la nave principal y las longitudinales.

Es interesante apuntar por último, como en la comparativa por meses podemos detectar como la variación media entre naves que se produce en junio difiere apenas en 1 o 2 luxes con el comportamiento de diciembre, lo que abunda en el concepto de iluminación homogénea de la catedral también a lo largo de los distintos días del año.

Si particularizamos para cada nave longitudinal encontramos los siguientes gráficos:

**Nave 3 (norte):**

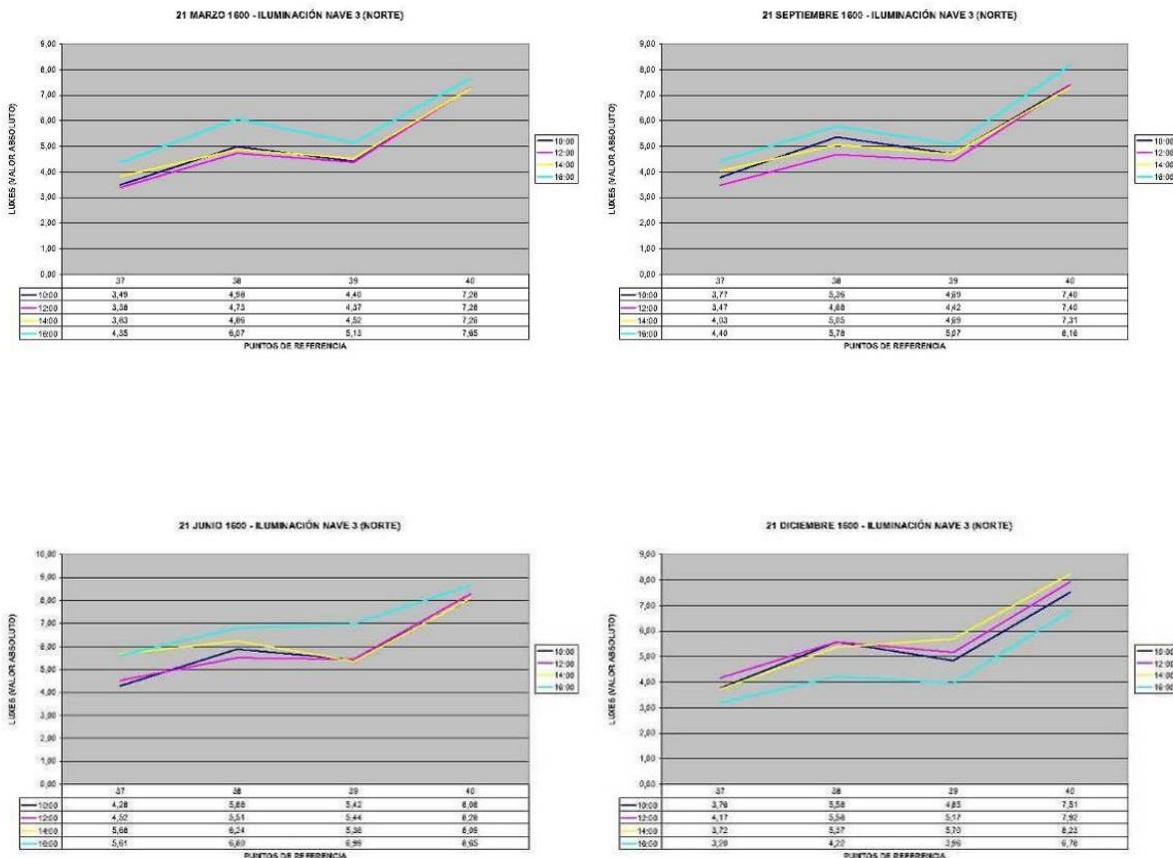


Fig. 6.209. Gráfica de iluminación de la nave 3. Autor: Juan M. Medina

Nave que se comporta de manera muy similar para los cuatro días del año y que tiene líneas de tendencia paralelas para las cuatro horas del día. Se compone tan sólo de 4 puntos (cuatro crujías) y muestra como los valores más altos se dan en el punto 40, situado al este del transepto.

Algo interesante a tener en cuenta en esta nave es que los rangos de mayor iluminación absoluta se dan a las 16:00 de la tarde para los meses de marzo, junio y septiembre. Esto se produce porque el sol a esta hora consigue incidir sobre la fachada oeste ya que la catedral no está orientada exactamente al este, sino al noreste. En diciembre, cuando el recorrido solar disminuye, la iluminación de las 16:00 se ve lógicamente penalizada en comparación con el resto del día.

Nave 4 (interior al norte de la nave principal):

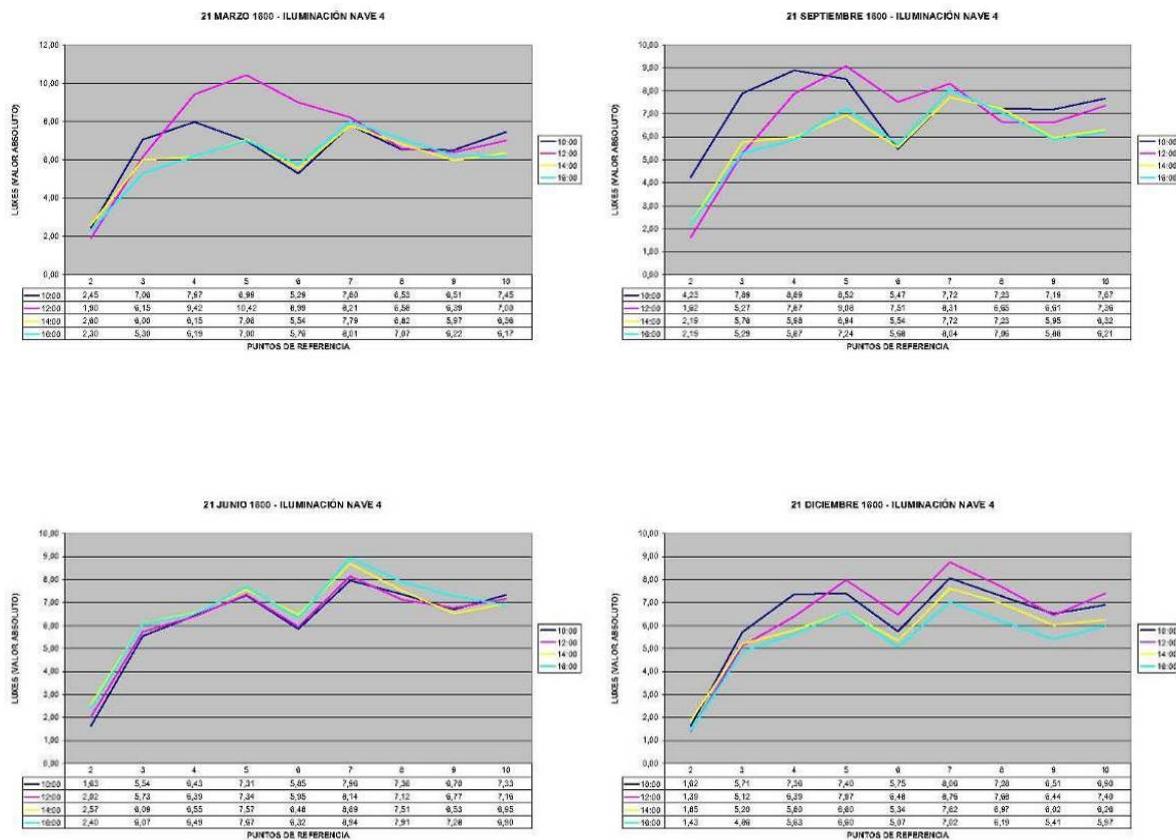


Fig. 6.210. Gráfica de iluminación de la nave 4. Autor: Juan M. Medina

La nave 4 se encuentra situada al norte de la nave principal y tiene un comportamiento de iluminación algo heterogéneo a lo largo de su recorrido de los pies hacia los deambulatorios.

En todas las horas, la iluminación a los pies de la iglesia es la más baja de la nave de nuevo. A partir de ahí y a medida que nos alejamos de los pies, la iluminación aumenta, camino al punto álgido del recorrido que es el punto 7, punto previo al encuentro de la nave con el transepto. En el punto 6, sin embargo, se produce un descenso brusco de iluminación de manera reincidente a todas las horas del día, esto es debido a la geometría singular de la catedral ya que en ese punto es donde la misma sufre un estrechamiento, convirtiéndose de catedral de 5 naves a 3.

A partir del punto 7, las gráficas descienden suavemente hasta llegar al crucero, donde volvemos a tener valores de iluminación templados y en continuo descenso a medida que la nave avanza hacia el este, en su encuentro con el deambulatorio.

### Nave 5 (interior al sur de la nave principal)

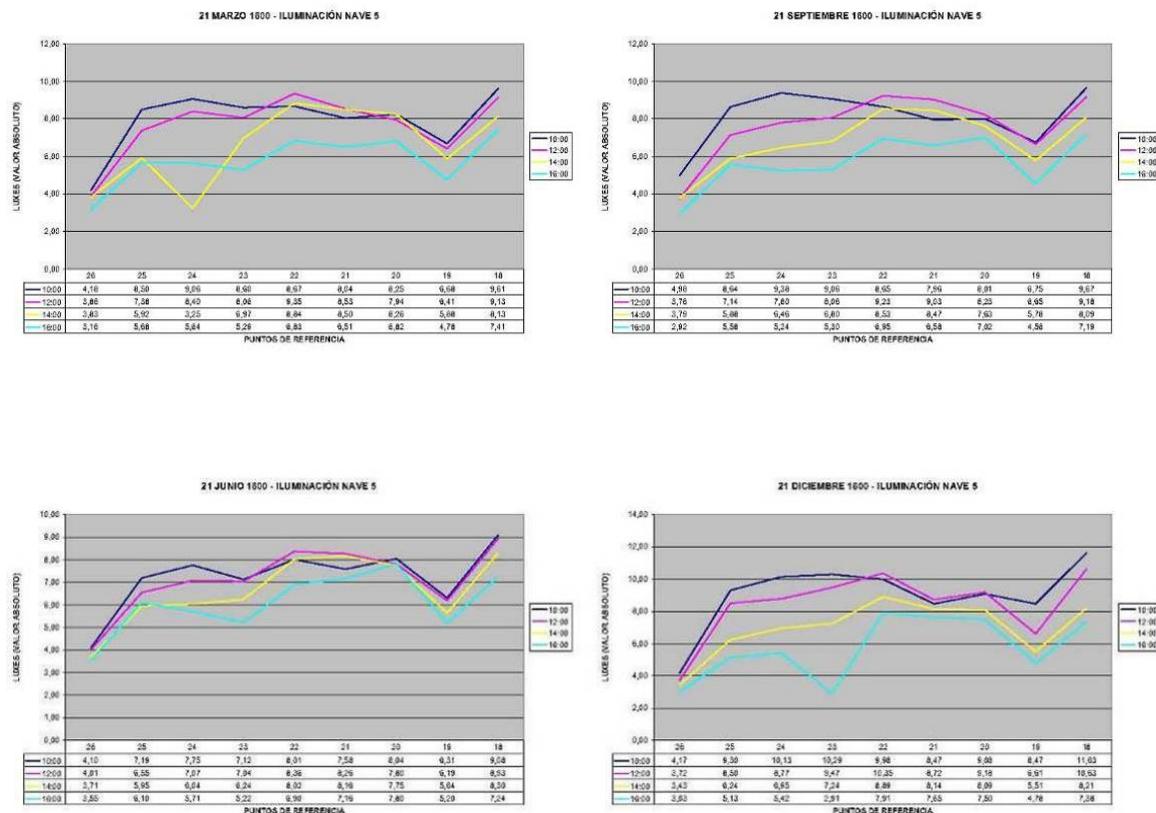


Fig. 6.211. Gráfica de iluminación de la nave 5. Autor: Juan M. Medina

La gráfica de la nave situada al sur de la principal vuelve a presentar una línea de tendencia similar al resto de las longitudinales, con un ascenso desde el punto situado a los pies de la iglesia y con una homogeneidad de valores manifiesta en el desarrollo de la nave hacia el este.

Cabe destacar que en este caso, los valores más altos se dan en la parte central de la nave y sobre todo en el lado este, en el encuentro de la nave con el deambulatorio, con la particularidad de un descenso sistemático en el punto 19, situado a continuación del encuentro de la nave con el transepto.

También es interesante observar cómo, al ser una catedral orientada al noreste y tener la fachada sur algo de "este" los valores más altos de iluminación los tenemos a las 10:00 de la mañana por lo general.

Nave 6 (Sur):

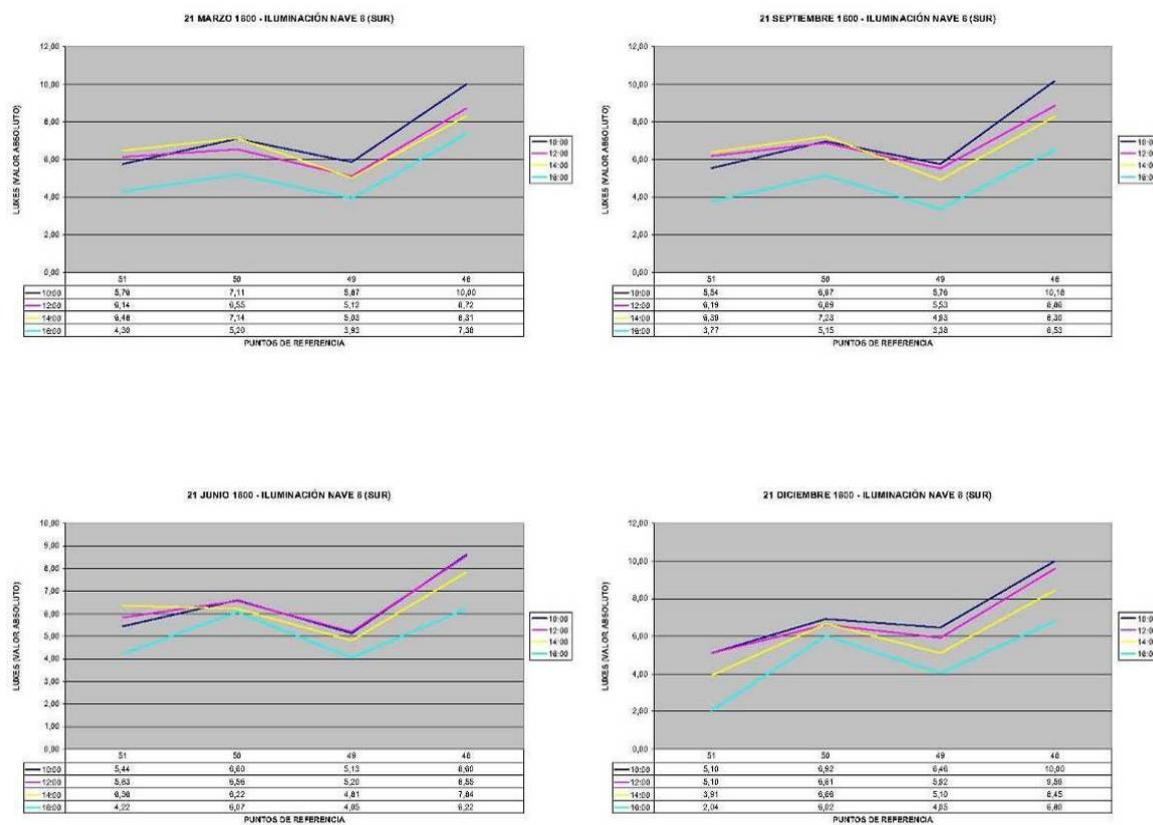


Fig. 6.212. Gráfica de iluminación de la nave 6. Autor: Juan M. Medina

La nave 6 vuelve a ser una nave corta, de 4 crujías, que se produce como un ensanchamiento a 5 naves en el encuentro con el transepto. La iluminación en esta nave es similar en cuanto a tendencia a la que se produce en la nave 4 (la simétrica situada al norte)

#### 6.5.6.4. ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS.

Para determinar en términos globales el régimen de iluminación general de los distintos espacios de la catedral entre sí, establecemos una comparación de iluminación total de cada nave a las 4 horas del día censadas. Esto lo haremos para las cuatro estaciones y estableciendo valores medios de iluminación por punto en cada nave, es decir, sumando la iluminación total que recibe la nave en ese momento dado y dividiéndola por el número de puntos que tiene la nave.

**21 de marzo:**

La gráfica de primavera (Fig. 6.213) nos muestra como la nave más iluminada es, tal como describimos anteriormente, la nave principal, manteniendo una iluminación constante y elevada comparada con el resto de naves.

21 MARZO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

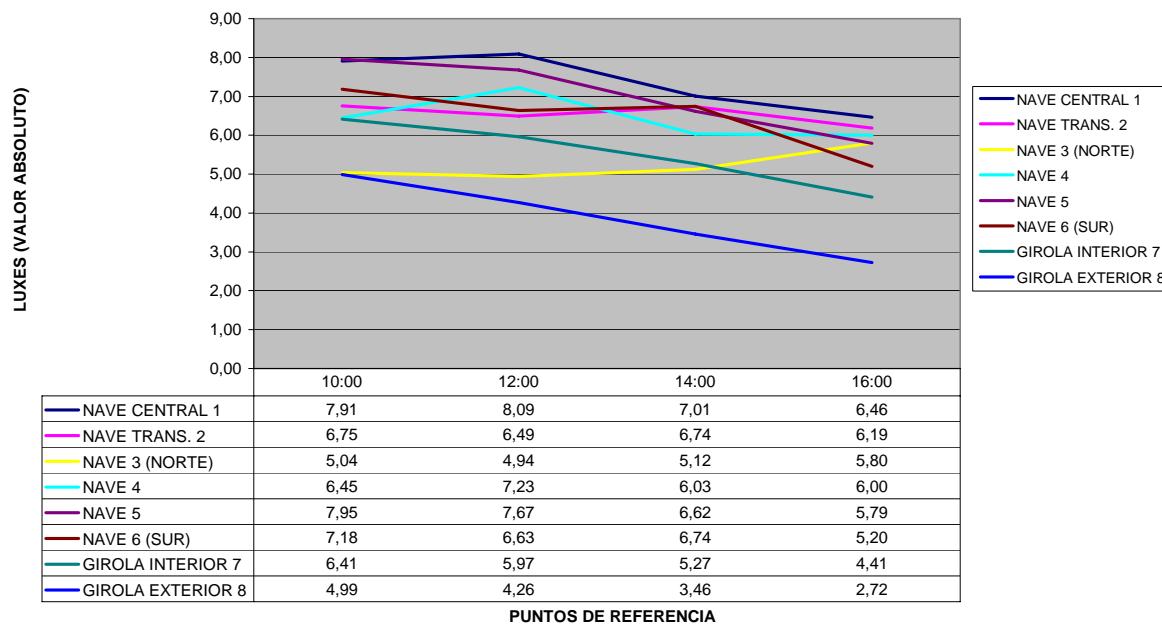


Fig. 6.213. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de marzo. Autor: Juan M. Medina

En segundo lugar tendríamos la nave 5, nave lateral situada al sur de la nave principal que, por la geometría de la catedral, permite calores de iluminación algo superiores que la nave 6, situada en la fachada sur.

En tercer lugar encontramos tres naves de comportamiento medio similar como son las naves 6 (sur), la nave lateral situada al norte de la principal y la nave transversal. La nave 3 (norte) también tiene valores medios parecidos a las anteriores pero más bajos.

Por último las girolas o deambulatorios que tienen un nivel de iluminación bajo con respecto a lo que se obtiene del resto de los espacios, con un descenso sistemático desde el comienzo el día hasta el ocaso, lo que viene marcado por su orientación a saliente.

### 21 de junio:

La gráfica de junio consigue aglutinar mucho más los valores medios de iluminación. En ella vemos como el orden de aparición de las distintas naves es el mismo, pero en este caso todas las gráficas se encuentran aglutinadas en diferencias de 2 luxes de iluminación.

Tan sólo la girola 8 se descuelga de este conjunto de naves paralelas, con valores realmente bajos de iluminación comparativamente hablando, entre los 5 luxes de la mañana y los 3 de la tarde.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

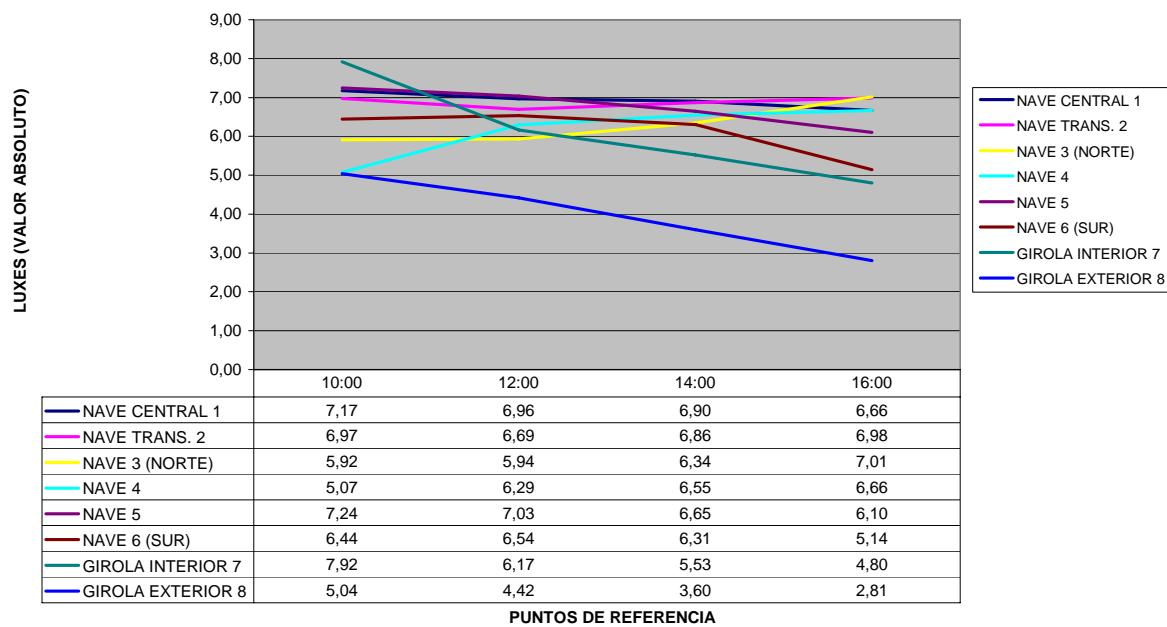


Fig. 6.214. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de junio. Autor: Juan M. Medina

### 21 de septiembre:

En otoño (Fig. xxx) se repite de manera casi exacta el patrón de iluminación del equinoccio de primavera.

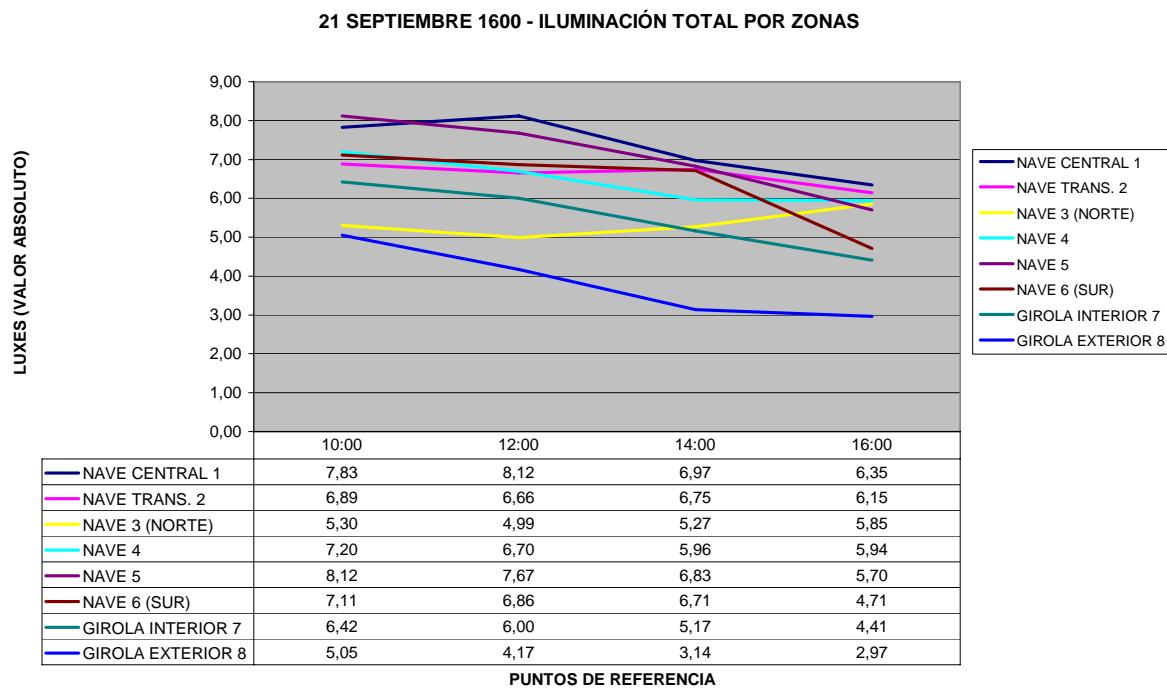


Fig. 6.215. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de septiembre. Autor: Juan M. Medina

Vuelve a destacar la iluminación de la nave principal y las situadas al sur, con valores mucho más templados para las naves norte y giolas.

#### 21 de diciembre:

En invierno (Fig. 6.216) observamos como las diferencias se polarizan entre naves con saltos de iluminación media que van desde los 4 luxes de la girola exterior a las 10:00 horas hasta los 9 de la nave central en el mismo momento.

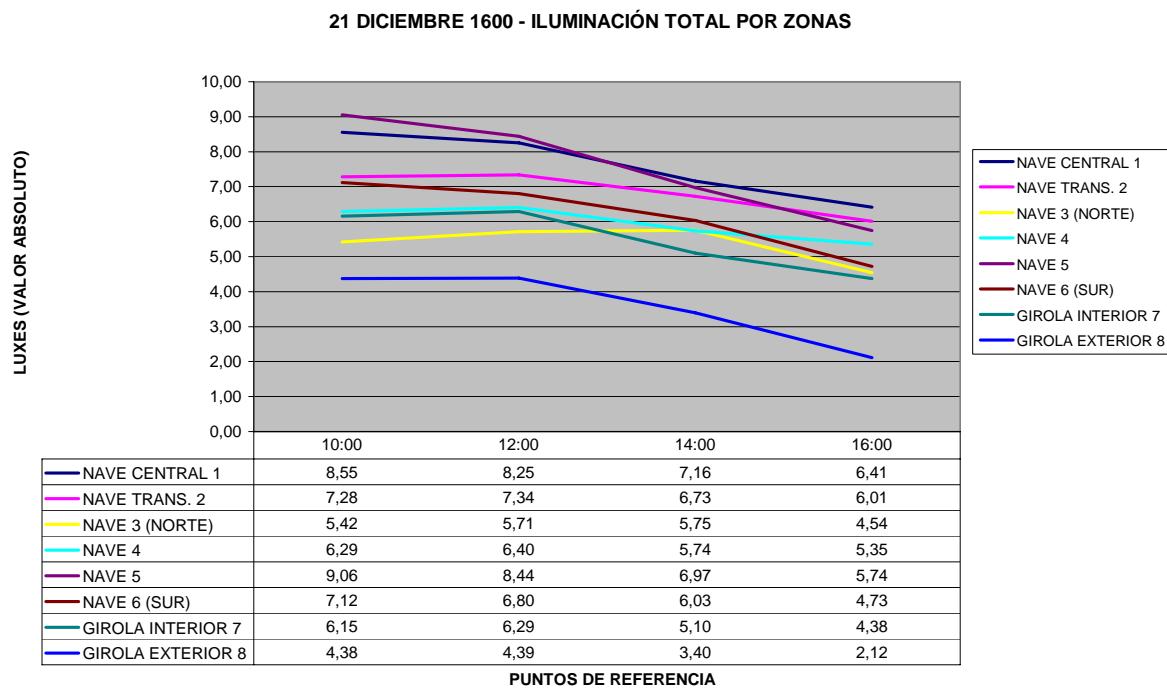


Fig. 6.216. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de diciembre. Autor: Juan M. Medina.

Las tres primeras naves siguen siendo las naves principales, nave 5, la nave transversal y la sur las que alcanzan valores de 7 y hasta 9 luxes. En el otro extremo las naves norte y girolas que tan sólo disponen de 4 o 5 luxes de iluminación a las 10:00 horas.

Los valores en diciembre se muestran en claro descenso a lo largo del día, estableciendo iluminación constante desde las 10:00 hasta las 12:00 para descender de manera inequívoca hacia el atardecer.

#### 6.5.7 CATEDRAL DE LEÓN. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA. RECORRIDO DE VIDRIERAS.

El presente capítulo pretende dar respuesta a la pregunta de la profesora Cassinello sobre cual sería el “**recorrido de vidrieras**” que se establece en una catedral gótica.

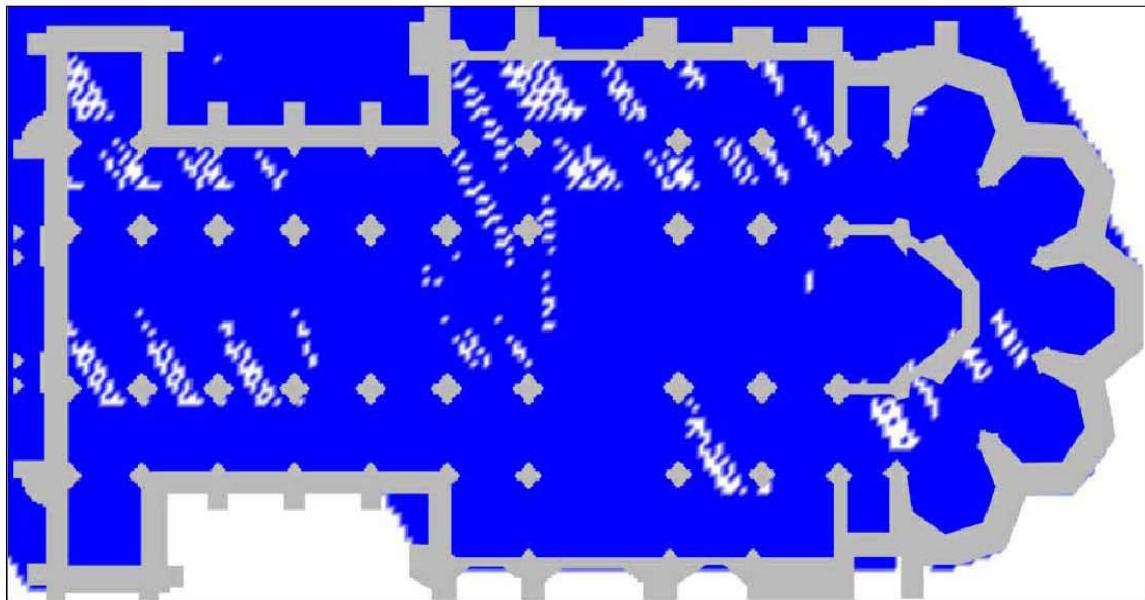
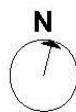
La iluminación directa en el interior de la catedral muestra cómo las vidrieras impactan con toda su fuerza simbólica sobre el espectador, como colorean no sólo el ambiente general de la catedral sino de manera puntual los distintos elementos del templo sobre los que se proyectan, dibujando en definitiva, el “mensaje” simbólico pretendido sobre el suelo de la catedral.

Cada nave tiene su momento de esplendor en términos de iluminación indirecta pero sin duda tienen también momentos de esplendor diferenciados en función del impacto de la “lux vera” sobre los fieles, y estas gráficas muestran en **blanco sobre azul** cuales son cada uno de esos momentos y a lo largo de toda la catedral. (Fig. 6.217)

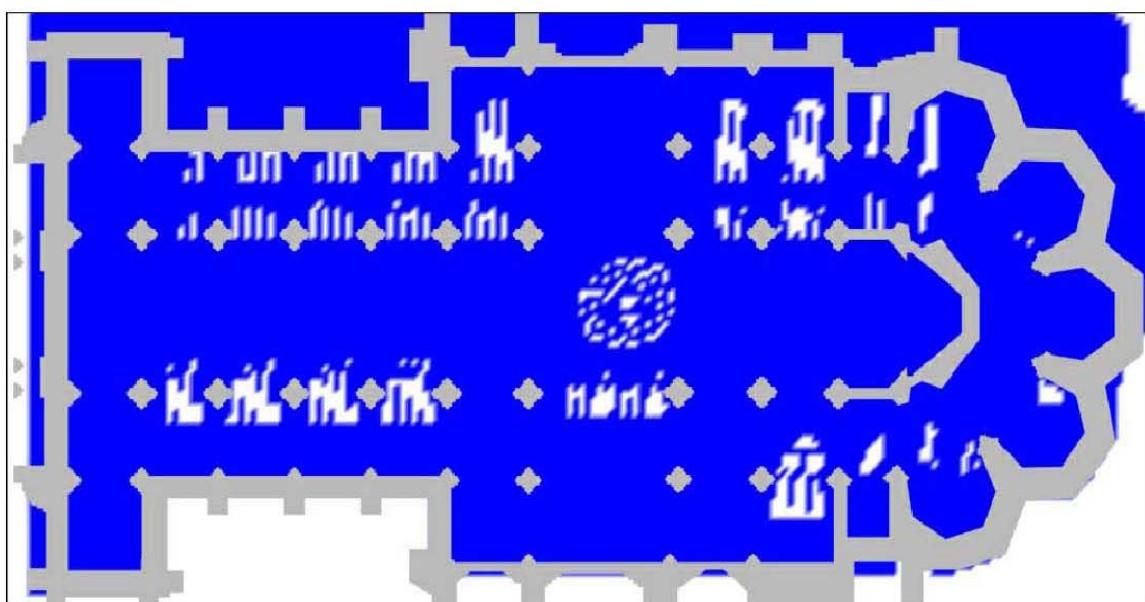


Fig. 6.217. Efecto luminoso, retratado a las 14:00 horas del 21 de marzo, del rosetón de la fachada sur sobre el crucero de la catedral de Notre Dame. Fotografía de Juan M. Medina. París, 21 de marzo 2012, 12.00 horas.

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

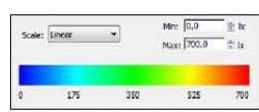


PLANTA 10:00

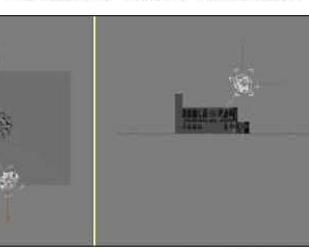


PLANTA 12:00

21 DE MARZO 10:00 HORAS

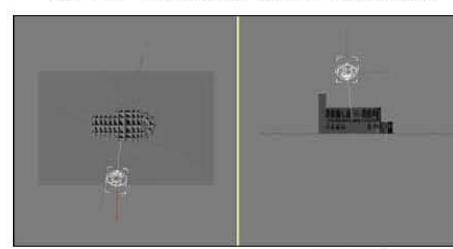


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

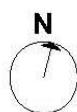
21 DE MARZO 12:00 HORAS



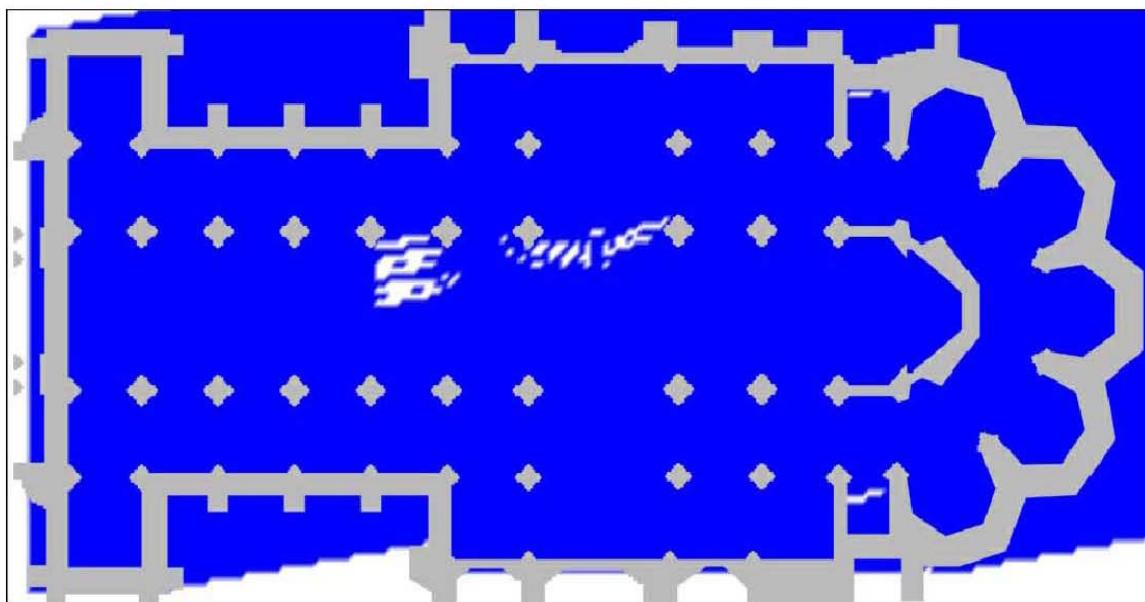
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

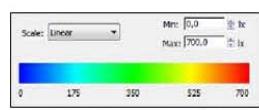


PLANTA 14:00

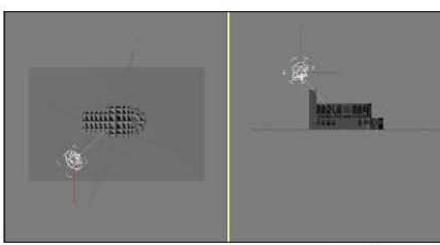


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

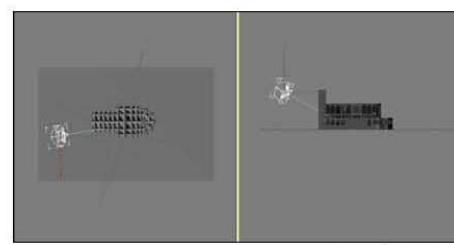


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

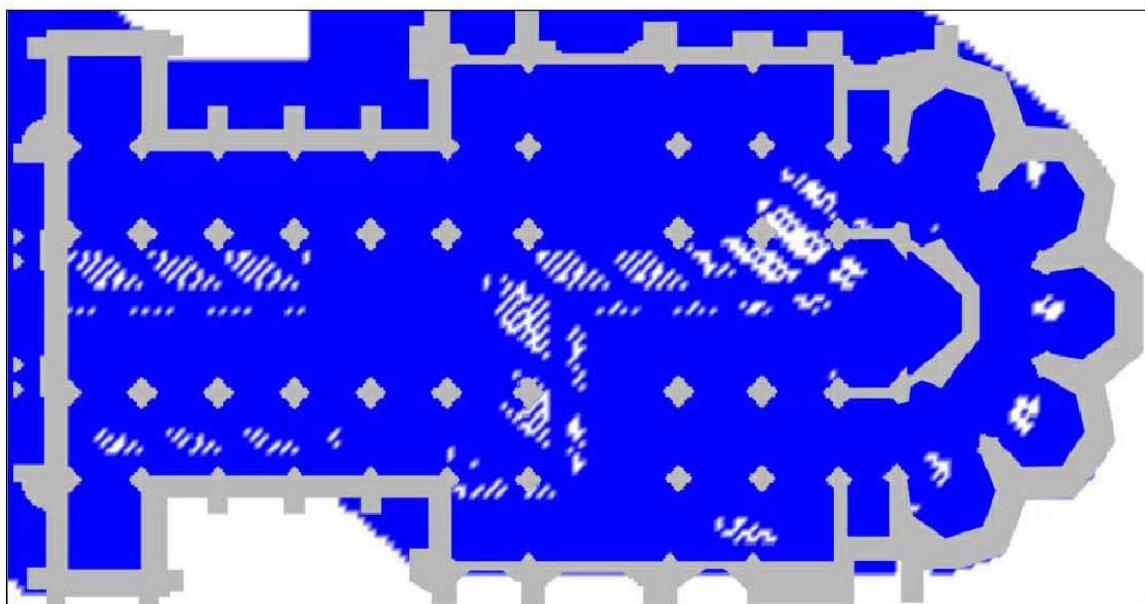
21 DE MARZO 16:00 HORAS



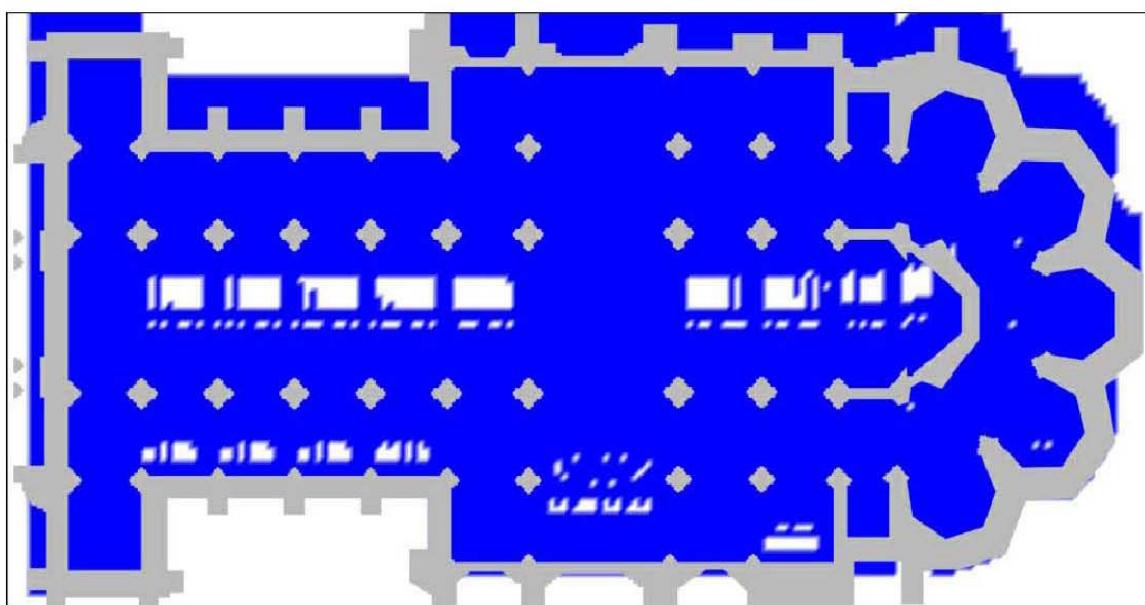
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

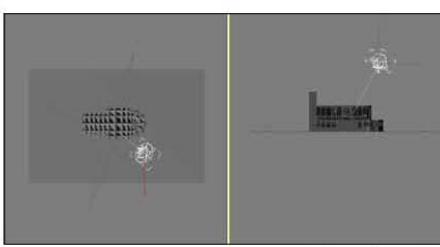
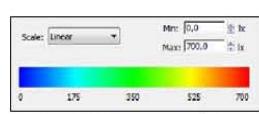


PLANTA 10:00



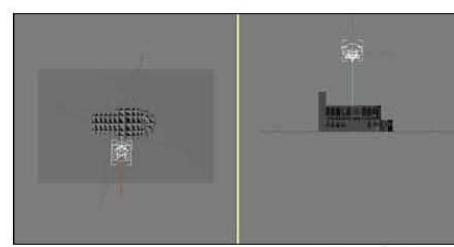
PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

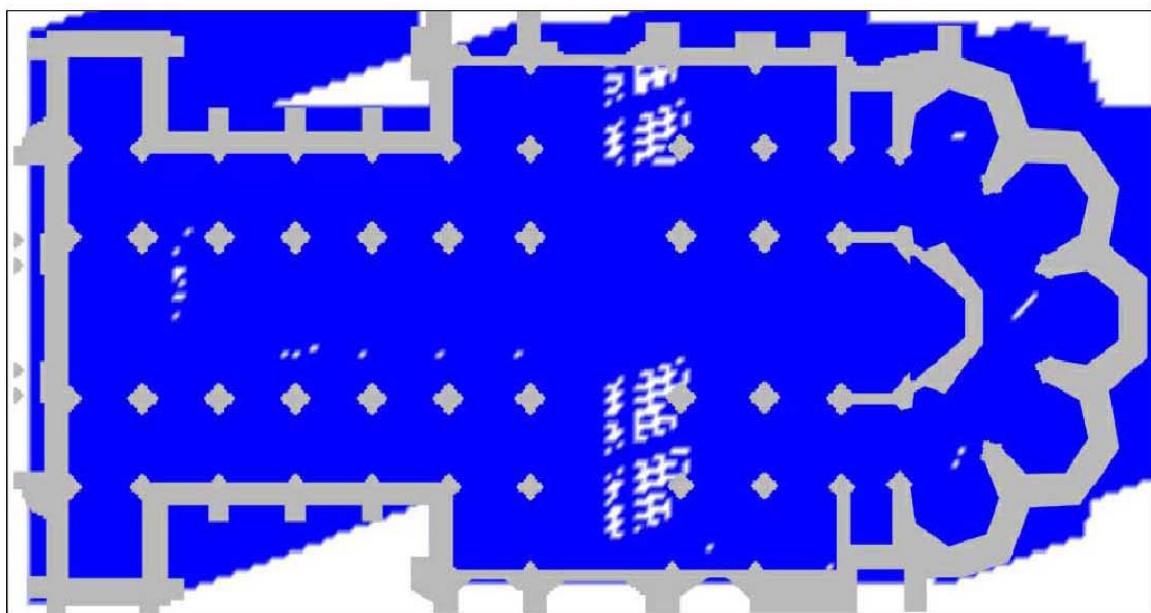
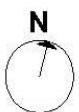
21 DE JUNIO 12:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

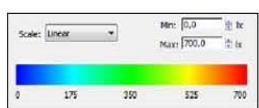


PLANTA 14:00



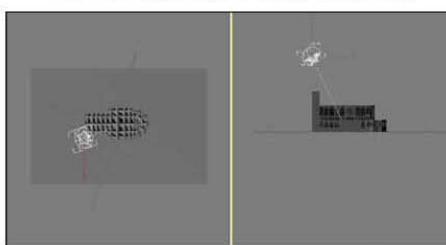
PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

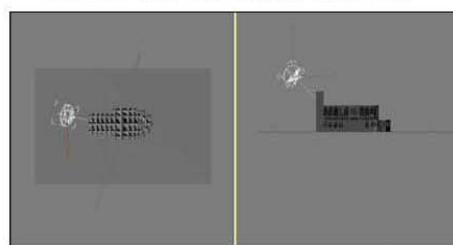


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE JUNIO 16:00 HORAS

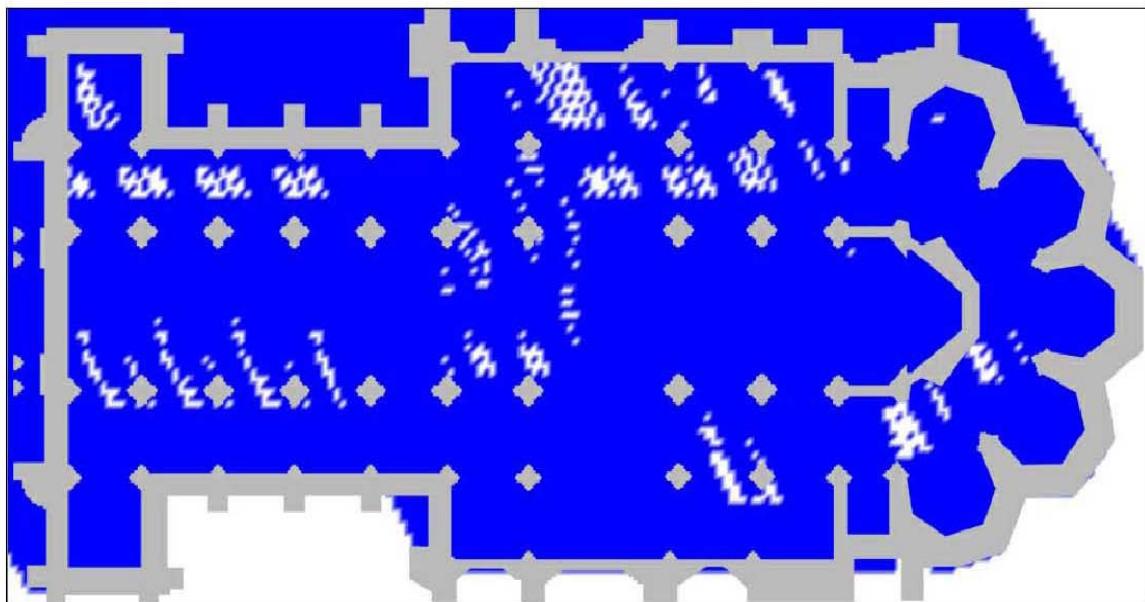


SITUACIÓN SOLAR

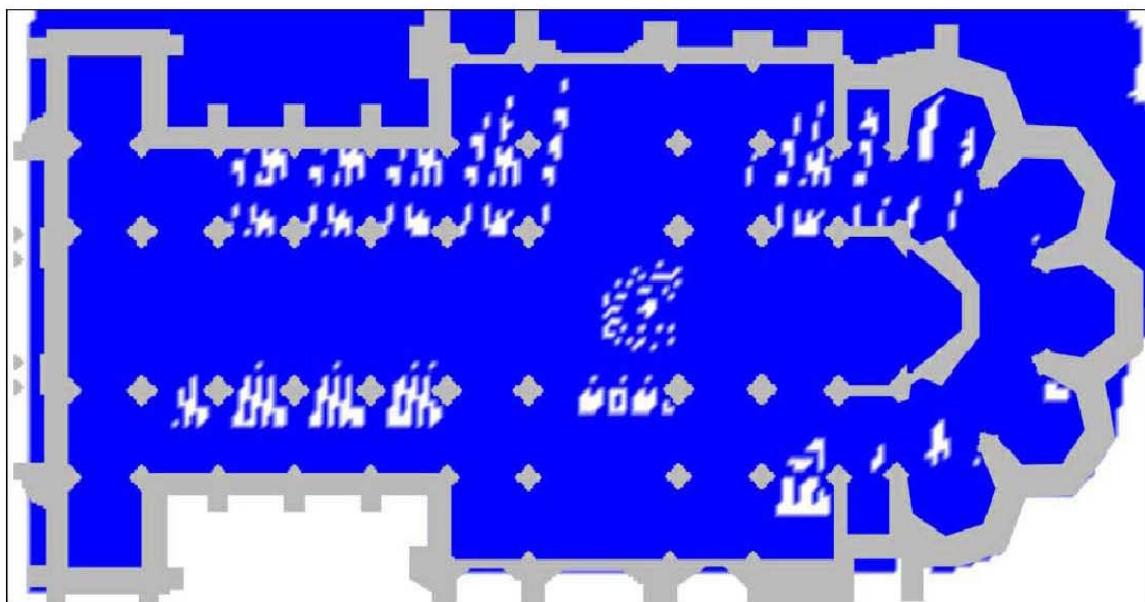


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

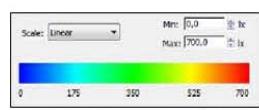


PLANTA 10:00

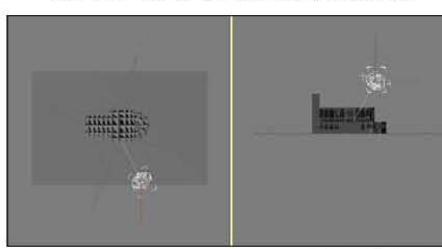


PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

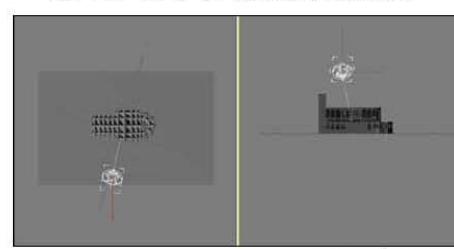


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



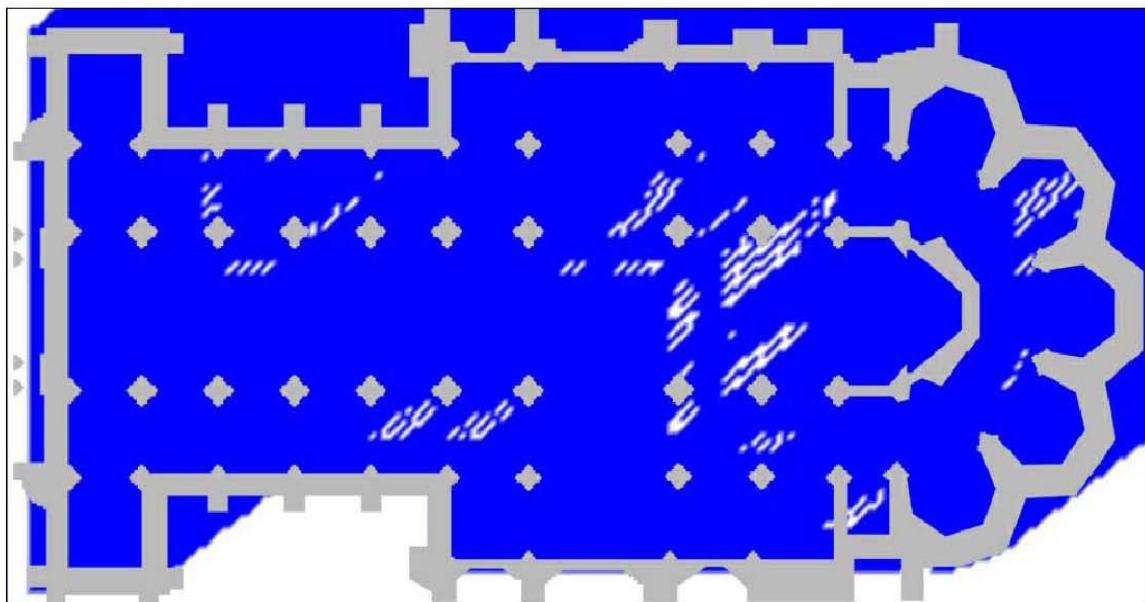
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 12:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

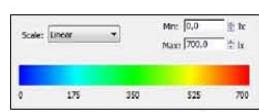


PLANTA 14:00

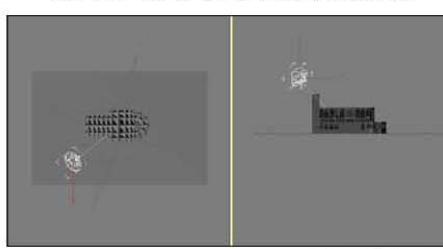


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

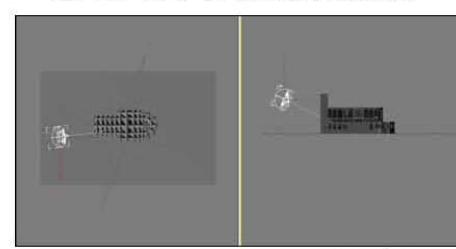


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

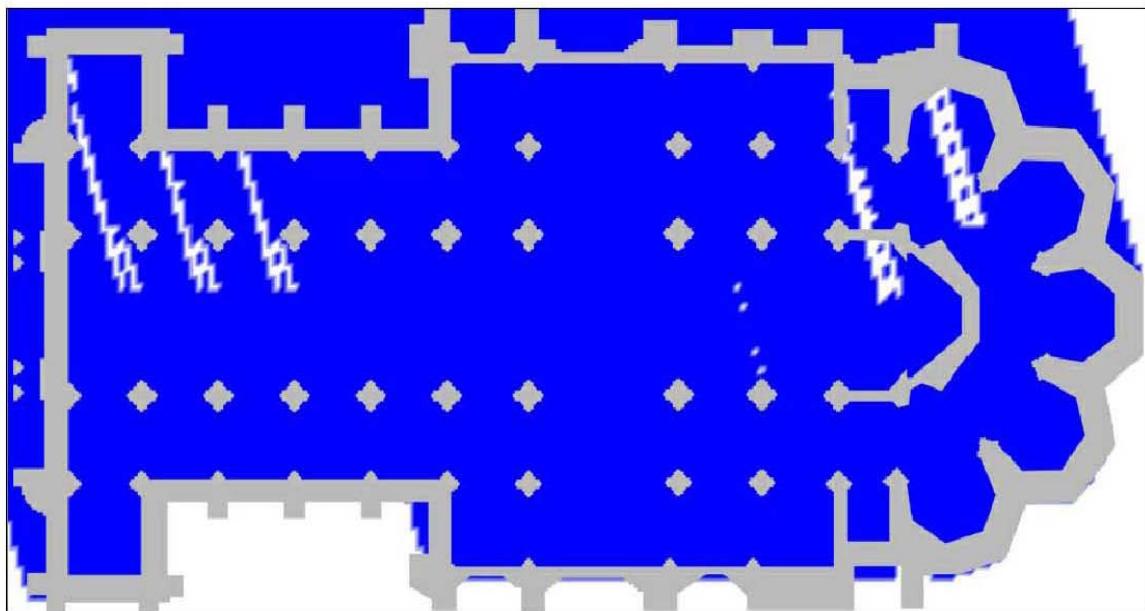
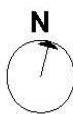
21 DE SEPT. 16:00 HORAS



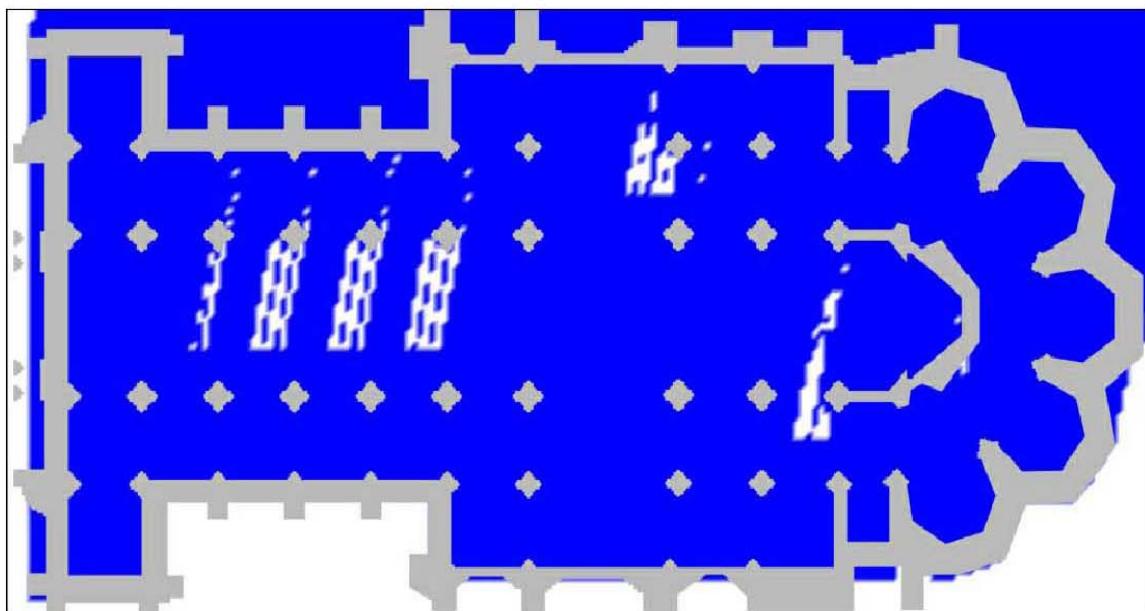
SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

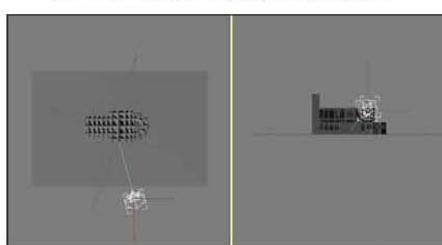


PLANTA 10:00



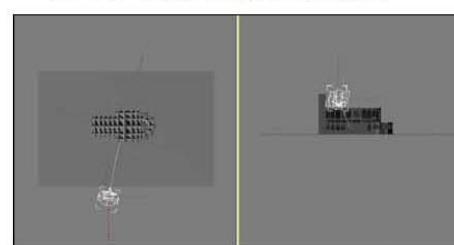
PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS



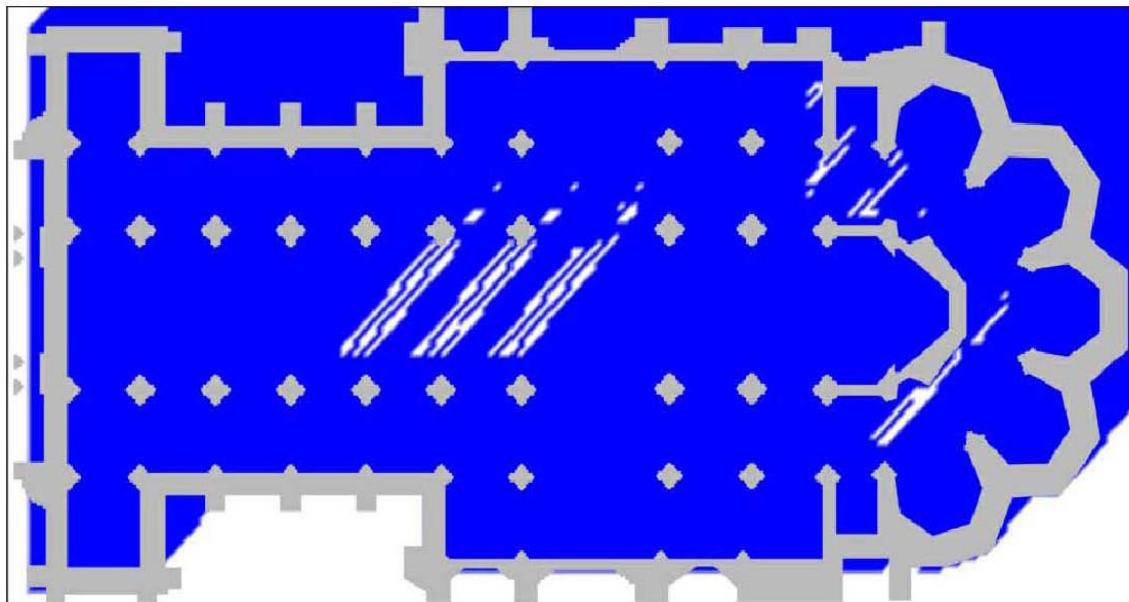
SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 12:00 HORAS

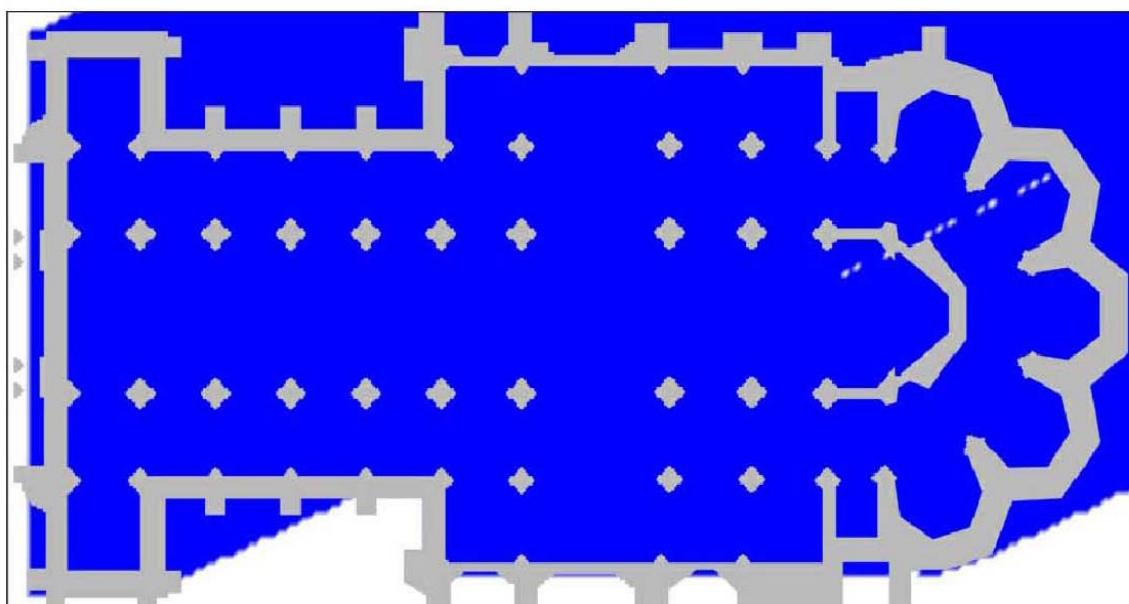


SITUACIÓN SOLAR

CATEDRAL DE LEÓN  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

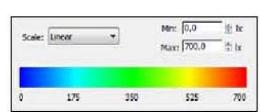


PLANTA 14:00

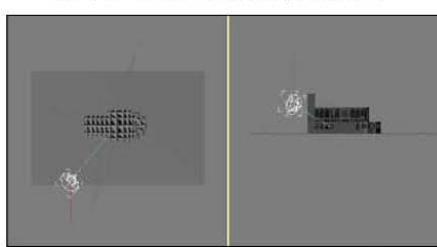


PLANTA 16:00

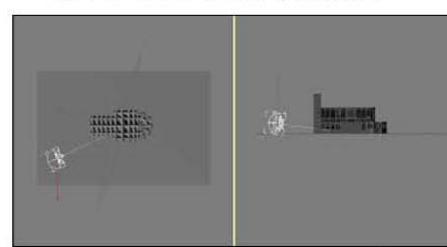
21 DE DIC. 14:00 HORAS



ESCALA DE COLORES/LÚMENES



21 DE DIC. 16:00 HORAS



#### 6.5.8 CATEDRAL DE LEÓN. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL.

Como complemento ineludible de la Tesis Doctoral, dentro de este apartado se estudia la **situación actual de la iluminación en la catedral**.

Para poder estudiar el estado actual de la iluminación y ver si esta es coincidente o divergente con respecto a la iluminación primitiva gótica se realizó una medición en un día coincidente con uno de los días estudiados por la recreación en 3D, concretamente el día **21 de septiembre de 2011**.

La medición se realiza para todos los puntos muestra de la catedral (uno debajo de cada bóveda) y para las cuatro horas en que hemos dividido el día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00) con un luxómetro de mano de sensibilidad de 0 a 20.000 luxes y bajo condiciones de iluminación exterior nubladas.

Una vez recogidos los valores de iluminación referidos, fueron comparados con los que se extraen de la medición realizada sobre el modelo 3D para el mismo día y a la misma hora, y puestos en comparación a través de secciones por la catedral.

Para que esta comparación fuera viable, había que descartar dos efectos incontrolables: en primer lugar, la **iluminación del día** preciso en que se toman los datos, ya que esta podía ser más o menos intensa que la que proponíamos en la modelización 3d, y en segundo lugar, el **factor de filtrado de las vidrieras**, otro valor desconocido puesto que las vidrieras varían su factor de filtrado en función de cada color y cada grosor de vidrio diferentes.

Para salvar estos dos obstáculos, se cogieron los valores de ciertos puntos de la catedral que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. A continuación igualamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división entre el valor inicial y el medido in situ nos facilita un **factor de escala** que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor de iluminación “**comparable**” en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes:  
2, 3, 4, 27, 28, 29, 24, 25, 26 y el factor de escala obtenido **0.017**.

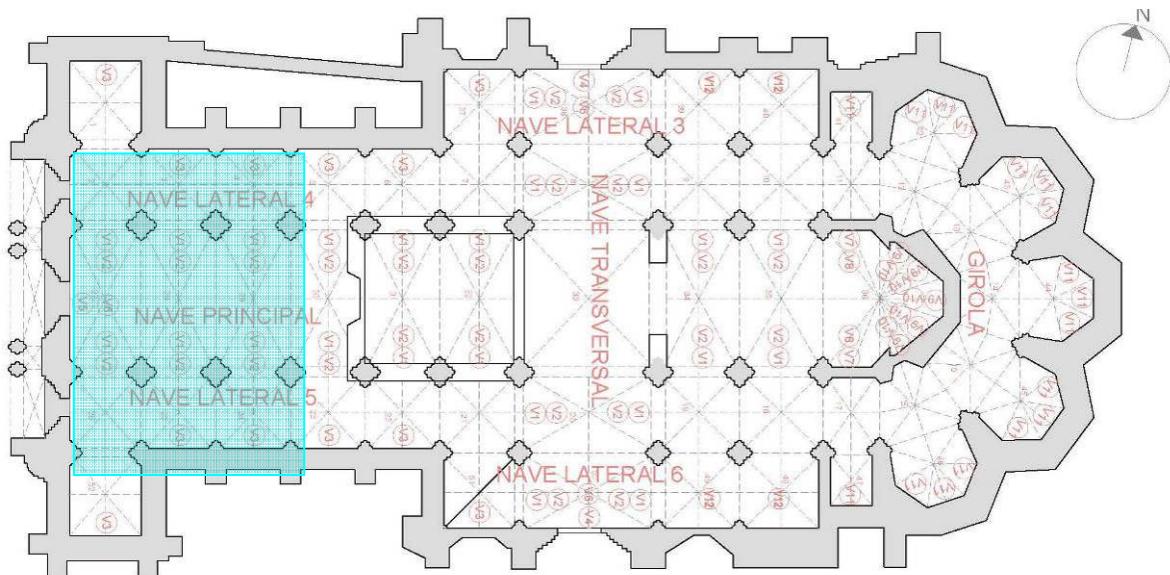


Fig. 6.218. Puntos estables de la catedral de León, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina

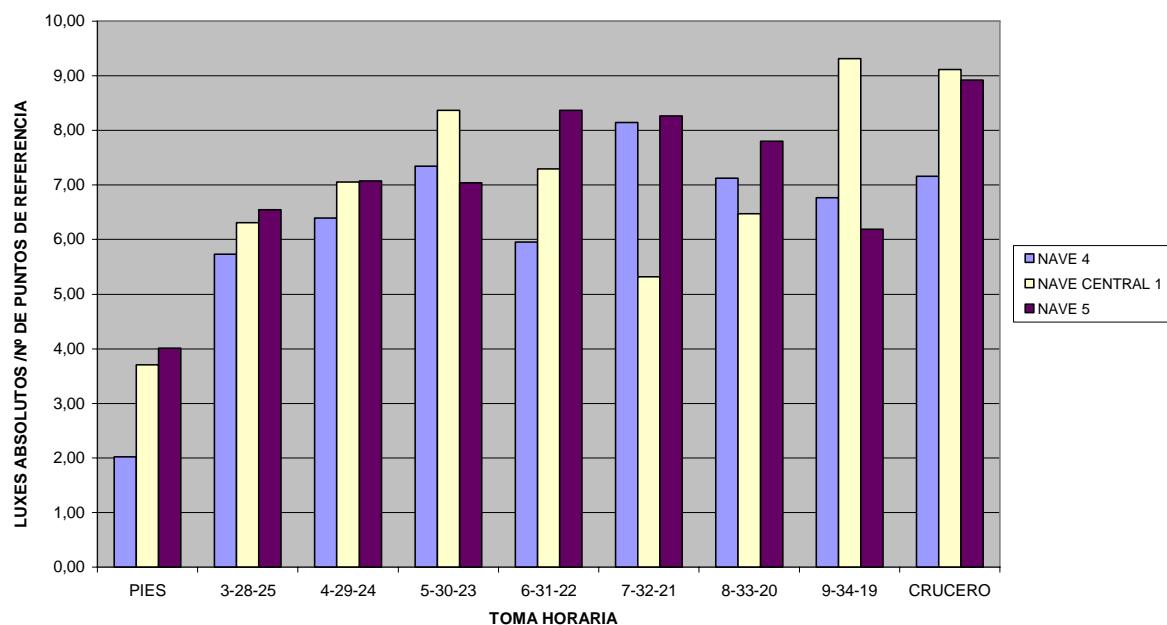
La toma de datos in situ y la obtenida por el modelo 3D nos arroja los siguientes valores:

21 SEPTIEMBRE 1600									
F.ESCALA 0,017	PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escala do	12:00	Escala do	14:00	Escala do	16:00	Escala do
NAVE TRANS. 2	38	315,00	5,36	275,00	4,68	297,00	5,05	340,00	5,78
NAVE TRANS. 2	8	425,00	7,23	391,00	6,65	425,00	7,23	415,00	7,06
NAVE TRANS. 2	33	404,00	6,87	403,00	6,85	389,00	6,61	337,00	5,73
NAVE TRANS. 2	20	471,00	8,01	484,00	8,23	449,00	7,63	413,00	7,02
NAVE TRANS. 2	50	410,00	6,97	405,00	6,89	425,00	7,23	303,00	5,15
NAVE 4	1	69,00	1,17	97,00	1,65	120,00	2,04	91,00	1,55
NAVE 4	2	249,00	4,23	95,00	1,62	129,00	2,19	129,00	2,19
NAVE 4	3	464	7,89	310	5,27	339	5,76	311	5,29
NAVE 4	4	523,00	8,89	463,00	7,87	352,00	5,98	345,00	5,87
NAVE 4	5	501,00	8,52	534,00	9,08	408,00	6,94	426,00	7,24
NAVE 4	6	322,00	5,47	442,00	7,51	326,00	5,54	334,00	5,68
NAVE 4	7	454,00	7,72	489,00	8,31	454,00	7,72	473,00	8,04
NAVE 4	8	425,00	7,23	391,00	6,65	425,00	7,23	415,00	7,06
NAVE 4	9	423,00	7,19	389,00	6,61	350,00	5,95	346,00	5,88
NAVE 4	10	451,00	7,67	433,00	7,36	372,00	6,32	365,00	6,21
GIROLA INTERIOR 7	11	400,00	6,80	371,00	6,31	325,00	5,53	316,00	5,37
GIROLA INTERIOR 7	12	341,00	5,80	318,00	5,41	288,00	4,90	268,00	4,56
GIROLA INTERIOR 7	13	331,00	5,63	301,00	5,12	269,00	4,57	226,00	3,84
GIROLA INTERIOR 7	14	313,00	5,32	258,00	4,39	222,00	3,77	178,00	3,03
GIROLA INTERIOR 7	15	330,00	5,61	309,00	5,25	251,00	4,27	190,00	3,23
GIROLA INTERIOR 7	16	451,00	7,67	428,00	7,28	354,00	6,02	286,00	4,86
GIROLA INTERIOR 7	17	479,00	8,14	485,00	8,25	418,00	7,11	351,00	5,97
NAVE 5	18	569,00	9,67	540,00	9,18	476,00	8,09	423,00	7,19
NAVE 5	19	397,00	6,75	391,00	6,65	340,00	5,78	268,00	4,56
NAVE 5	20	471,00	8,01	484,00	8,23	449,00	7,63	413,00	7,02
NAVE 5	21	468,00	7,96	531,00	9,03	498,00	8,47	387,00	6,58
NAVE 5	22	509,00	8,65	543,00	9,23	502,00	8,53	409,00	6,95
NAVE 5	23	533,00	9,06	474,00	8,06	400,00	6,80	312,00	5,30
NAVE 5	24	552,00	9,38	459,00	7,80	380,00	6,46	308,00	5,24
NAVE 5	25	508,00	8,64	420,00	7,14	346,00	5,88	328,00	5,58
NAVE 5	26	293,00	4,98	221,00	3,76	223,00	3,79	172,00	2,92
NAVE CENTRAL 1	27	240,00	4,08	210,00	3,57	236,00	4,01	194,00	3,30
NAVE CENTRAL 1	28	460,00	7,82	376,00	6,39	389,00	6,61	372,00	6,32
NAVE CENTRAL 1	29	491,00	8,35	510,00	8,67	451,00	7,67	393,00	6,68
NAVE CENTRAL 1	30	580,00	9,86	571,00	9,71	479,00	8,14	458,00	7,79
NAVE CENTRAL 1	31	463,00	7,87	529,00	8,99	428,00	7,28	400,00	6,80
NAVE CENTRAL 1	32	325,00	5,53	416,00	7,07	331,00	5,63	324,00	5,51
NAVE CENTRAL 1	33	404,00	6,87	403,00	6,85	389,00	6,61	337,00	5,73
NAVE CENTRAL 1	34	583,00	9,91	641,00	10,90	535,00	9,10	489,00	8,31
NAVE CENTRAL 1	35	601,00	10,22	620,00	10,54	515,00	8,76	464,00	7,89
NAVE CENTRAL 1	36	459,00	7,80	500,00	8,50	348,00	5,92	303,00	5,15
NAVE 3 (NORTE)	37	222,00	3,77	204,00	3,47	237,00	4,03	259,00	4,40
NAVE 3 (NORTE)	38	315,00	5,36	275,00	4,68	297,00	5,05	340,00	5,78
NAVE 3 (NORTE)	39	276,00	4,69	260,00	4,42	276,00	4,69	298,00	5,07
NAVE 3 (NORTE)	40	435,00	7,40	435,00	7,40	430,00	7,31	480,00	8,16
GIROLA EXTERIOR 8	41	193,00	3,28	185,00	3,15	172,00	2,92	204,00	3,47
GIROLA EXTERIOR 8	42	240,00	4,08	212,00	3,60	197,00	3,35	184,00	3,13
GIROLA EXTERIOR 8	43	253,00	4,30	184,00	3,13	163,00	2,77	132,00	2,24
GIROLA EXTERIOR 8	44	339,00	5,76	122,00	2,07	53,00	0,90	140,00	2,38
GIROLA EXTERIOR 8	45	396,00	6,73	353,00	6,00	241,00	4,10	156,00	2,65
GIROLA EXTERIOR 8	46	360,00	6,12	406,00	6,90	321,00	5,46	222,00	3,77
GIROLA EXTERIOR 8	47	300,00	5,10	256,00	4,35	145,00	2,47	184,00	3,13
NAVE 6 (SUR)	48	599,00	10,18	521,00	8,86	488,00	8,30	384,00	6,53
NAVE 6 (SUR)	49	339,00	5,76	325,00	5,53	290,00	4,93	199,00	3,38
NAVE 6 (SUR)	50	410,00	6,97	405,00	6,89	425,00	7,23	303,00	5,15
NAVE 6 (SUR)	51	326,00	5,54	364,00	6,19	376,00	6,39	222,00	3,77
NAVE 6 (SUR)	52	193,00	3,28	168,00	2,86	139,00	2,36	96,10	1,63

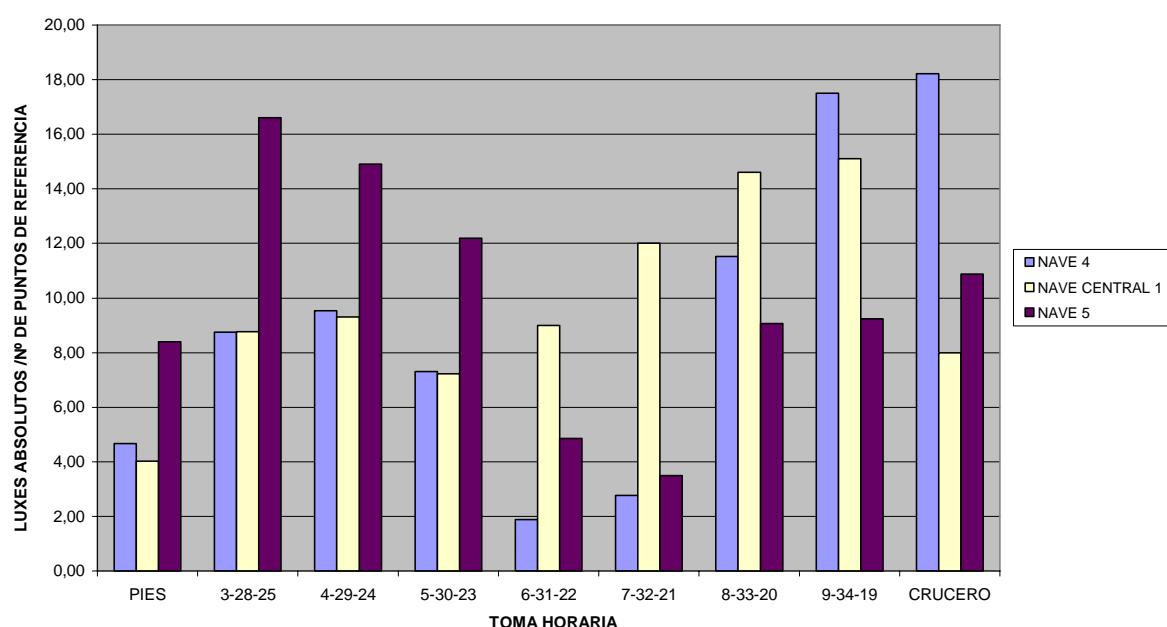
21 DE SEPTIEMBRE DE 2011					
PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	12:00	14:00	16:00	
NAVE TRANSVERSAL 2	38	4,70	13,35	9,50	4,58
	8	3,62	11,52	8,00	5,41
	33	9,40	14,60	8,20	5,92
	20	5,20	9,07	4,00	9,90
	50	4,81	9,90	8,30	7,70
	1				
NAVE 4	2	1,80	4,67	4,00	2,97
	3	1,68	8,75	4,3	3,52
	4	2,16	9,53	5,10	2,89
	5	2,10	7,31	4,90	3,38
	6	1,18	1,88	2,05	1,58
	7	1,70	2,77	6,03	1,81
	8	3,62	11,52	8,00	5,41
	9	8,26	17,50	12,10	10,48
	10	9,40	18,21	11,50	9,13
GIROLA INTERIOR 7	11	10,90	17,05	10,00	10,15
	12	8,80	8,30	8,00	6,02
	13	9,45	7,73	9,95	5,75
	14	9,41	14,35	9,00	7,60
	15	7,80	13,14	5,01	6,64
	16	6,26	9,32	6,00	5,42
	17	6,10	6,12	9,51	4,80
NAVE 5	18	8,00	10,88	7,00	7,02
	19	7,00	9,23	5,64	6,61
	20	5,20	9,07	4,00	9,90
	21	2,18	3,50	3,12	2,14
	22	2,20	4,86	4,00	2,11
	23	3,51	12,19	7,35	4,64
	24	6,18	14,91	7,32	4,44
	25	9,31	16,60	2,06	4,28
	26	6,76	8,40	1,57	3,40
NAVE CENTRAL 1	27	2,65	4,02	3,61	1,70
	28	4,50	8,76	5,27	2,66
	29	5,00	9,31	5,60	2,90
	30	15,00	7,23	12,00	11,53
	31	13,00	9,00	9,00	8,00
	32	12,00	12,00	8,00	7,00
	33	9,40	14,60	8,20	5,92
	34	10,56	15,11	12,00	8,95
	35	8,00	8,00	9,00	6,00
	36	4,00	6,00	8,00	4,00
NAVE 3 (NORTE)	37	2,70	5,14	8,03	2,08
	38	4,70	13,35	9,50	4,58
	39	9,77	15,68	13,10	9,55
	40	9,42	14,40	10,50	7,91
GIROLA EXTERIOR 8	41	102,00	97,80	85,00	75,70
	42	5,60	7,36	6,32	5,97
	43	9,50	11,99	10,95	10,60
	44	15,60	16,78	14,30	12,04
	45	12,32	16,88	14,20	10,09
	46	9,47	16,16	8,30	5,61
	47	11,22	9,74	9,50	9,08
NAVE 6 (SUR)	48	32,00	23,80	24,15	27,00
	49	6,90	8,85	7,80	7,50
	50	4,81	9,90	8,30	7,70
	51	3,28	5,54	6,15	34,00
	52				

Con esta toma de datos se elaboran las correspondientes gráficas por naves y se comparan los resultados de iluminación en la actualidad con los obtenidos en el modelo 3D del proyecto original gótico, el mismo día y a las mismas horas. Tras realizar la consabida conversión de equivalencia de valores (factor de escalado) para poder obviar el efecto de filtrado de la luz producido por las vidrieras y las comparaciones resultantes son las siguientes:

21 JUNIO 1600- 12.00 HORAS COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES



21 JUNIO 2012- 12.00 HORAS COMPARATIVA ENTRE NAVES LONGITUDINALES



Si comparamos las naves longitudinales principales entre sí a las 12:00 horas para los días 21 de junio de 1600 (proyecto original) y 2008 (actualidad), podemos observar como existe una tremenda distorsión en la distribución de la iluminación, existiendo puntos como el 25 que pasa de 6 a 16 luxes y con distorsiones generales en el comportamiento de las naves a lo largo de su longitud. Mientras en el original gótico, la iluminación era baja a los pies y homogénea y constante a lo largo de las naves longitudinales hasta encontrar un pequeño pico en el crucero, la iluminación actual sigue parámetros más caóticos, con iluminaciones altas en puntos como el 25 de la nave 5 (16 luxes) con respecto al 21 de la misma nave (4 luxes).

Esta distorsión viene ocasionada por la iluminación de las capillas adosadas a la fachada norte, con dos potentes focos por capilla que introducen, por reflexión, una luz general a la nave norte que antes no poseía. Por eso, los tramos de nave que coinciden con capillas laterales se ven distorsionados y no así los que no tienen capilla adosada (Fig. 6.219 y 6.220).

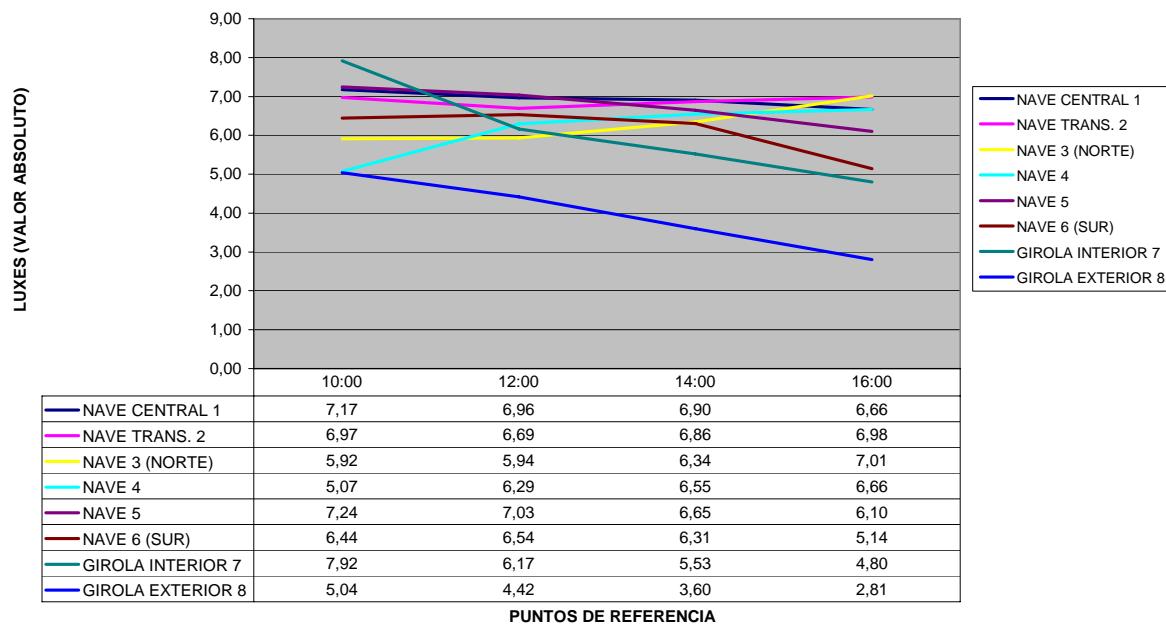


Fig. 6.219. Iluminación artificial en una nave lateral de la fachada norte. De la catedral de León. Fotografía de Juan M. Medina.

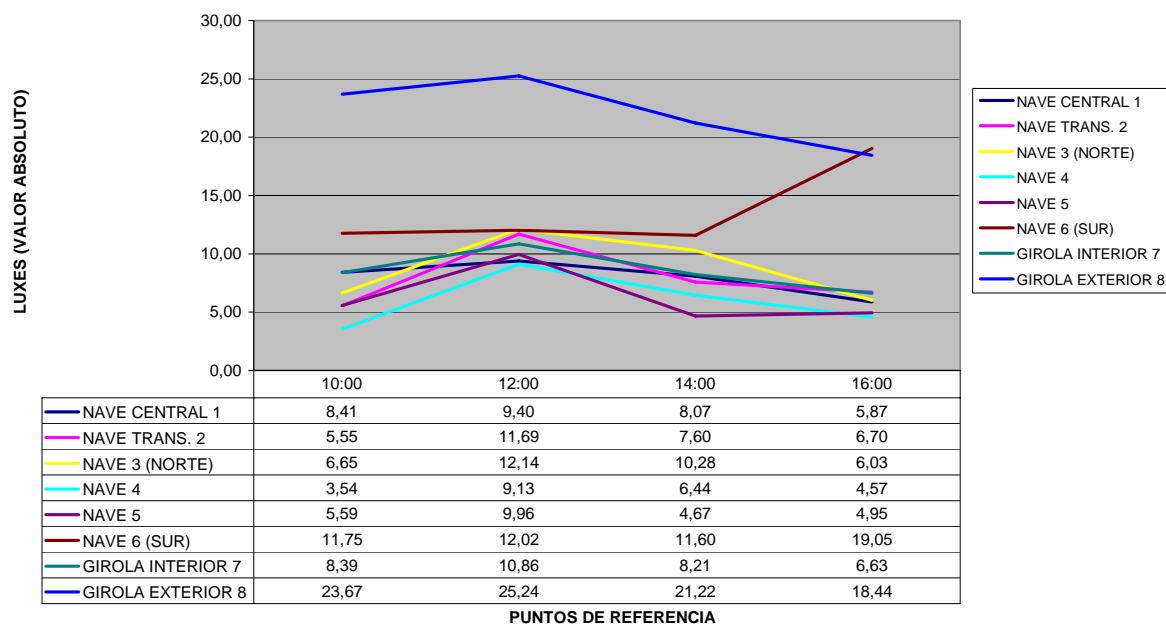


Fig. 6.220. Iluminación artificial en una nave lateral de la fachada norte. De la catedral de León. Fotografía de Juan M. Medina.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

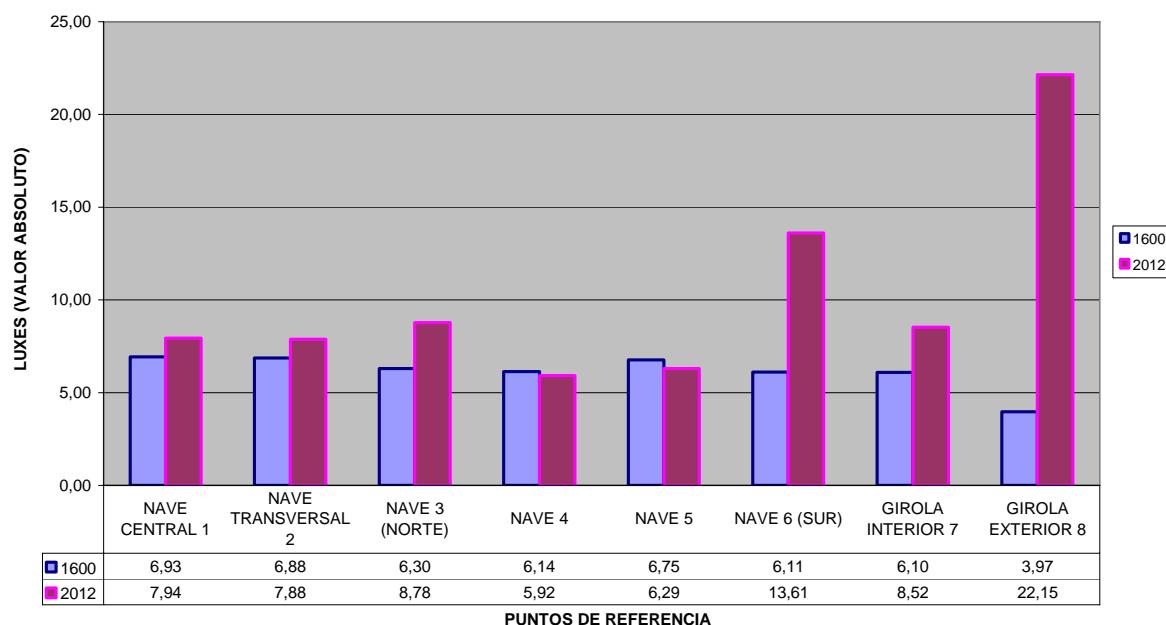


21 JUNIO 2012 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

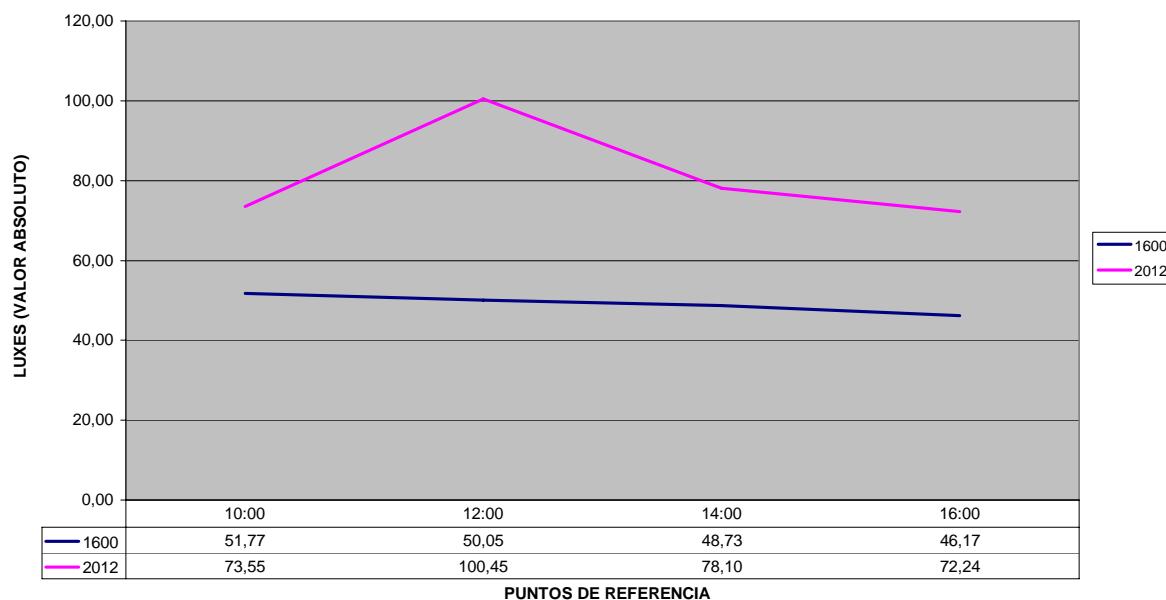


Si comparamos la iluminación total por zonas de la catedral observamos como, en 1600 el deambulatorio era un lugar de culto y recogimiento y, por tanto, su iluminación no excedía de los 5 luxes en el momento de máximo esplendor, a la salida del sol, mientras que las naves posteriormente iluminadas han convertido este espacio en el más iluminado de la iglesia en la actualidad con valores de iluminación cercanos a los 20 luxes. Llama la atención la homogeneidad de las gráficas de las naves en 1600 frente al comportamiento más aleatorio de las de 2012.

21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO POR ZONAS



21/06/1600-2008 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO EN LA CATEDRAL A LAS DISTINTAS HORAS DEL DÍA



Todo lo anteriormente descrito se describe perfectamente en las dos gráficas precedentes. En la comparativa de incidencia total por zonas vemos como la girola exterior fundamentalmente, pero también la nave sur y la girola interior, disparan sus niveles de iluminación en la actualidad.

Lo mismo pasa cuando establecemos la comparación por horas del día, donde encontramos una gráfica prácticamente plana en 1600 frente a la variable de 2012.

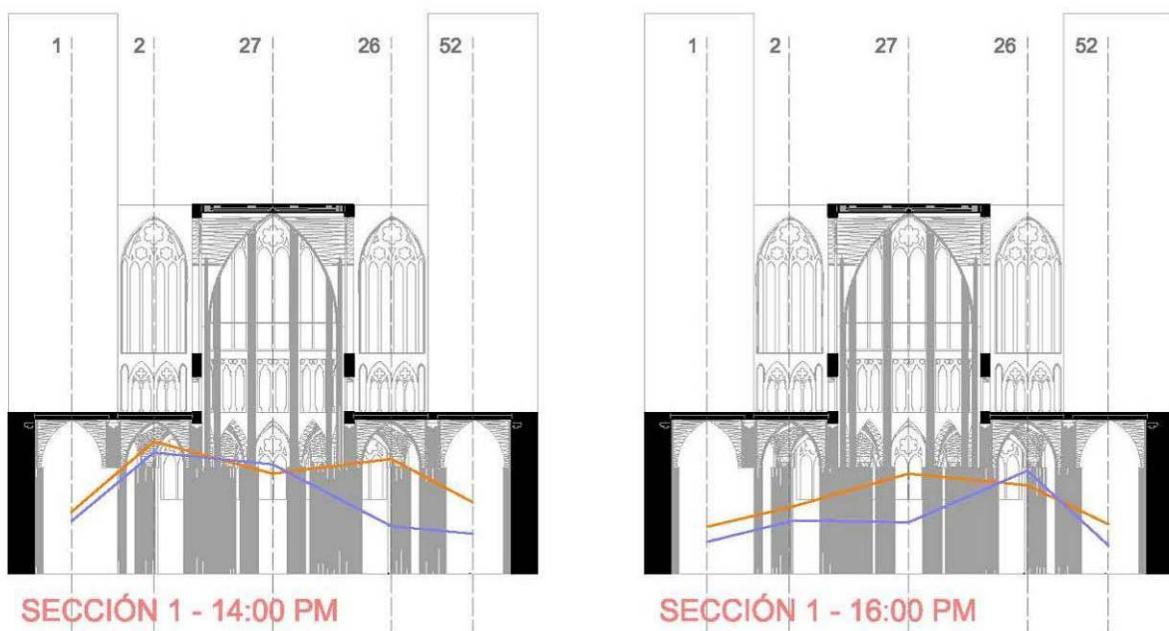
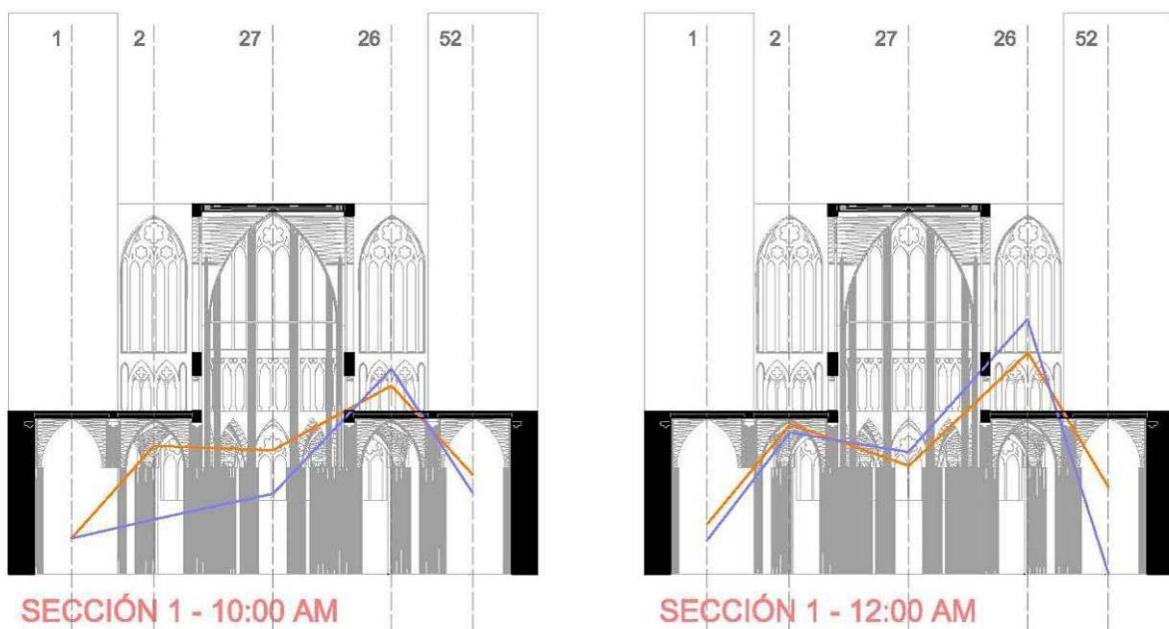
La catedral se encuentra libre de obstrucciones por construcciones anexas en las ventanas de todas las fachadas excepto en las ventanas bajas de la fachada norte que tiene un claustro adosado afectando a las capillas de esa fachada.

En lo referente a elementos distorsionadores cabe destacar que la catedral conserva las vidrieras originales y las que no lo son han sido restauradas por el método de restitución que permite que estas mantengan los niveles de filtrado de iluminación originales.

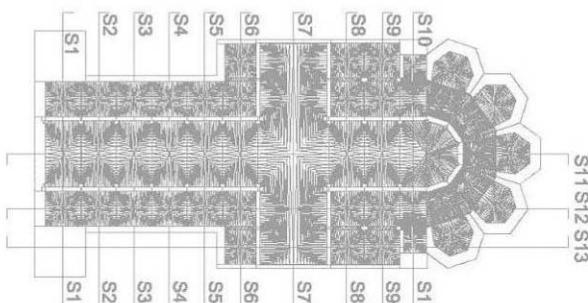
Igualmente hemos detectado una iluminación artificial no excesivamente elevada.

A continuación se incorporan las gráficas comparativas que relacionan la iluminación actual con el estado inicial sobre las secciones de la iglesia.

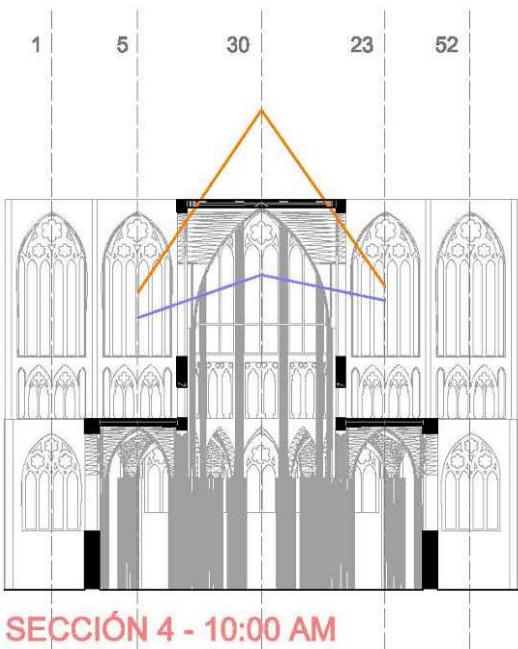
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



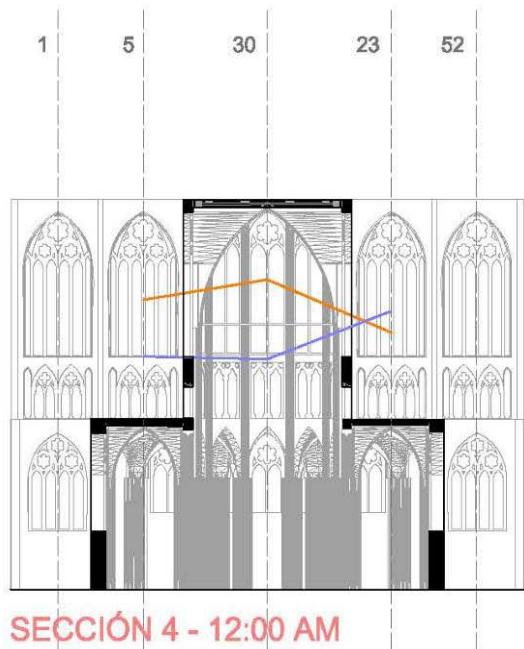
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



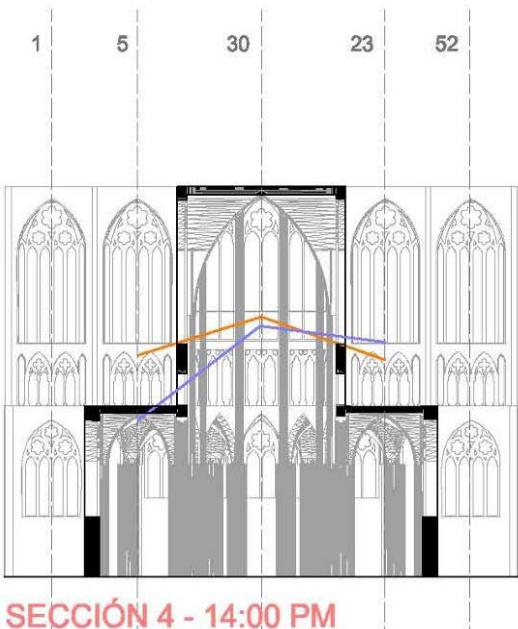
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



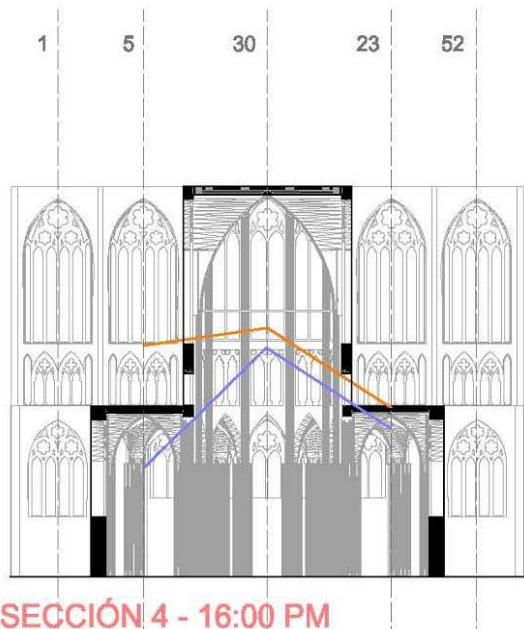
SECCIÓN 4 - 10:00 AM



SECCIÓN 4 - 12:00 AM

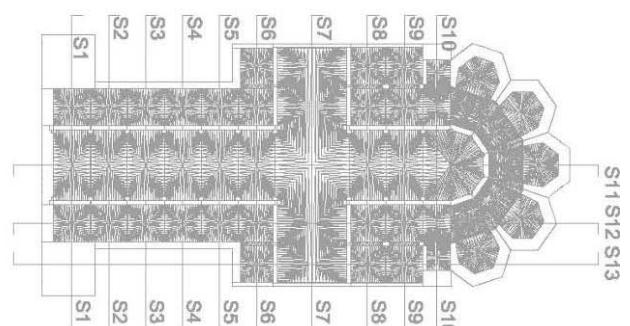


SECCIÓN 4 - 14:00 PM

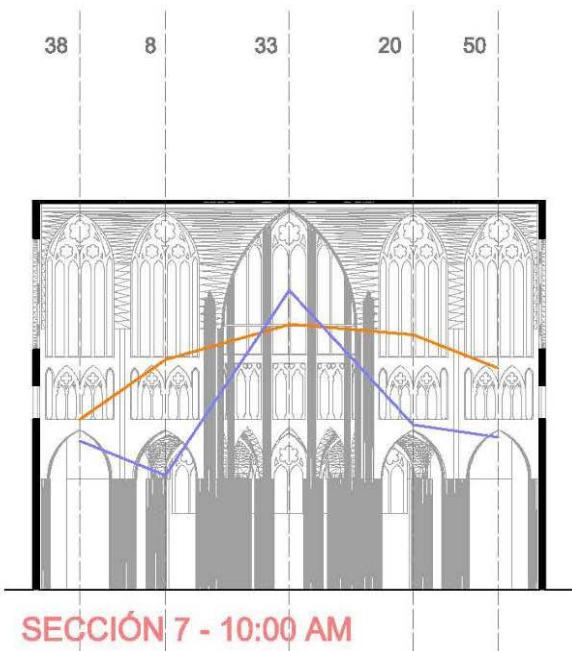


SECCIÓN 4 - 16:00 PM

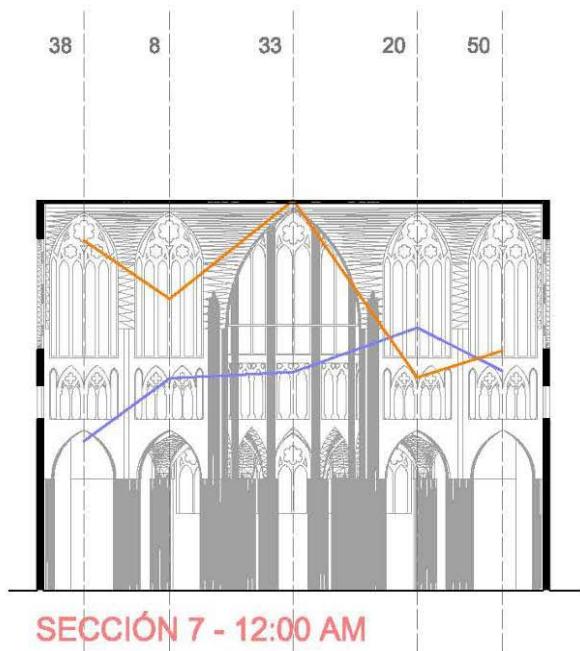
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



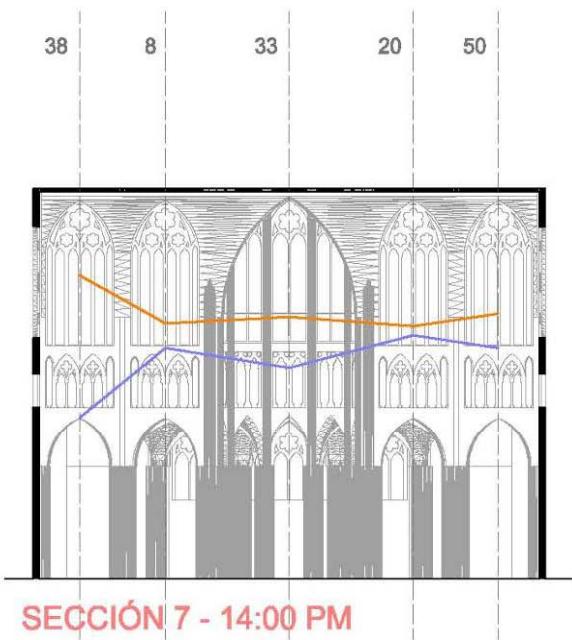
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



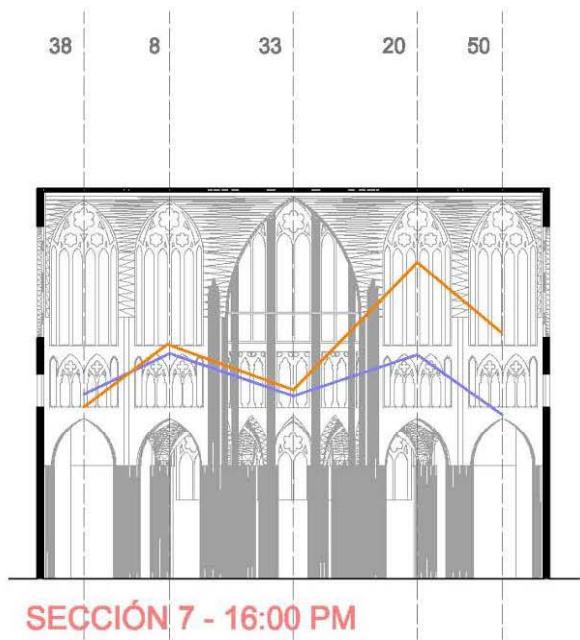
SECCIÓN 7 - 10:00 AM



SECCIÓN 7 - 12:00 AM

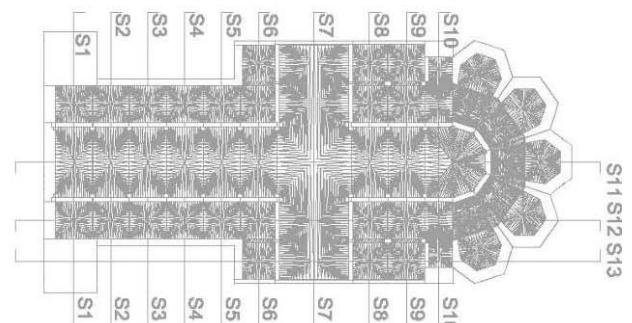


SECCIÓN 7 - 14:00 PM

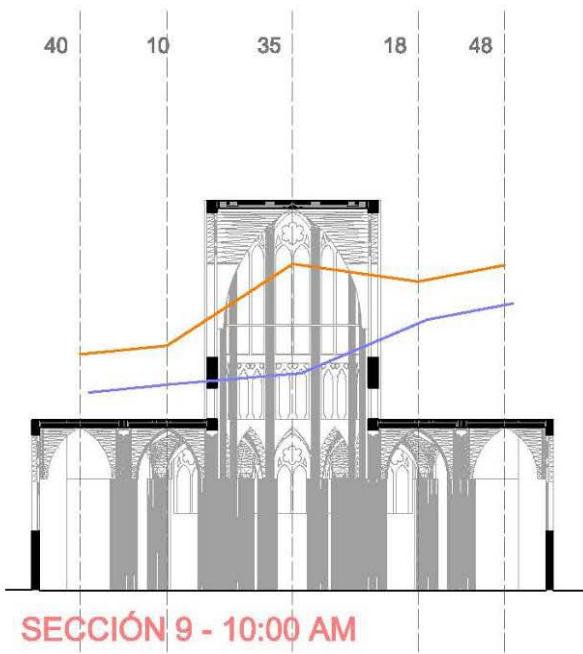


SECCIÓN 7 - 16:00 PM

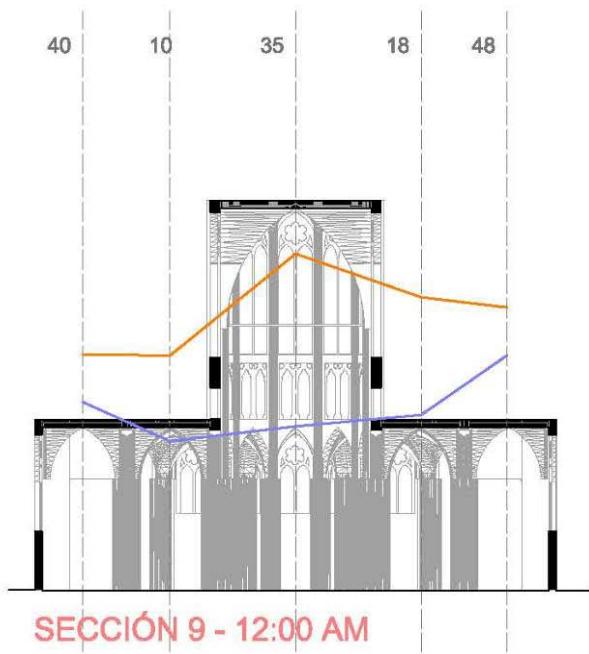
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



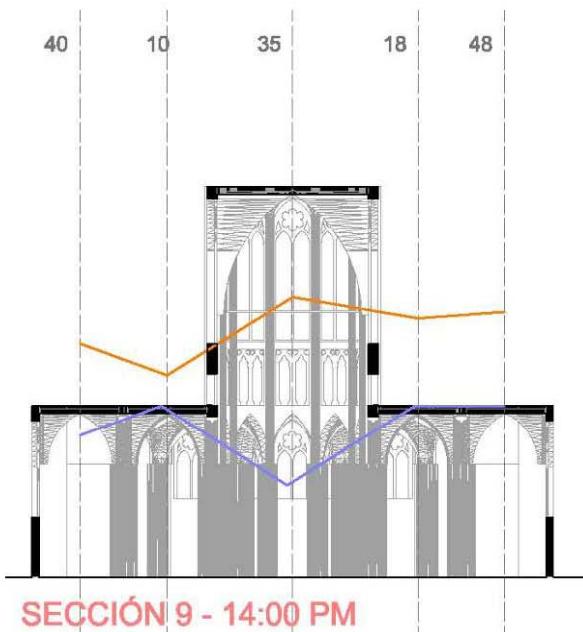
COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



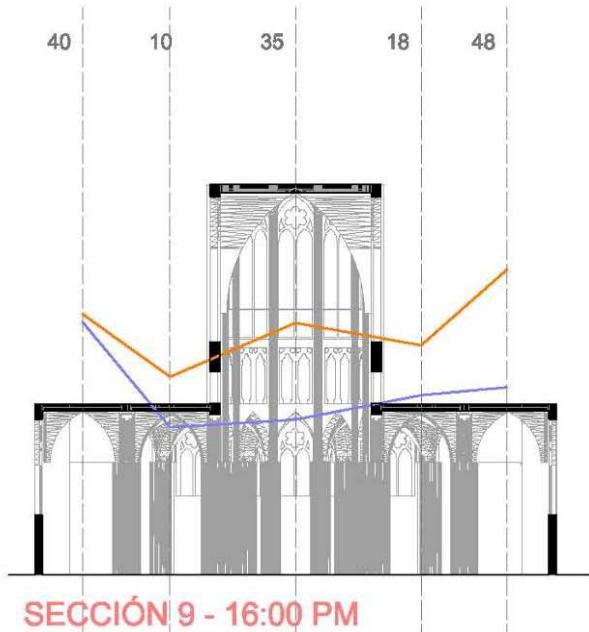
SECCIÓN 9 - 10:00 AM



SECCIÓN 9 - 12:00 AM

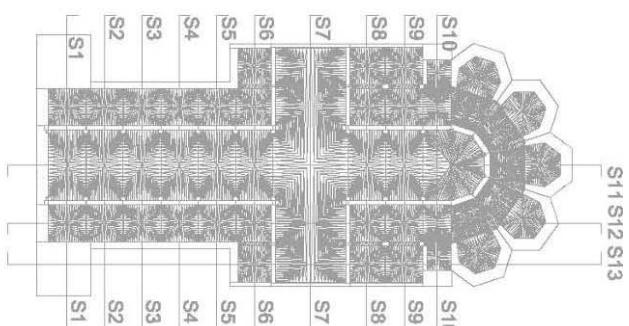


SECCIÓN 9 - 14:00 PM

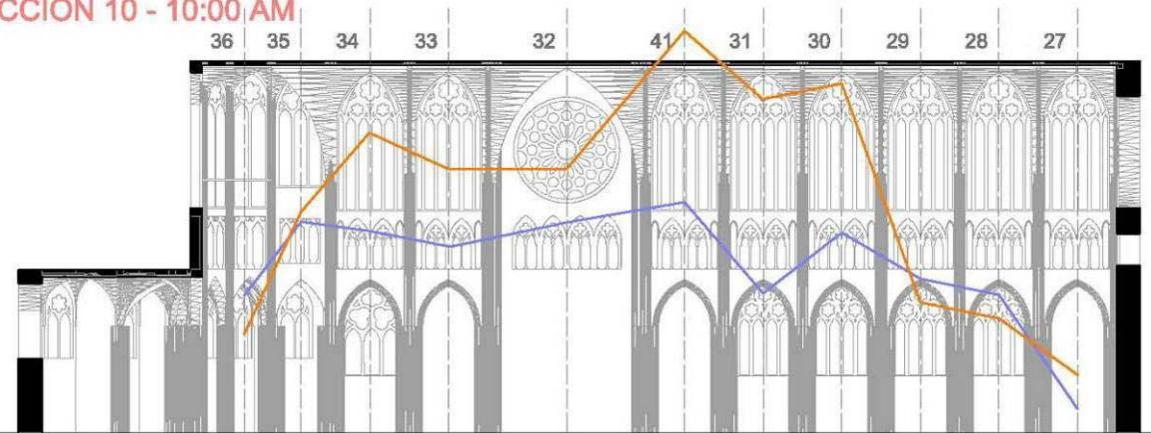


SECCIÓN 9 - 16:00 PM

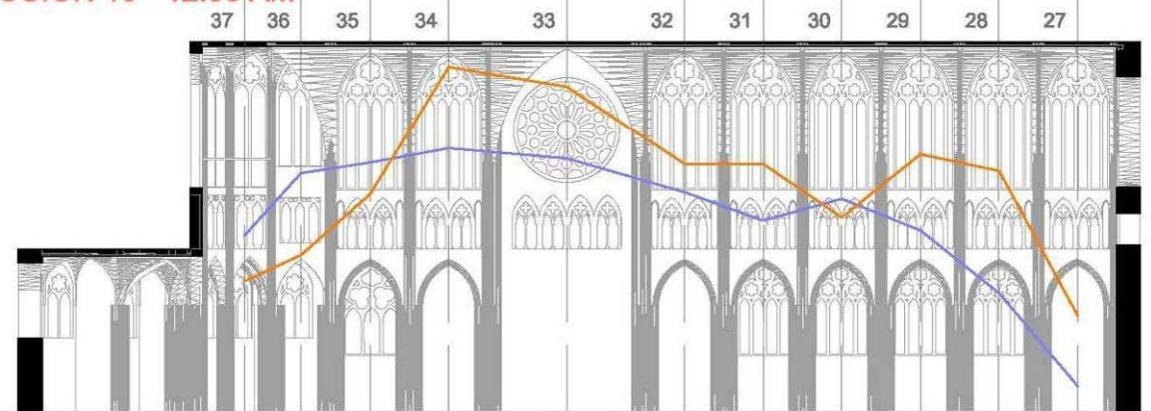
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



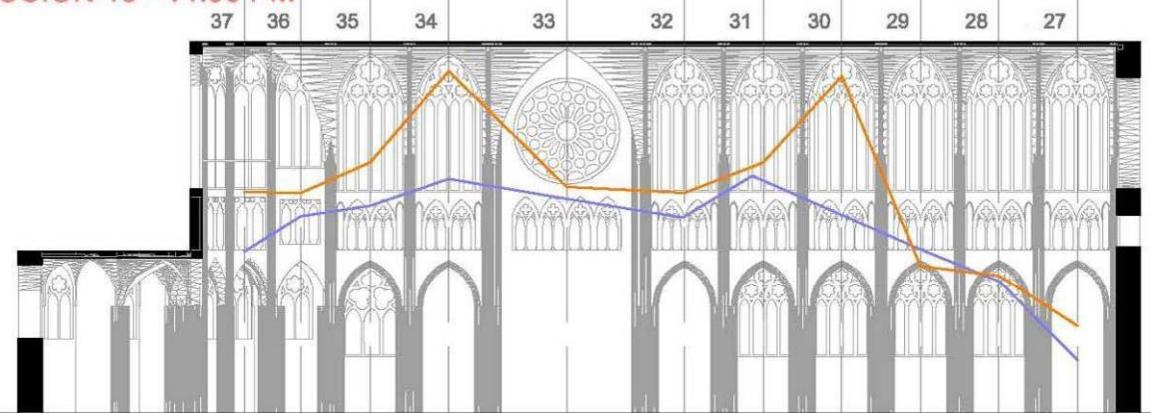
SECCIÓN 10 - 10:00 AM



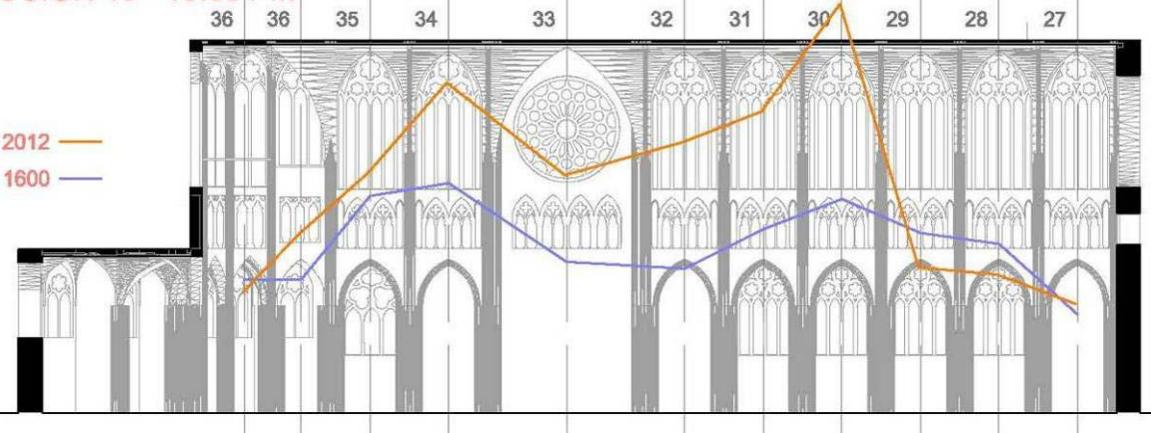
SECCIÓN 10 - 12:00 AM



SECCIÓN 10 - 14:00 PM



SECCIÓN 10 - 16:00 PM



AÑO 2012 —

AÑO 1600 —

#### 6.5.9 CATEDRAL DE LEÓN. ANÁLISIS DE COLOR.

La catedral de León representa el primer gran capítulo de la vidriera española.

Si bien las primeras vidrieras que se conocen en España, las pertenecientes a la iglesia del Monasterio de las Huelgas de Burgos (Fig. 6.221), son anteriores a 1220, la ausencia de vidrieras coetáneas en el panorama español, hace pensar que estas vidrieras fueron importadas de fuera de España “*por su carácter único y excepcional, en relación con el patrocinio de sus promotores, Alfonso VIII y Leonor Plantagenet*”<sup>218</sup>.



Fig. 6.221. Vidriera de la iglesia del Monasterio de las Huelgas. Burgos. Fuente: [www.arteguias.com](http://www.arteguias.com)

El conjunto iniciado en la catedral años más tarde, entre 1270 y 1278 es, sin duda, el hito fundamental que impulsa la construcción de vidrieras en España en los siglos posteriores. La realización de este programa, y tal como describíamos en el capítulo del *paso del románico al gótico*, tiene lugar después de que se hubiera producido un proceso de experiencias técnicos y formales anteriores en países vecinos, y contaba con unos resultados que se hallaban sistematizados y codificados en forma de tratado en la obra *Schedula diversarum artium* redactada hacia 1100 por el monje alemán Teófilo.

Esta experiencia anterior permitió viabilizar la realización de tan ambicioso proceso de construcción, pionero en España, que “*se corresponde con una tendencia plástica,*

<sup>218</sup> NIETO, Víctor, “*La vidriera española. Ocho siglos de luz.*”. Editorial Nerea, Madrid, 1998. ISBN: 84-89569-23-1. pp. 46-48.

técnica y formal destinta, integrada en las soluciones del gótico clásico francés del siglo XIII.<sup>219</sup>, siendo, los vidrieros que realizaron el conjunto de ventanales, venidos de fuera y formados dentro del estilo de construcción de las vidrieras francesas.

En este primer conjunto de la catedral (Fig. 6.222 y Fig. 6.223), se cumplen los principios primigenios de la arquitectura gótica clásica, en la que jugaba un papel preferencia la forma translúcida de entender el cerramiento como un paramento de vidrio que funciona como soporte iconográfico pero que, fundamentalmente, busca trasformar la concepción lumínica del espacio. En este sentido, y tal como asegura Nieto, “*La catedral de León desarrolla el sistema de iluminación planteado en la catedral de Reims, con la novedad de que el triforio rompe con la inercia de su condición de pasadizo cerrado derivado de las antiguas tribunas ampliando el espacio del muro translúcido.*”<sup>220</sup>

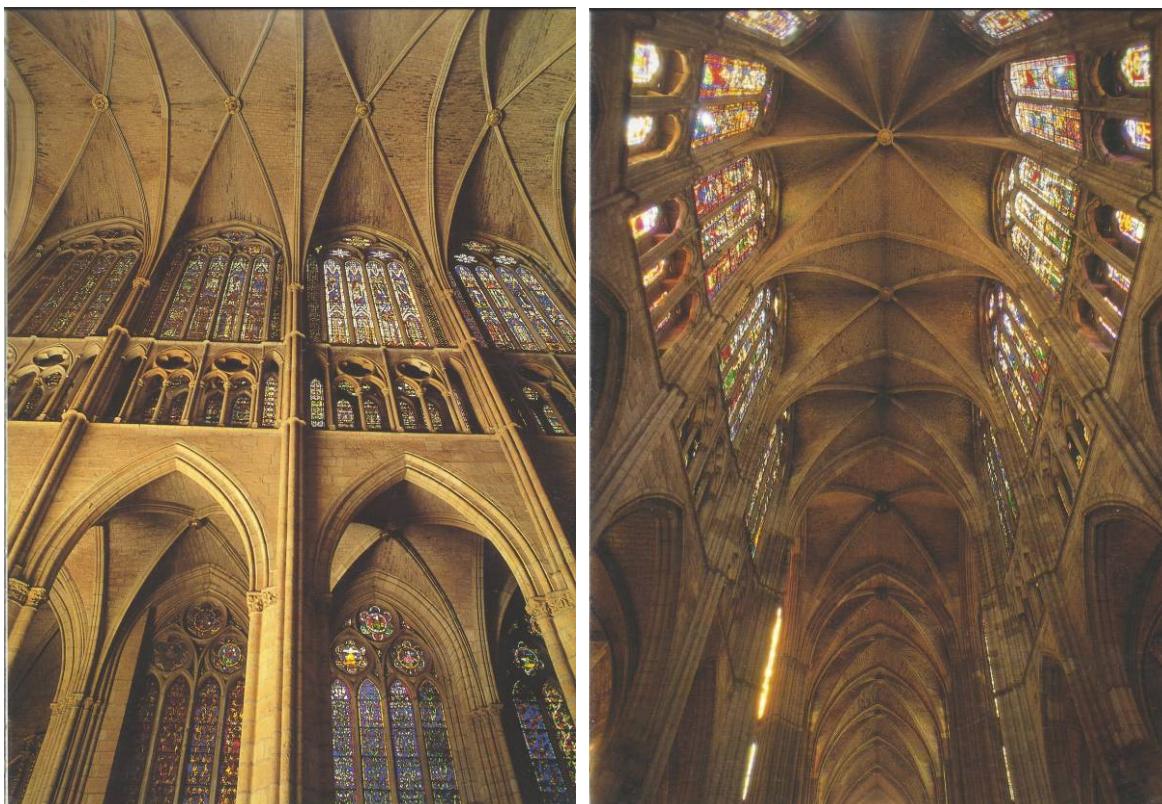


Fig. 6.222 y Fig. 6.223. Conjunto de vidrieras de la nave central de la catedral de León.

<sup>219</sup> NIETO, Víctor, “Aspectos técnicos e iconográficos de las vidrieras de las capillas de la catedral de León”, en “*La catedral de León en la Edad Media*”, Ed.: Servicio de publicaciones de la universidad de León, 2004, ISBN: 84-9773-161-1. P298

<sup>220</sup> NIETO, Víctor, “Aspectos técnicos e iconográficos de las vidrieras de las capillas de la catedral de León”, en “*La catedral de León en la Edad Media*”, Ed.: Servicio de publicaciones de la universidad de León, 2004, ISBN: 84-9773-161-1. P298

Parte de esta forma de construir fue luego copiada por las catedrales españolas siguientes, y es la solución final de las experiencias góticas en relación con el problema de iluminación. La ampliación de la arquería hasta la línea del triforio eliminaba parte del muro. Los vanos aparecen como una tracería calada que sustituye a este, solución que procede de la reconstrucción efectuada en Amiens, tras el incendio de 1258<sup>221</sup>.

En cuanto al recorrido temático de las vidrieras, estas se articulan de acuerdo al sistema habitual en las catedrales del S. XIII, con un contenido iconográfico cuidadosamente medido y sistematizado atendiendo al problema de la percepción e identificación de las imágenes, con grandes figuras en los ventanales más altos e imaginería narrativa de menor tamaño en las partes bajas de las vidrieras, al alcance de la vista.

Las gamas de colores de las vidrieras de este conjunto son muy reducidas, principalmente usan cuatro colores, azul, rojo, blanco y amarillo para las composiciones fundamentales. Fabricadas según los modos de aplicar la pintura y de construir las vidrieras habituales de los vidrieros de la segunda mitad del siglo XIII. Los vidrios "soplados", de dimensiones reducidas, muestran colores en masa de gran densidad que dejan apenas pasar la luz a su través. Otros colores utilizados en este conjunto son el verde y morado en menor densidad. El vidrio blanco se usa fundamentalmente en rostros, indumentarias, motivos ornamentales e inscripciones realizadas mediante el uso de la grisalla.

En cuanto a la cantidad de vidriera existente, la catedral de León fue uno de los edificios que más metros cuadrados posee en proporción a su tamaño. En metros cuadrados se distribuyen de la siguiente manera: 464 metros en su parte baja, 282 en el triforio y 1.018 en la zona superior, lo que hace un total de al menos 1.764 metros cuadrados de superficie, según las mediciones de Demetrio de los Río. El conjunto cuenta con 134 ventanales y 3 grandes rosetones. Esta enorme superficie cobra mayor importancia debido a las dimensiones contenidas de la catedral.

La vidriera elegida para el estudio de su tracería y composición es la de "la cacería", elaborada en el S. XIII. Algunos autores como el restaurador Juan Bautista Lázaro, creen que la vidriera no fue hecha para el edificio y que procede de un palacio real, y sin embargo Nieto Alcaide apunta que "*vidrieras con temáticas similares no son difíciles de encontrar en diferentes catedrales del siglo XIII. En realidad, ni es una vidriera que procede*

---

<sup>221</sup> GRODEKI, L., "Le Vitrail et l'architecture au XII et XIII siècle", Gazzette des Beaux Arts, Paris, 1949, p. 2-24

*de un palacio ni su temática representa una cacería ni en su conjunto debe ser considerada como obra profana".<sup>222</sup>*

Puede verse en el muro norte de la nave central. Es el quinto gran ventanal superior del muro norte (Fig. 6.224) comenzando a contar por los pies de la iglesia. Su nombre alude a los distintos jinetes y hombres armados dispuestos para la caza que en ella puede verse. Además, contiene otras escenas que representan algunas ciencias, entre ellas la de la alquimia, ciencia medieval con la que se creía relacionada a los constructores de catedrales.

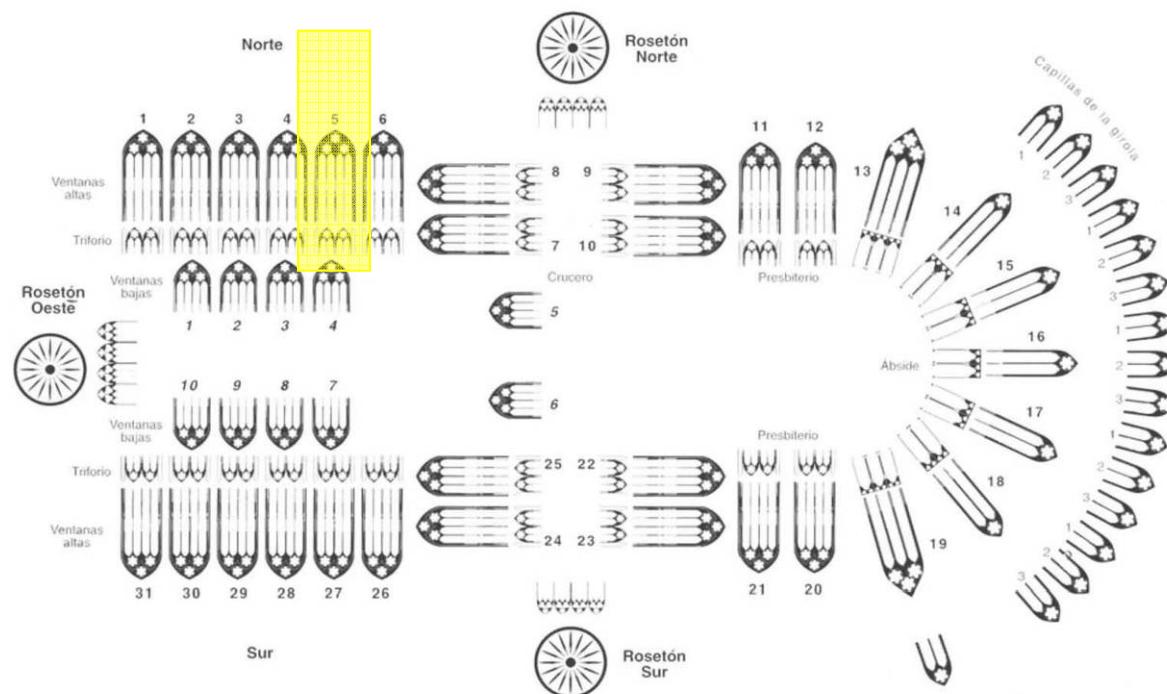


Fig. 6.224. Vidriera de la cacería dentro del índice de vidrieras de la catedral de León. Fuente: [www.fundacion-saber.com](http://www.fundacion-saber.com)

La vidriera de la Cacería, desde un punto de vista formal, corresponde a una segunda etapa en la realización de las vidrieras de la catedral que coincide con la actividad entre 1264 y 1279, de un vidriero llamado Pedro Guillermo, y en la que se ha producido una alternativa plástica importante constituyendo una de las obras más complejas e interesantes de toda la serie de la catedral y una de las que presenta más problemas para su interpretación.

<sup>222</sup> NIETO, Víctor, Vidrieras, en "Historia del Arte en Castilla y León", t. III, "Arte Gótico", Ed. Ámbito, Valladolid, 1995. ISBN : 84-8183-005-4 pp. 385-422

La elección de la vidriera se sostiene por el efecto de ruptura que esta tiene con el resto de la serie, lo que la convierte en una vidriera excepcional y singular en lo que a temática se refiere, tal como describe Nieto “*su composición rompe con la de las restantes de la serie, en la que se representan figuras de santos y profetas. Ordenadas en registros superpuestos contiene representaciones de ángeles músicos bajo arquitecturas góticas, tocando instrumentos musicales, representaciones de las artes liberales y figuras de reyes y caballeros*”.<sup>223</sup>

En ella podemos observar a Carlomagno, representado a caballo con el globo y la corona de espinas. También vemos a Alfonso X, que es la figura que aparece en la parte superior de la lanceta de la derecha, con casco y el escudo de Castilla y León, mientras que en otras vidrieras aparecen personajes de su séquito. El resto de figuras corresponden al interés del soberano por la música, el estudio de las artes liberales, la retórica y dialéctica y la astronomía. Otra de las pasiones de Alfonso X, compartida con Carlomagno era la caza<sup>224</sup>, razón principal del tema de la vidriera,

La realización de esta vidriera, que ha de situarse entre 1270 y 1277 -año en que Alfonso X eximía de impuestos a veinte canteros, un vidriero y un herrero-, coincide con los afanes políticos del soberano en su lucha por el Imperio.

A continuación se expone el estudio sobre la vidriera seleccionada (Fig. 6.225, Fig. 6.226 y Fig. 6.227) en la que se definen las proporciones de color que posee así como la proporción de vidrio sobre plomo.

---

<sup>223</sup> NIETO, Víctor, Vidrieras, en “*Historia del Arte en Castilla y León*”, t. III, “Arte Gótico”, Ed. Ámbito, Valladolid, 1995. ISBN: 84-8183-005-4 pp. 385-422

<sup>224</sup> NIETO, Víctor, Vidrieras, en “*Historia del Arte en Castilla y León*”, t. III, “Arte Gótico”, Ed. Ámbito, Valladolid, 1995. ISBN: 84-8183-005-4 pp. 385-422.

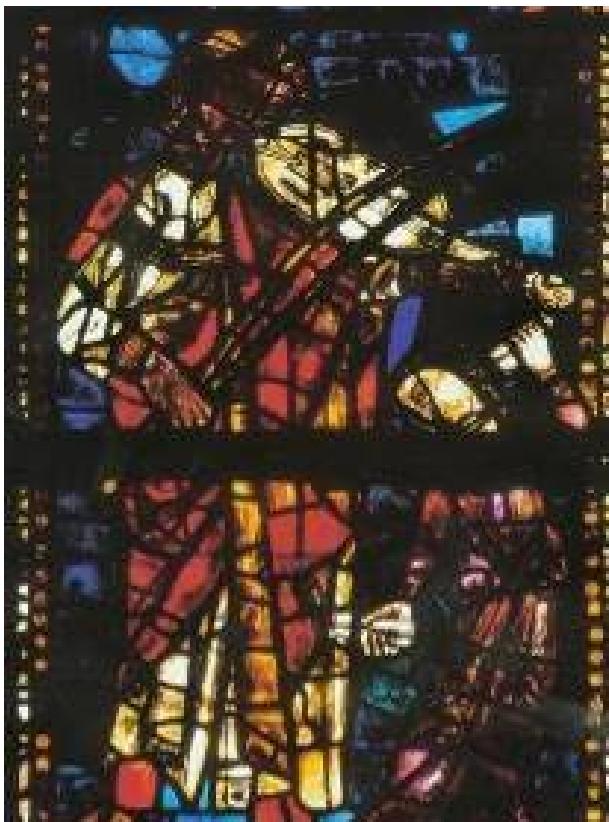
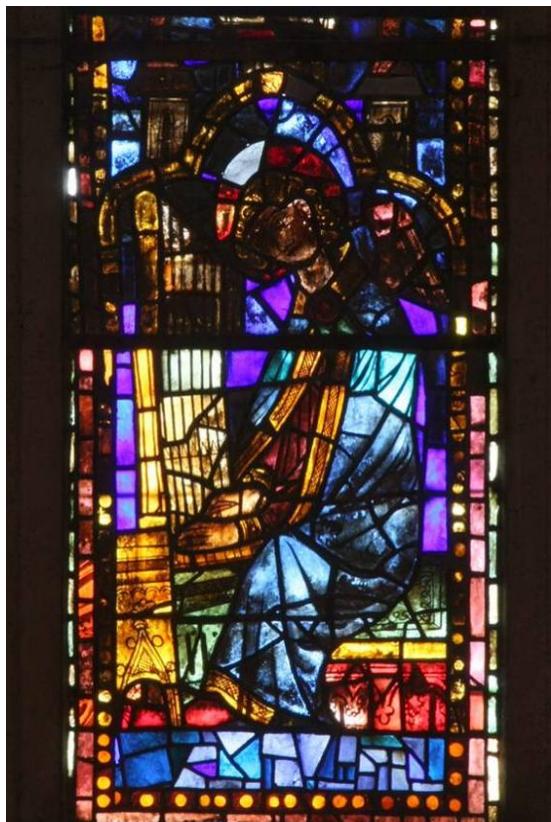
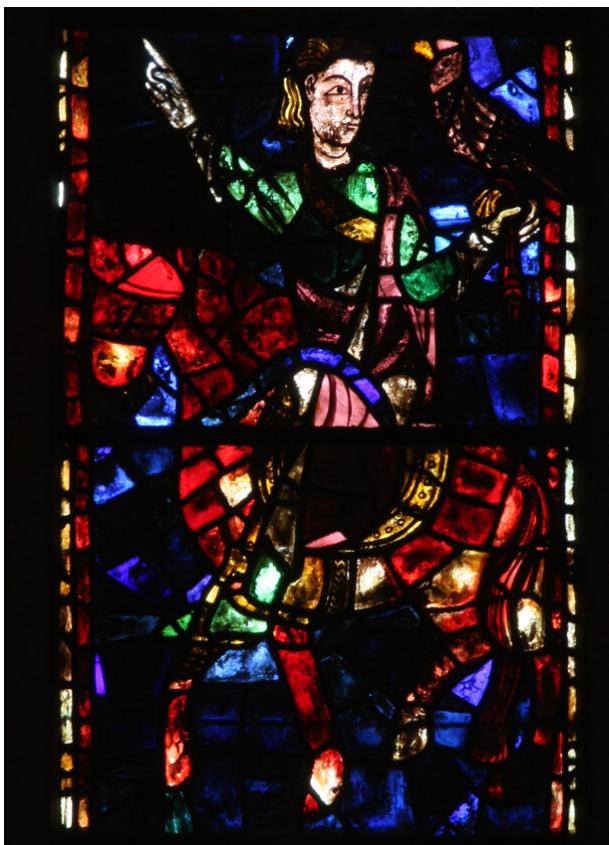
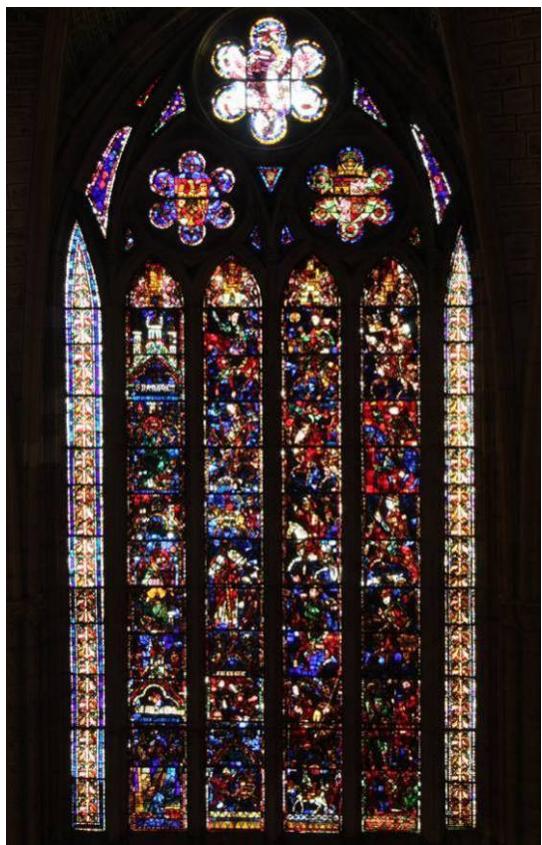


Fig. 6.225. Vidriera de "La cacería", Claristorio de la fachada norte de la catedral de León.

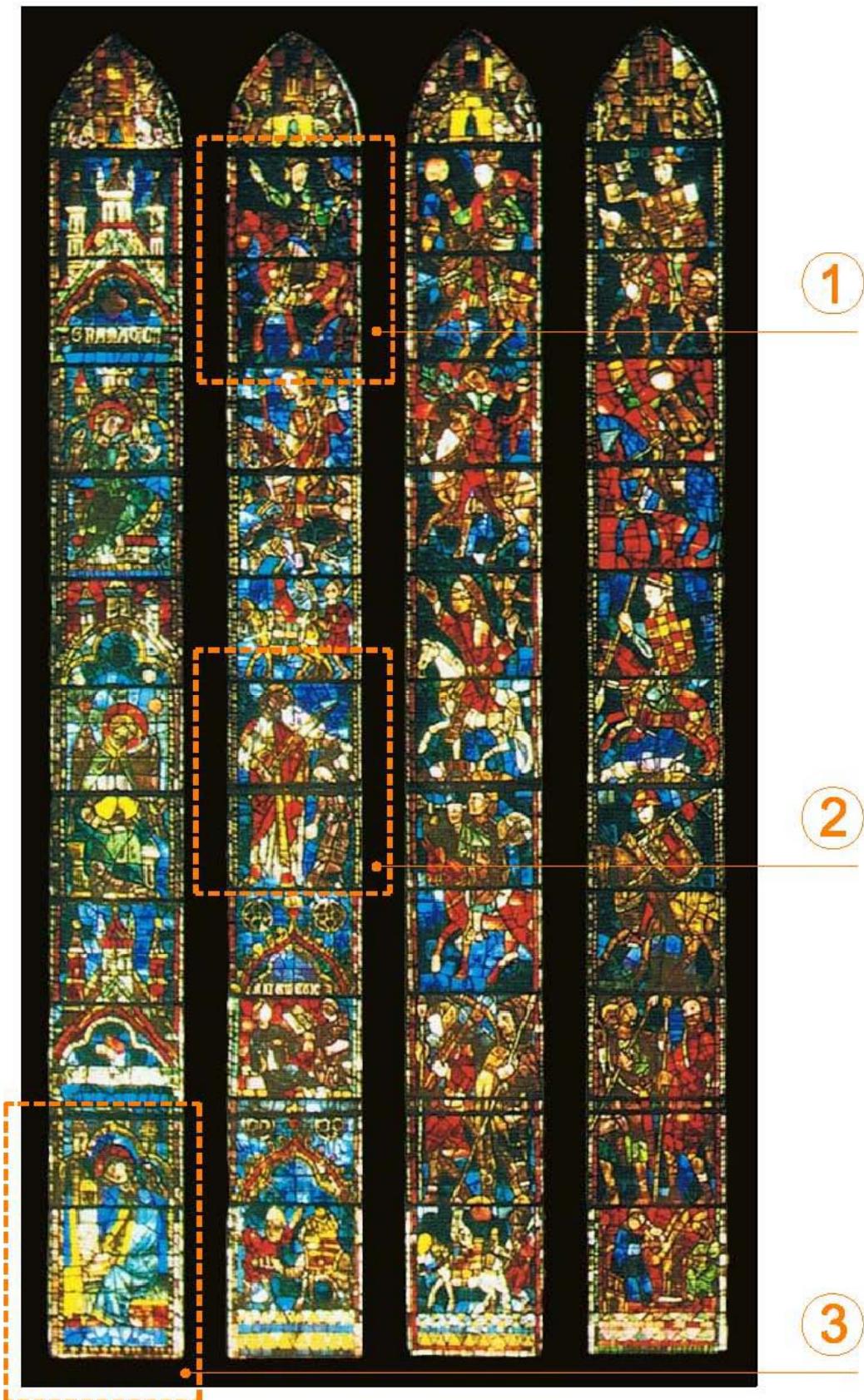


Fig. 6.226. Selección de figuras de la vidriera de "La cacería". Autor: Juan M. Medina.

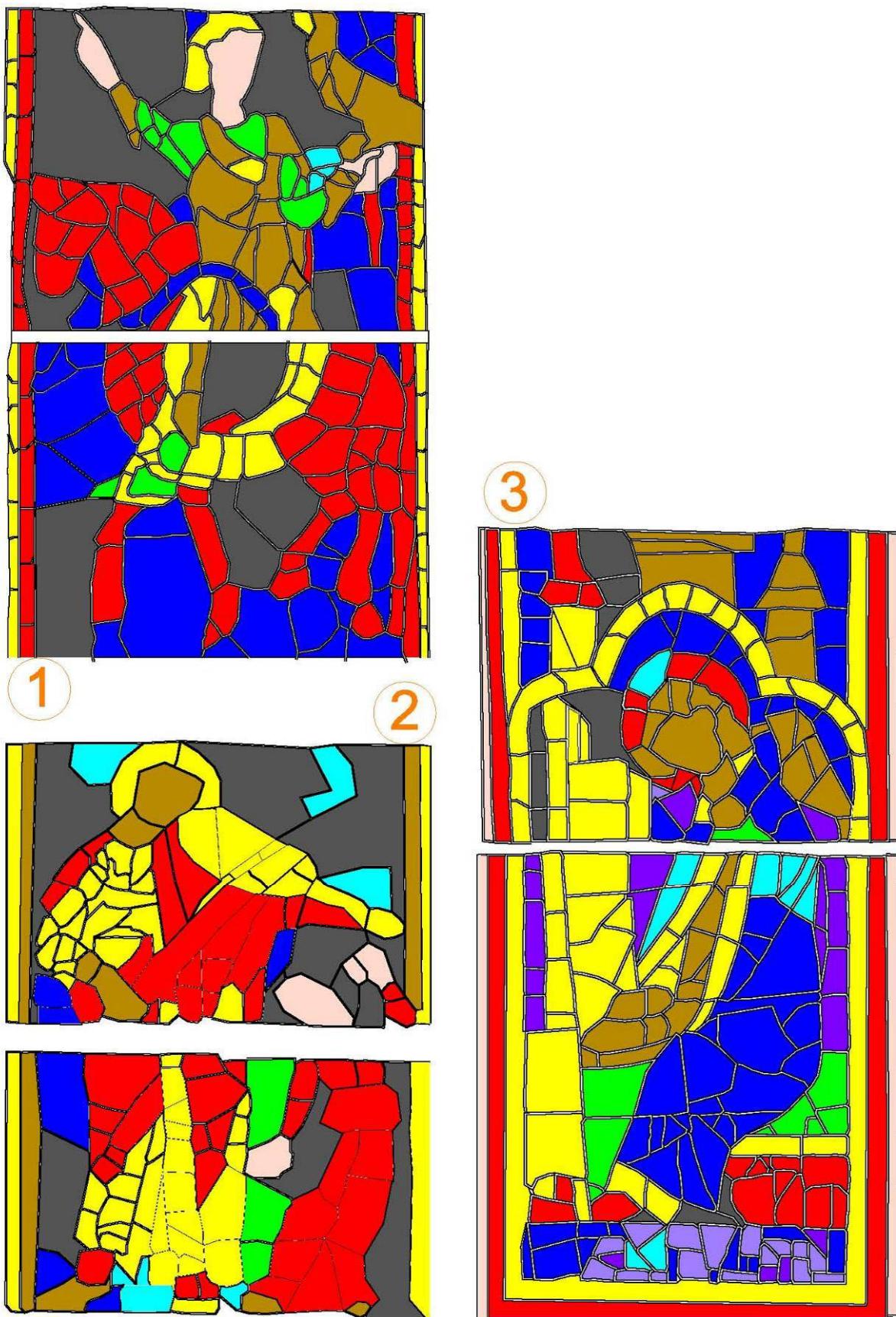
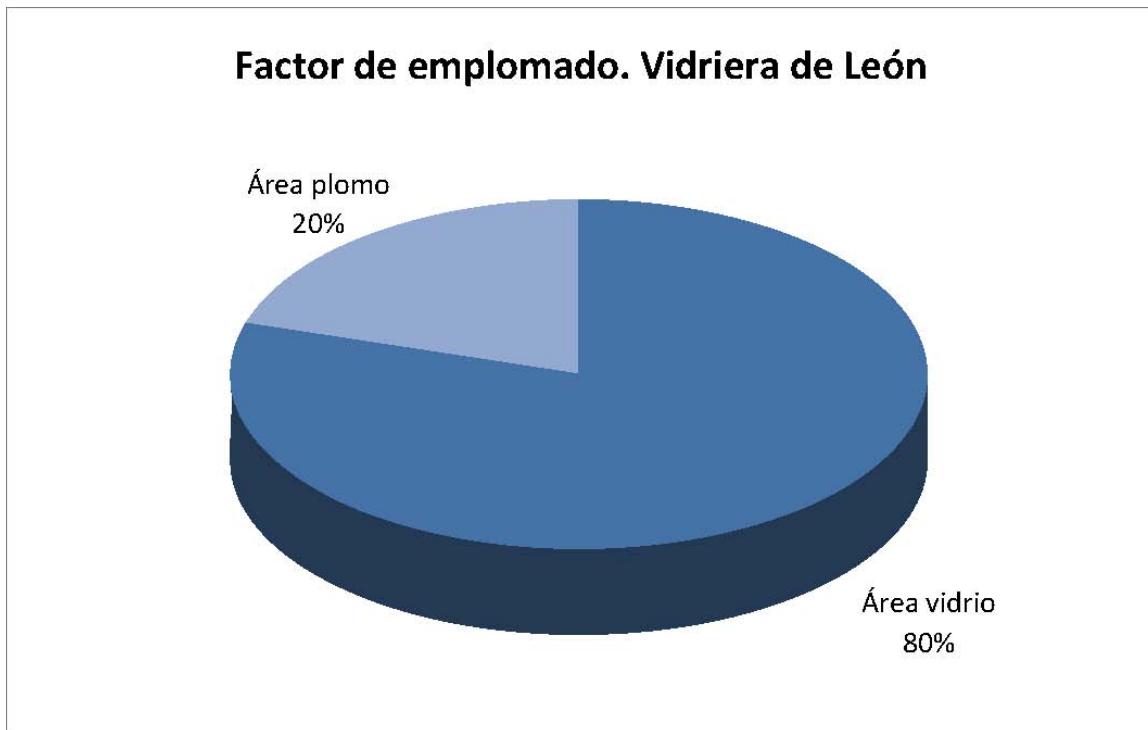
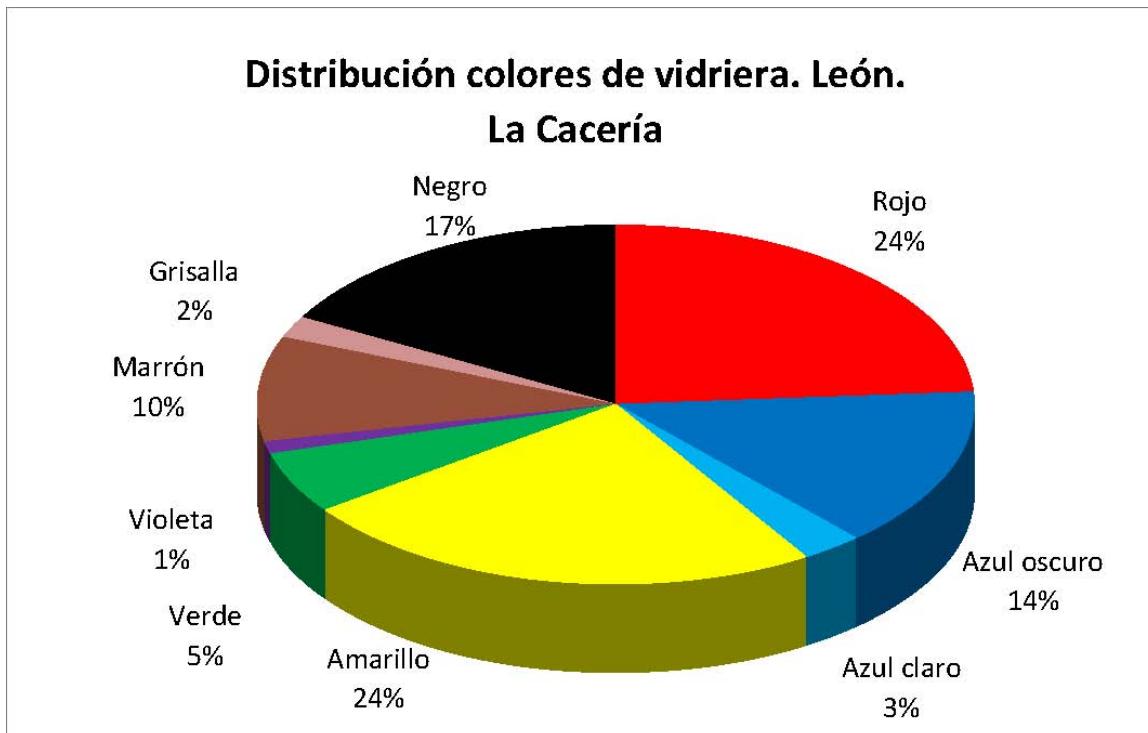


Fig. 6.227. Distribución del color de la vidriera de "La cacería". Autor: Juan M. Medina.



6.6 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS.



#### 6.6.1 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.

La capilla de la Sainte Chapelle de París nace como traducción gótica de las capillas palatinas carolingias, cuyo más célebre ejemplo es la actual catedral de Aquisgrán, en Alemania.

La construcción de la Iglesia se plantea a principios del S. XIII. Para 1238, San Luis ya había fundado la capilla palatina de Saint Germain-en-Laye y le sirvió de modelo arquitectónico para esta nueva creación con la novedad de la inclusión de una segunda planta de la misma superficie pero con altura muy inferior a la de la capilla principal y situada por debajo de esta.

Así la capilla dispone de una planta alta, situada en la planta de los aposentos reales, y otra como parroquia del palacio, abierta a los soldados, servidores y cortesanos del rey. Si bien “en Francia se construyen otras capillas dobles, consideradas como joyas de arte gótico, como en Laón, Reims o Meaux, para responder a funciones propias del castillo o episcopales” no cabe duda de que “La Sainte Chapelle las sobrepasa a todas en dimensión y audacia de concepción”<sup>225</sup>.

La capilla se inicia en el entorno del año 1244, según cita la bula papal de Inocencio IV. En enero de 1246, el rey funda la “primera fundación” que deberán cuidar de las reliquias y la celebración del culto en la capilla y finalmente el 26 de abril de 1248 se consagra definitivamente la Iglesia.

Las reliquias protegidas eran las de la corona de espinas de Cristo, “compradas al emperador Balduino II en Bizancio, llevadas en procesión en el año 1239 a París, y que sirvió de sacralización suplementaria de los reyes de Francia, que ya desde hacía siglos eran ungidos con óleo sagrado, supuestamente traído de los cielos”. La relación simbólica entre la corona de espinas y la corona real resultaba evidente “siendo el rey que se encontraba en el centro mismo de la imagen terrena como representación de la Jerusalén celestial”<sup>226</sup>.

No se conoce a ciencia cierta quién fue el maestro de obras, mientras que algunos historiadores aseguran que la autoría más posible, “según la tradición oral”, se asigna al maestro albañil de la abadía de Saint-Denis y maestro de obras del transepto de Notre-

<sup>225</sup> FINANCE, Laurence de, “*La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité*”, Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 6

<sup>226</sup> KLEIN, Bruno, “Comienzo y formación de la arquitectura gótica en Francia y países vecinos” en el libro “*El gótico, arquitectura, escultura y pintura*”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.83

Dame, Pierre de Montreuil,<sup>227</sup> otros como Robert Branner interpretan que pudo ser algún maestro venido del norte de Francia, como el maestro albañil Thomas de Cormont o incluso Robert de Luzarches, maestro también de la catedral de Amiens. Lo que es seguro es que el arquitecto de la Sainte Chapelle, “*poseía una rara habilidad y dominaba perfectamente la perspectiva monumental*”.

La capilla alta tiene unas dimensiones de 33 metros de largo por 10,70 metros de ancho, compuesta por una nave única de cuatro tramos, rematada con una cabecera de siete lienzos. Los muros “*no existen, se han reemplazado por paredes de vidrio que parecen de una inmaterial ligereza*”<sup>228</sup>, y son rematados con una bóveda que “*muestra un cielo estrellado que, a pesar de su estado de conservación muy restaurado, corresponde en sus colores fielmente a la coloración original, a la que contribuyen los fuertes tonos con dominio rojiazul de las vidrieras*”<sup>229</sup>.

En la búsqueda de una espacialidad singular como un anhelo del maestro gótico, que busca que el espacio “no natural” sea único y unitario bajo el envoltorio de la luz transfigurada, destaca en la Sainte Chapelle, por su carácter de edificio de una sola nave, la idea de unidad espacial al tiempo que lleva a sus límites las posibilidades del sistema arquitectónico, y que como dice Grodeki “*En ningún sitio, antes o después, la vidriera ha desempeñado un papel semejante en una composición arquitectónica, concebida en función del efecto coloreado y luminoso, donde se unen todos los temas maravillosos del simbolismo de la luz*”<sup>230</sup>

La superficie de vidrio de 670 m<sup>2</sup>, sin contar el rosetón, ejecutada con elegantes soportes de fábrica que sostienen la bóveda de ojivas acusa la sensación de que el muro ha desaparecido por completo en el sentido arquitectónico y se ha convertido en un paramento de vidrio pleno de color. “*La idea de límite*”<sup>231</sup>, no como marco y cierre de un espacio, sino como materia impenetrable, ha sido omitida completamente.

---

<sup>227</sup> FINANCE, Laurence de, “*La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité*”, Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 9

<sup>228</sup> FINANCE, Laurence de, “*La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité*”, Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 30

<sup>229</sup> KLEIN, Bruno, “Comienzo y formación de la arquitectura gótica en Francia y países vecinos” en el libro “*El gótico, arquitectura, escultura y pintura*”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.87

<sup>230</sup> GRODEKI, L., “*Fontions spirituelles, en Le vitrail français*”, Paris, 1958, p. 45.

<sup>231</sup> NIETO, Víctor, “*La luz, simbolo y sistema visual. El espacio y la luz en el arte gótico y del renacimiento*”, 1<sup>a</sup> edición, ediciones Cátedra (Grupo Anaya), Madrid, 1978, ISBN: 978-84-376-0125-0. p. 37

El arquitecto trató en la capilla de sacar al exterior lo máximo posible los elementos de soporte de la bóveda superior para liberar el espacio interior. Esta audacia arquitectónica que desafía las leyes del equilibrio y que coloca la capilla a una altura similar a las de las catedrales góticas de la época<sup>232</sup>, permite observar un edificio único por su esbeltez, elegancia y sobre todo por el uso de sus vidrieras, representación máxima del estilo gótico Radiante. (Fig. 6.228)

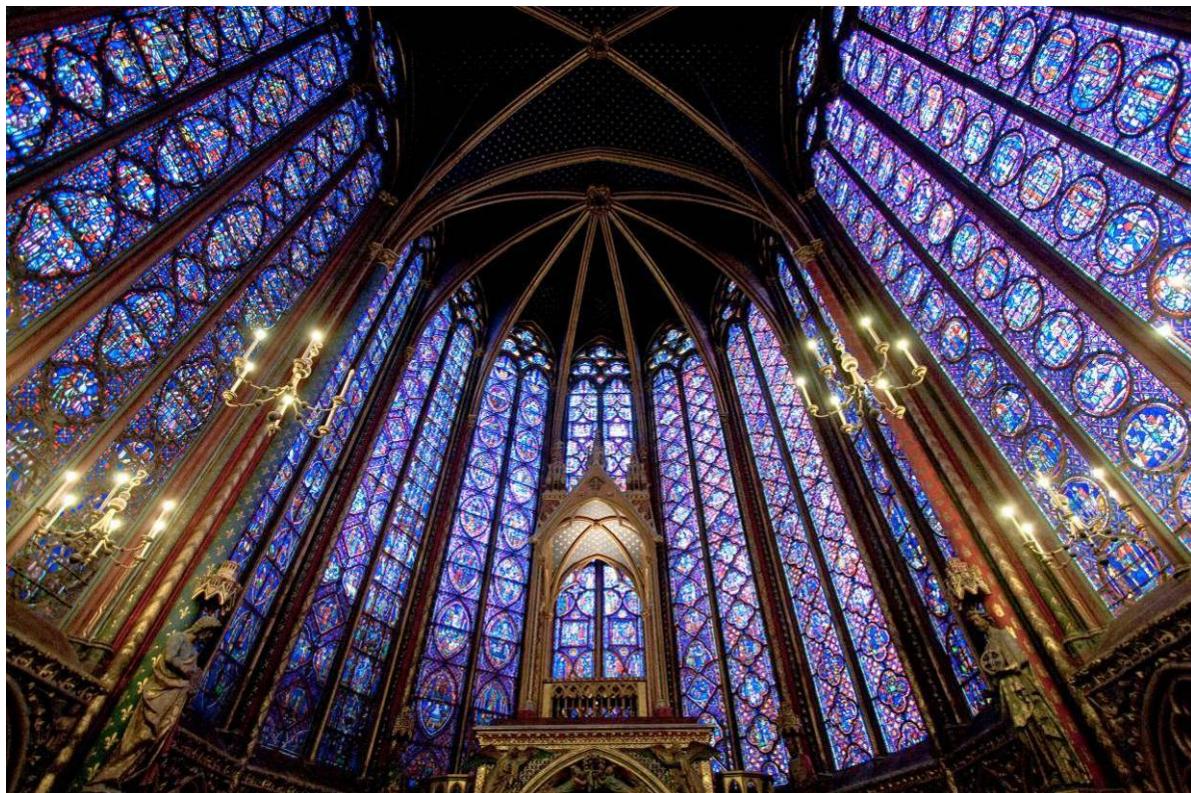


Fig. 6.228. Vidrieras de la Sainte Chapelle de París. Autor desconocido.

---

<sup>232</sup> FINANCE, Laurence de, "La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité", Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 30

#### 6.6.2 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. MODELOS 2D Y 3D.

La toma de datos necesaria para la recreación de los modelos en 2D y posteriormente la generación del modelo 3D fue realizada el **21 de marzo de 2010**; equinoccio de primavera.

En la toma de datos se tomaron medidas geométricas de la catedral que permitían el levantamiento de la misma así como la **toma de datos de iluminación actual** descrita en el método de análisis de la tesis, es decir, tomando referencia de lúmenes debajo de cada bóveda de crucería de las distintas naves de la catedral para las cuatro horas del día censadas (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00). Estos datos nos servirán para la comparativa entre el estado original y el actual de la iluminación en la catedral que será desarrollado con amplitud en el capítulo designado al efecto.

El resultado gráfico interpretado de lo que sería el proyecto original gótico representa la **denominación de las naves**, la **memoria de vidrieras** de la planta y la **posición de los puntos de muestreo** utilizados para la medición lumínica debajo de cada bóveda. La representación final es la siguiente:

Planta:

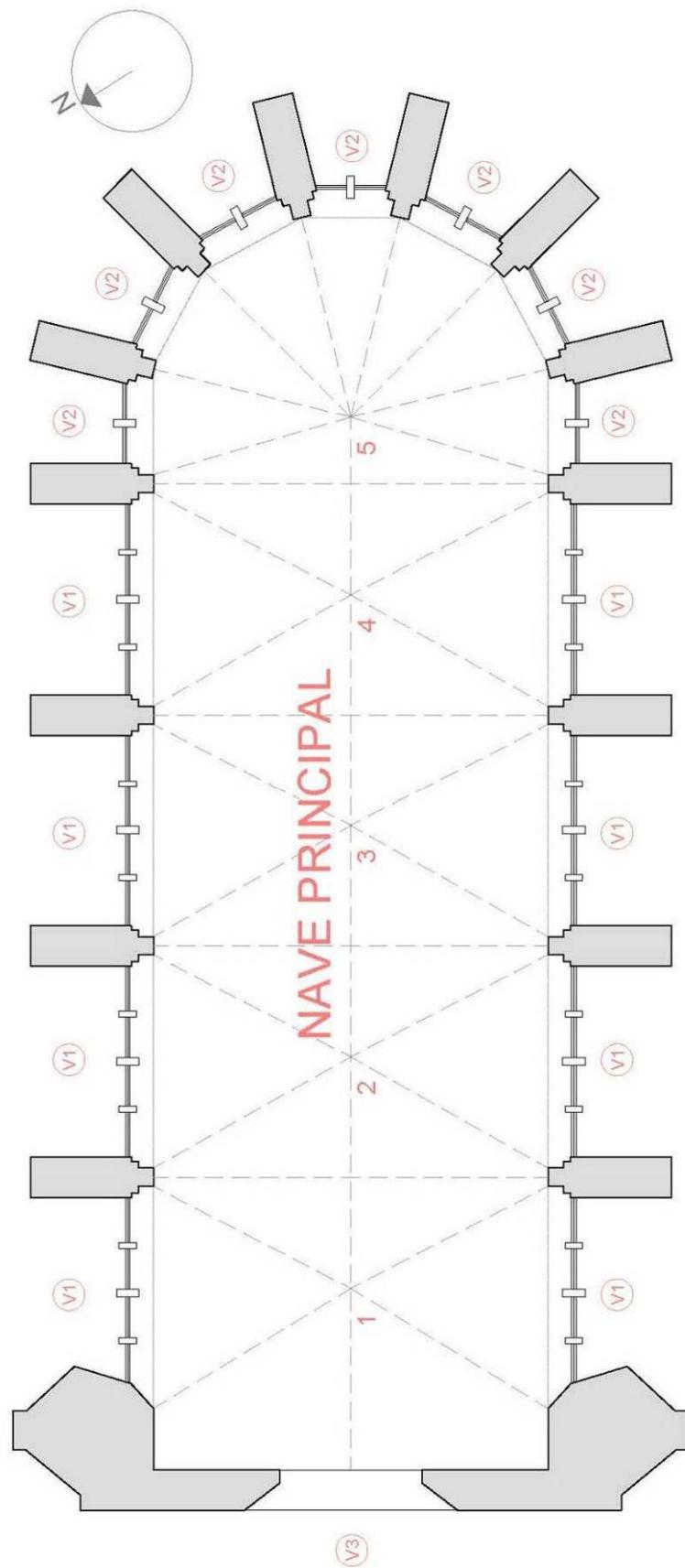


Fig. 6.299. Planta de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Secciones:

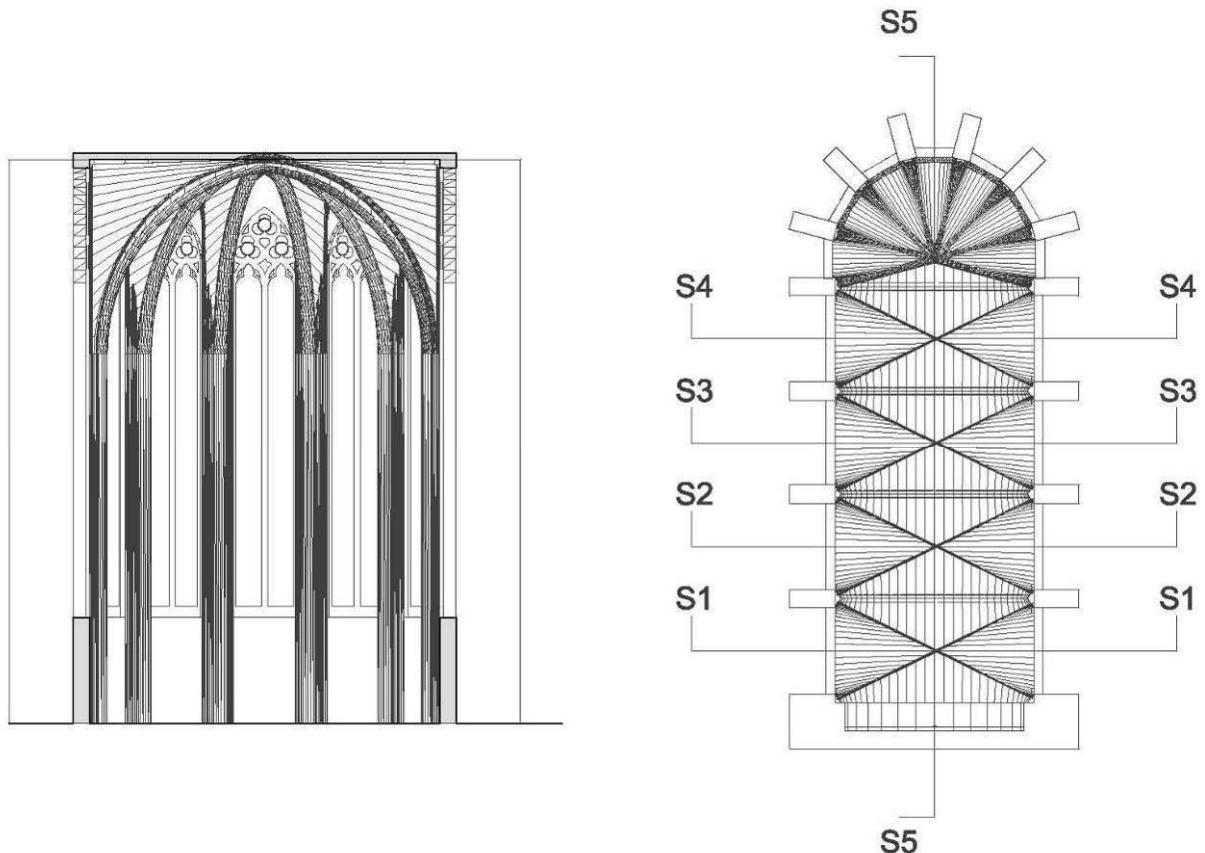


Fig. 6.300. Sección transversal y planta esquemática de corte de secciones. Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

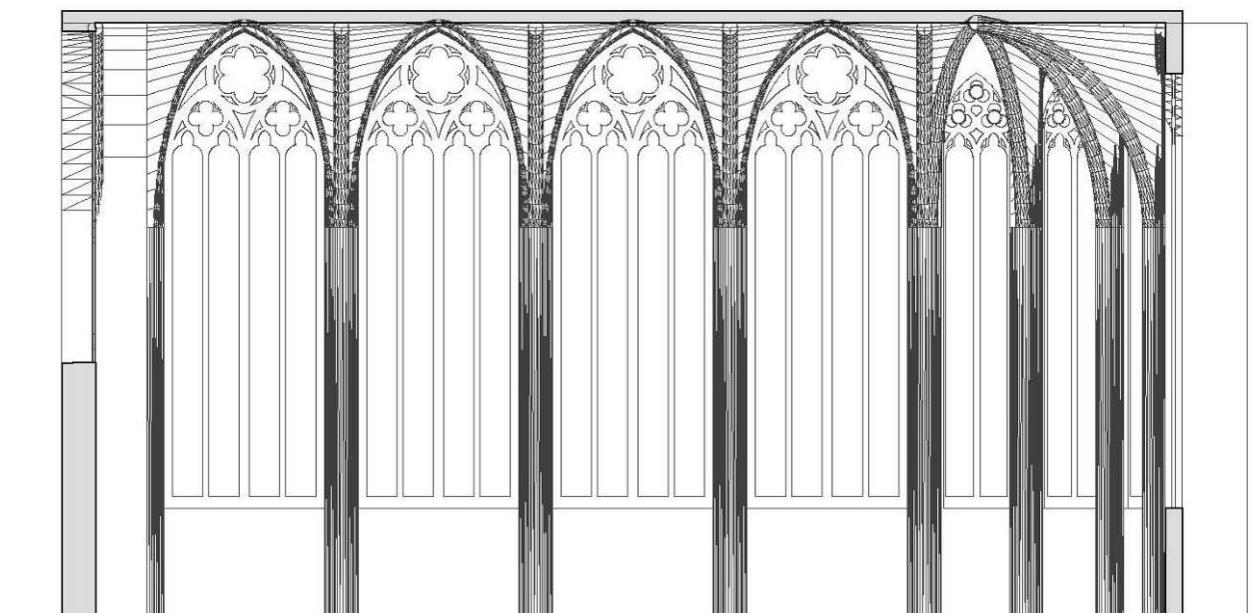


Fig. 6.301. Sección longitudinal. Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Vidrieras:

VIDRIERAS SAINTE CHAPELLE

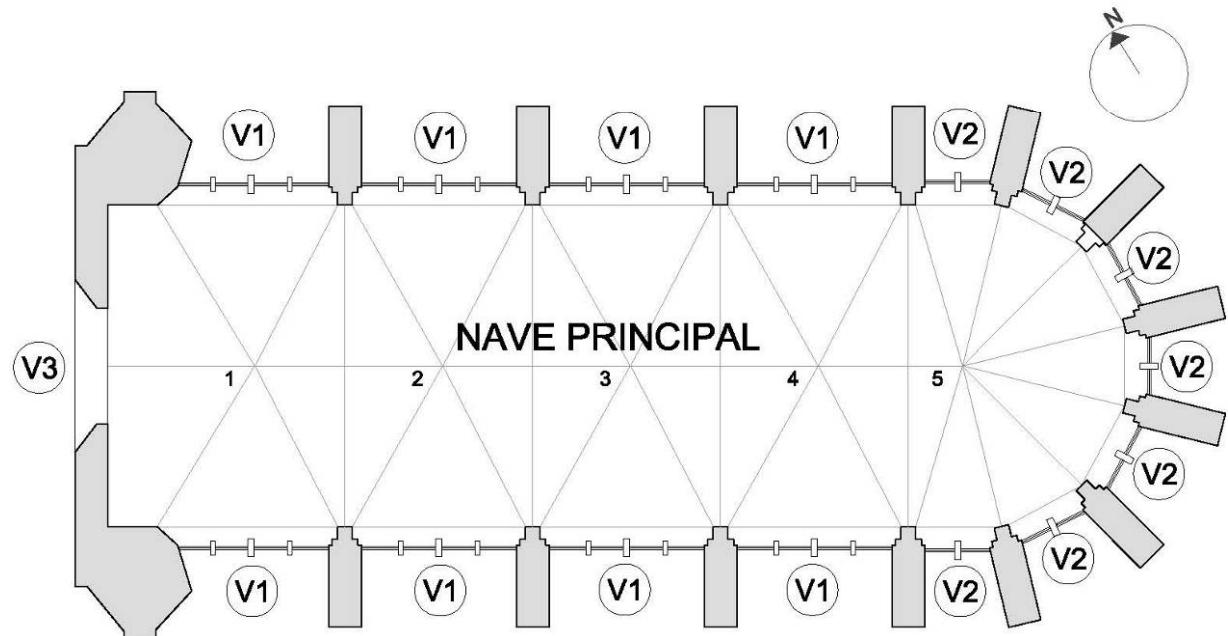
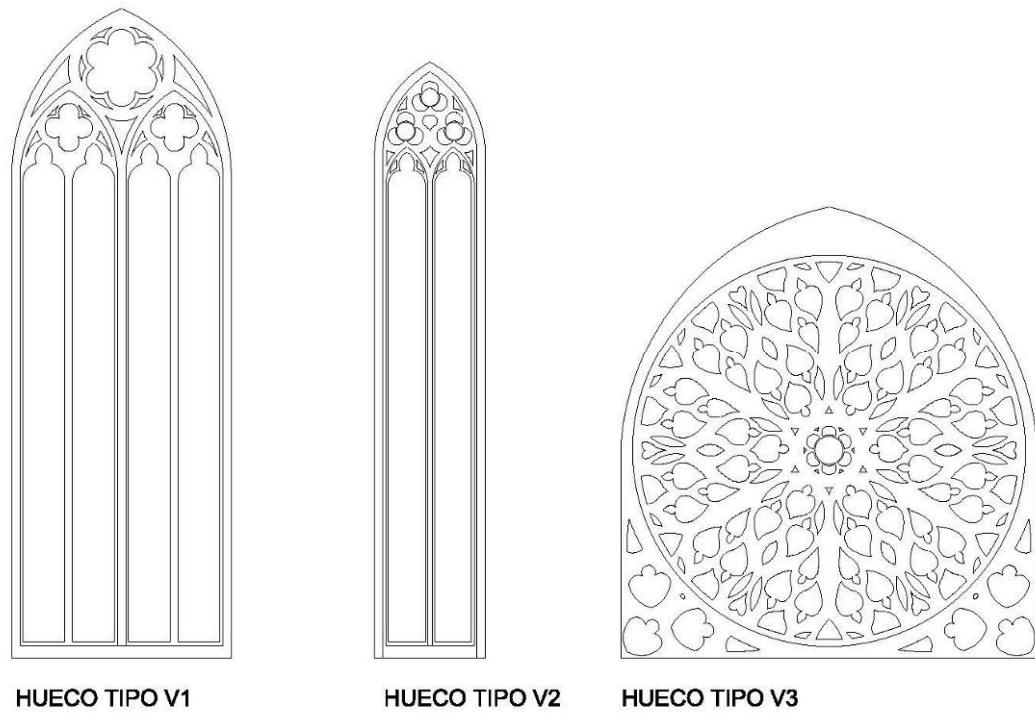


Fig. 6.302. Catálogo de vidrieras de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D:

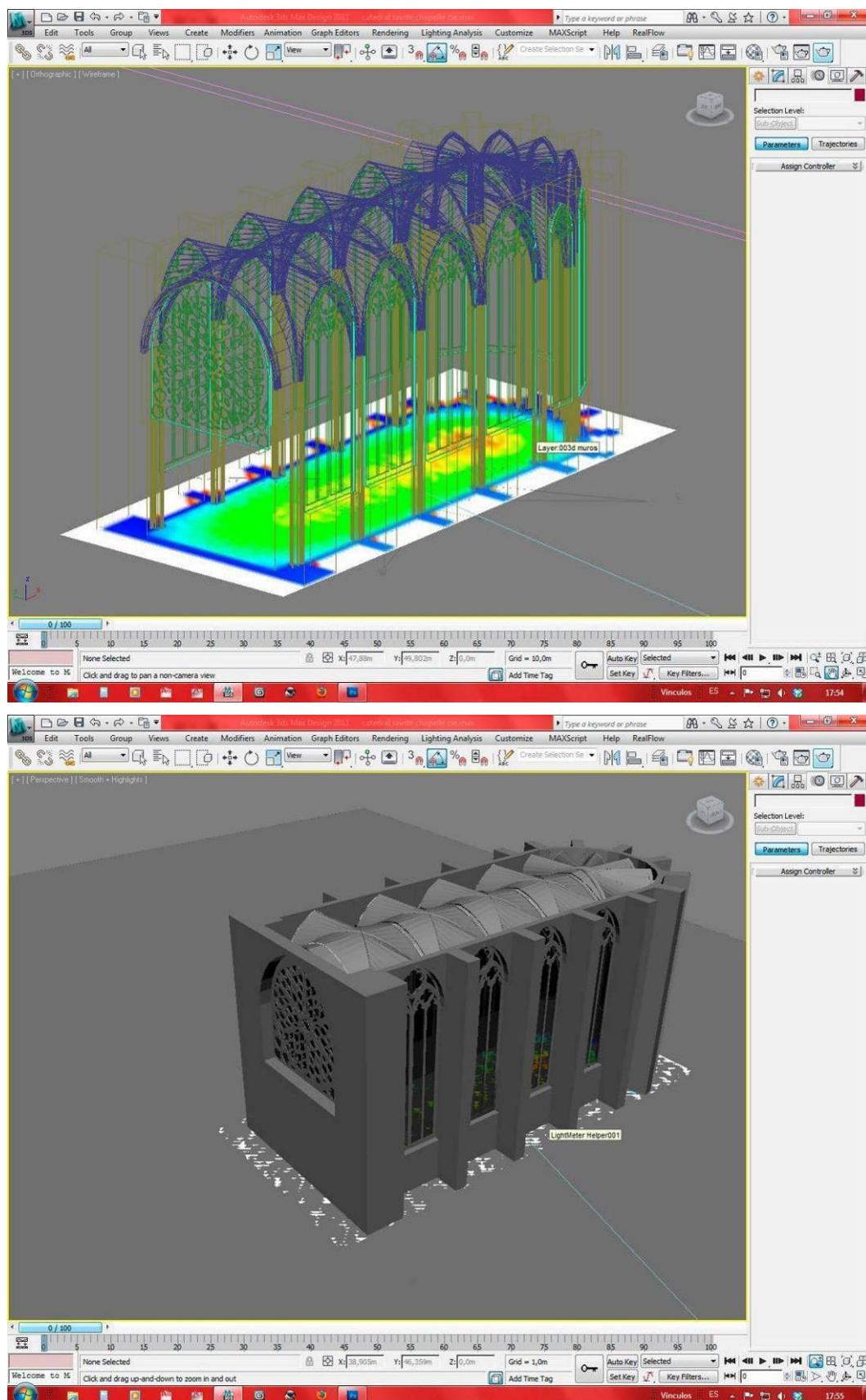


Fig. 6.303. Modelo 3D de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Modelo 3D Renderizado:

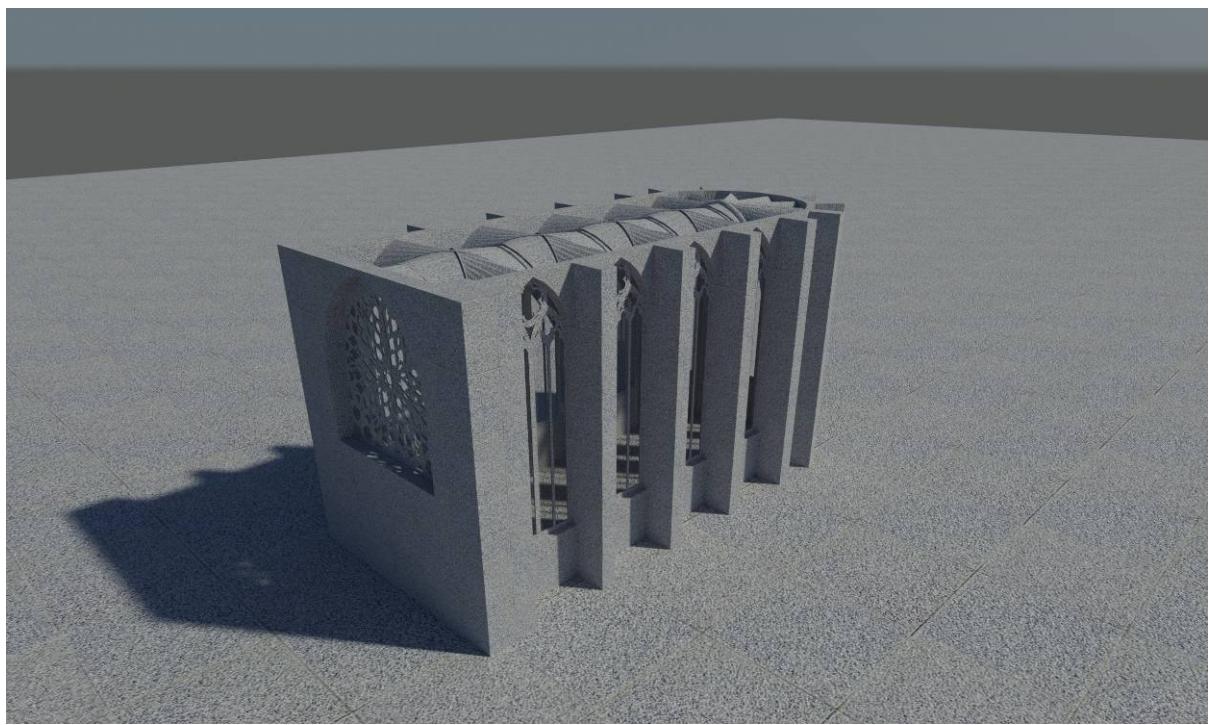


Fig. 6.304. Modelo 3D de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

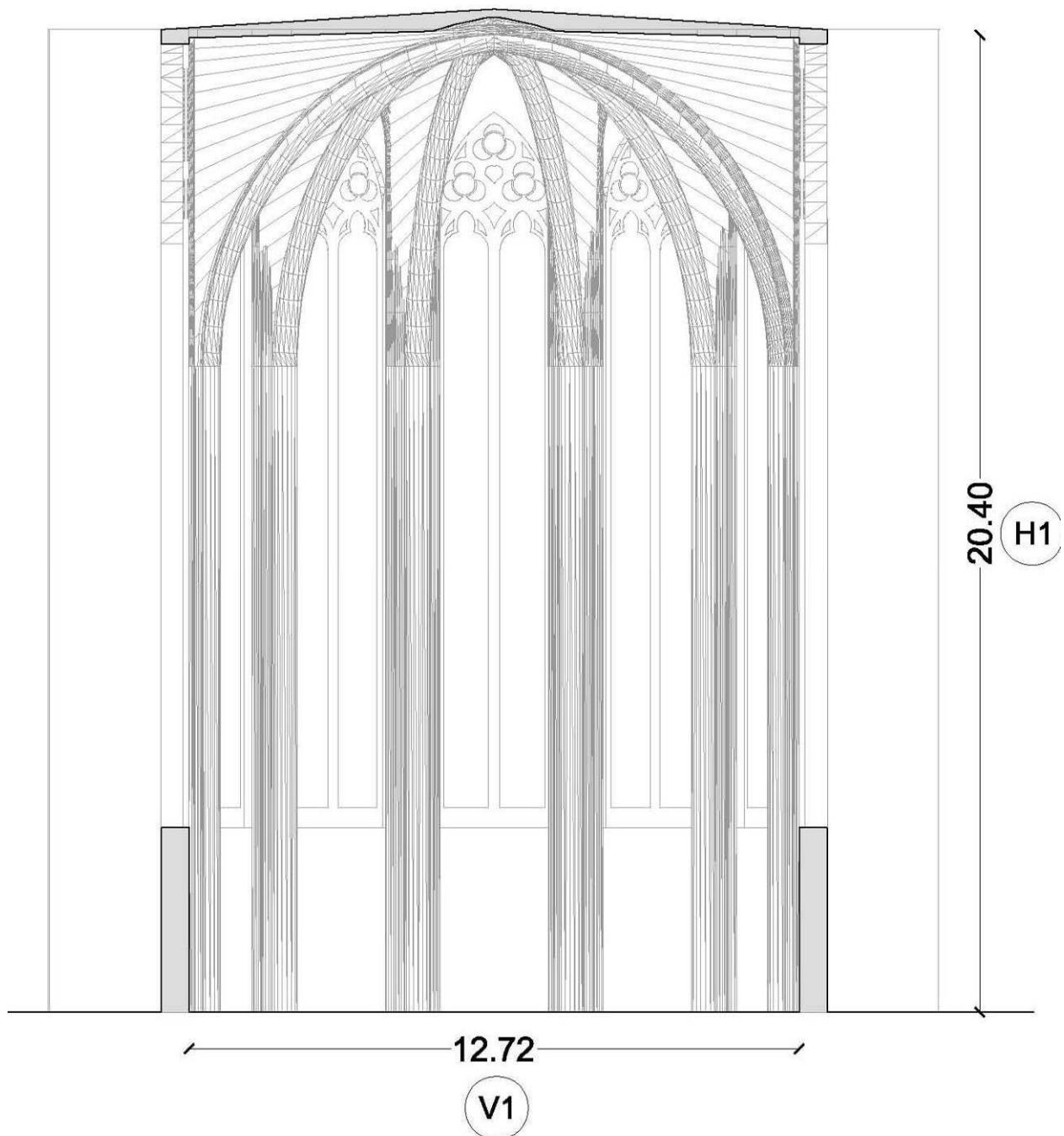
### 6.6.3 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. ANÁLISIS DE LA SECCIÓN: FACTOR DE ESBELTEZ Y FACTOR DE TRANSPARENCIA.

Para establecer las relaciones volumétricas necesarias para comprender la influencia que la sección de la catedral tiene sobre la iluminación en su interior, hemos establecido un factor comparable entre todas las catedrales y es su **factor de esbeltez** de nave, que viene definido por la división de la anchura de vano de cada nave con respecto su altura, valores V y H.

En cuanto a las relaciones de apertura de vanos en los muros de cerramiento, el presente estudio analiza una crujía tipo de la catedral entre dos pilares consecutivos de un tramo de la nave central. De ella se extrae un valor comparable entre catedrales que divide la cantidad de vanos incluidos en el muro entre la cantidad de cerramiento macizo de la crujía, **factor de transparencia**.

Los dibujos que demuestran estos dos factores son los que se muestran a continuación.

Factor de esbeltez:

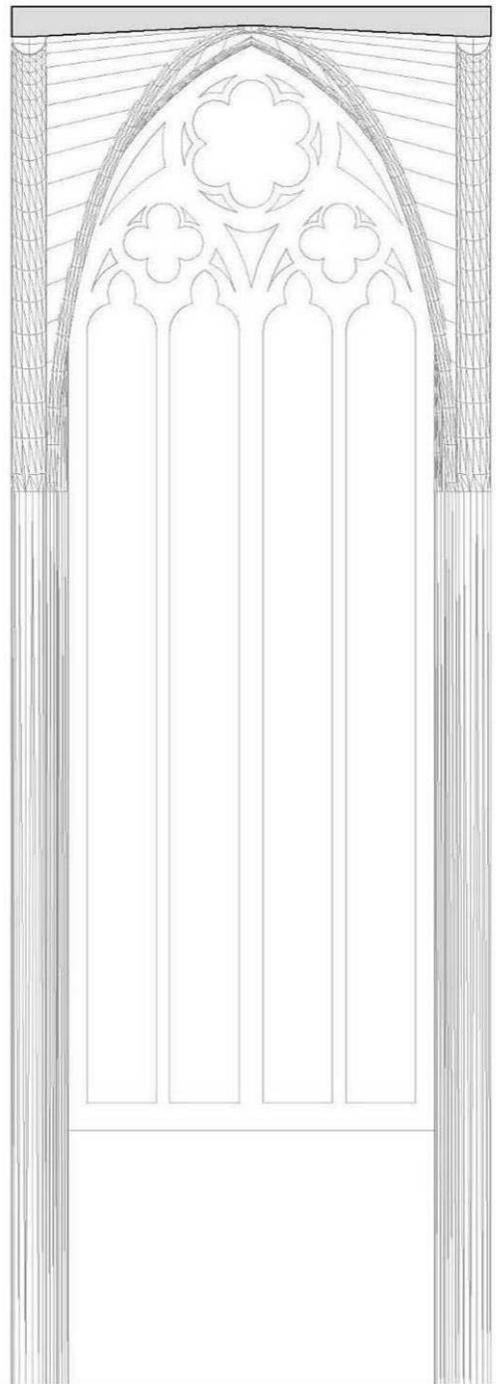


NAVE CENTRAL 1: FACTOR DE ESBELTEZ (H1/V1);  $F_e1 = 1,60$

Fig. 6.305. Modelo 3D de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Factor de transparencia:

### RELACIÓN VANO / MURO. FACTOR DE TRANSPARENCIA



CRUJÍA DE LA SAINTE CHAPELLE

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA (VANO/MURO)  $F_{tm} = 89,30$

NAVE CENTRAL: FACTOR TRANSPARENCIA TOTAL (VANO/VOLUMEN)  $F_{tT} = 6,60$

Fig. 6.306. Modelo 3D de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.6.4 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. OBTENCIÓN DE DATOS LUMÍNICOS.

Los datos obtenidos para la catedral en los distintos días del año son los que arroja el programa informático para cada punto censado y a las 4 horas del día.

Los valores obtenidos corresponden a una iluminación, tal como ya describimos, con cielo CIE, con valor de iluminación difusa correspondiente a la latitud en la que se encuentra la catedral y con un factor de filtrado del vidrio “a priori” del 40% para poder tener unos valores uniformes entre las distintas catedrales uniformes entre las distintas catedrales y poder compararlas entre sí.

Posteriormente, y para obtener datos ciertos de iluminación con las vidrieras que realmente existen que podamos **comparar con la iluminación actual de la catedral**, tomamos las medidas de ciertos puntos de la misma que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. Comparamos los valores de iluminación de esos puntos tomados *in situ* el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división nos facilita un **factor de escala** que equivale al **factor de filtrado** real de la luz por culpa de las vidrieras y que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor real de iluminación en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes:

1, 2, 3, 4, 5 y el factor de escala obtenido **0.155**.

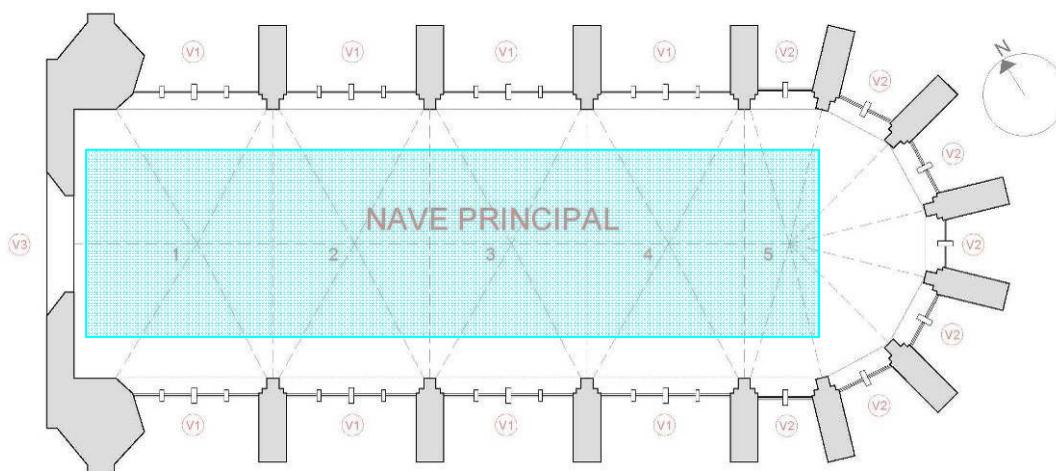


Fig. 6.307. Puntos estables de la Sainte Chapelle, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,155		21 MARZO 1600								
		PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE CENTRAL 1	1	1036,00	160,58	1211,00	187,71	1227,00	190,19	1115,00	172,83	
	2	1274,00	197,47	1332,00	206,46	1475,00	228,63	1455,00	225,53	
	3	1317,00	204,14	1361,00	210,96	1489,00	230,80	1456,00	225,68	
	4	1361,00	210,96	1410,00	218,55	1588,00	246,14	1532,00	237,46	
	5	1545,00	239,48	1595,00	247,23	1671,00	259,01	1635,00	253,43	

Fig. 6.308. Valores de iluminación de la Sainte Chapelle de París. 21 de marzo de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,155		21 JUNIO 1600								
		PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE CENTRAL 1	1	1061,00	164,46	1097,00	170,04	1068,00	165,54	1132,00	175,46	
	2	1280,00	198,40	1307,00	202,59	1280,00	198,40	1328,00	205,84	
	3	1308,00	202,74	1329,00	206,00	1277,00	197,94	1278,00	198,09	
	4	1376,00	213,28	1393,00	215,92	1361,00	210,96	1369,00	212,20	
	5	1559,00	241,65	1572,00	243,66	1515,00	234,83	1513,00	234,52	

Fig. 6.309. Valores de iluminación de Sainte Chapelle de París. 21 de junio de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,155		21 SEPTIEMBRE 1600								
		BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE CENTRAL 1	1	1037,00	160,74	1264,00	195,92	1238,00	191,89	1122,00	173,91	
	2	1274,00	197,47	1375,00	213,13	1505,00	233,28	1464,00	226,92	
	3	1359,00	210,65	1362,00	211,11	1450,00	224,75	1450,00	224,75	
	4	1397,00	216,54	1457,00	225,84	1612,00	249,86	1549,00	240,10	
	5	1566,00	242,73	1613,00	250,02	1729,00	268,00	1659,00	257,15	

Fig. 6.310 Valores de iluminación de la Sainte Chapelle de París. 21 de septiembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

F.ESCALA 0,155		21 DICIEMBRE 1600								
		PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600
NAVE CENTRAL 1	1	1004,00	155,62	1366,00	211,73	1325,00	205,38	1176,00	182,28	
	2	1285,00	199,18	1503,00	232,97	1686,00	261,33	1452,00	225,06	
	3	1375,00	213,13	1461,00	226,46	1665,00	258,08	1417,00	219,64	
	4	1415,00	219,33	1516,00	234,98	1687,00	261,49	1507,00	233,59	
	5	1598,00	247,69	1704,00	264,12	1759,00	272,65	1582,00	245,21	

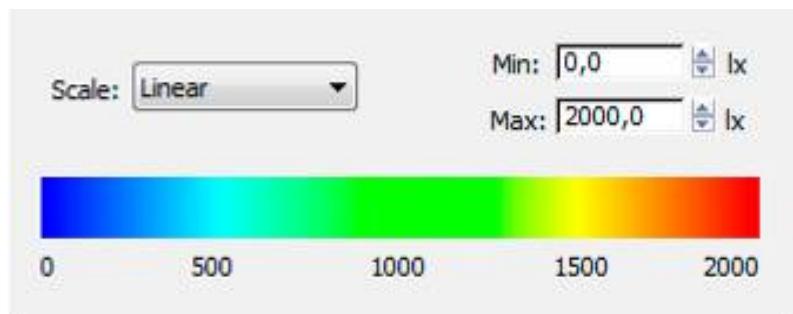
Fig. 6.311. Valores de iluminación de la Sainte Chapelle de París 21 de diciembre de 1600. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.6.5 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. TRASLACIÓN DE DATOS A GRÁFICAS LUMÍNICAS: ILUMINACIÓN INDIRECTA.

La aplicación del programa informático sobre el modelo en 3D de la catedral original gótica nos permite obtener, además de valores puntuales en cada punto censado, unas interesantes gráficas de color que representan la iluminación general de la catedral en un momento dado, pudiendo establecer un análisis a simple vista de lo que ocurre en cada lugar de la misma.

En este caso no se toman los valores "escalados" de iluminación sino los correspondientes a la aplicación del programa con el vidrio "tipo", con la selección de un vidrio translúcido igual para todas las catedrales, para de ese modo poder posteriormente compararlas entre sí.

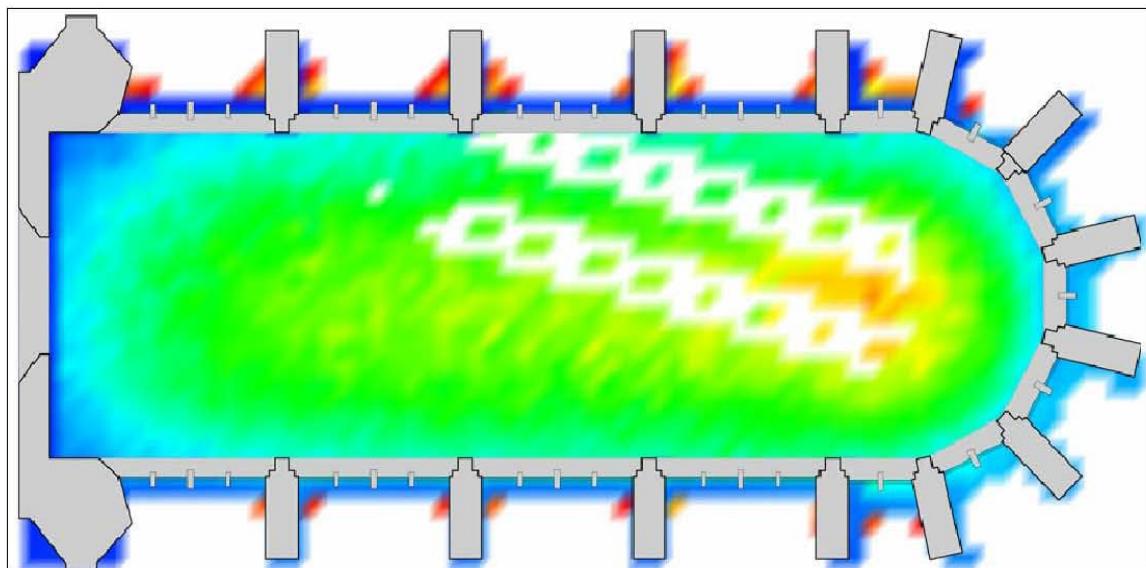
Para la Sainte Chapelle se ha tomado una escala de graduación de color que va desde los 0 luxes y los 2000 luxes. (Fig. 6.312)



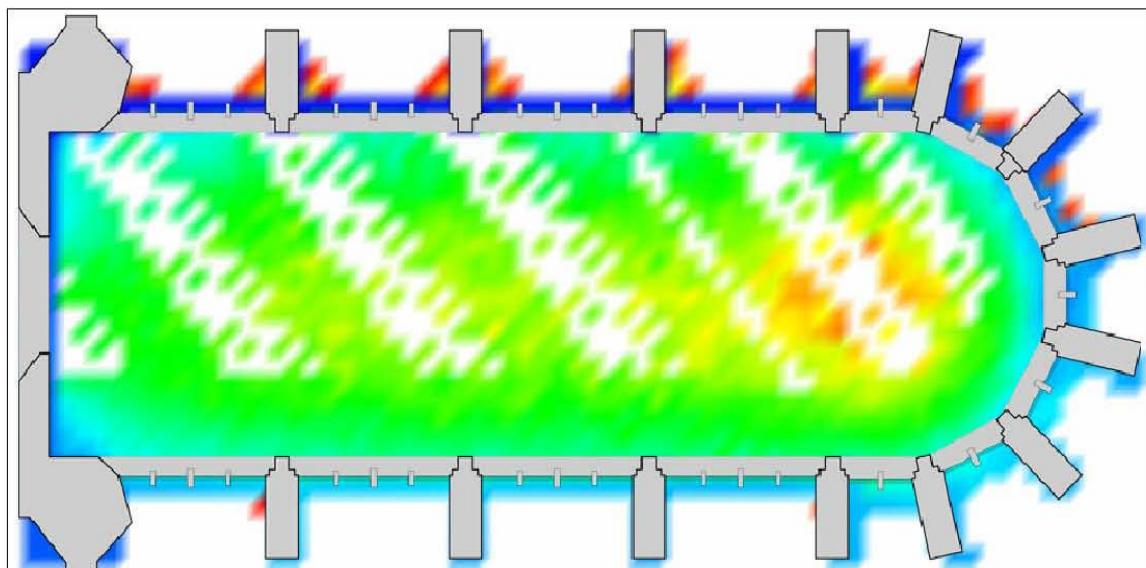
F. 6.312. Gradiente de color utilizado para la catedral de Sainte Chapelle.

Las gráficas lumínicas resultantes para los cuatro días del año y las cuatro horas del día son las siguientes:

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

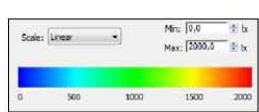


PLANTA 10:00

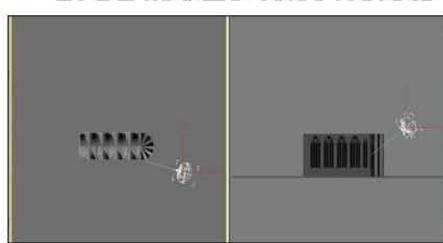


PLANTA 12:00

21 DE MARZO 10:00 HORAS

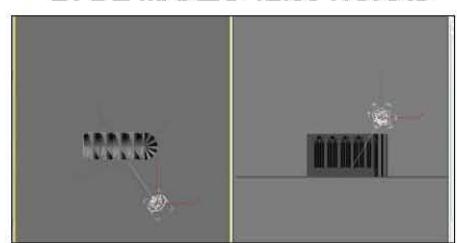


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



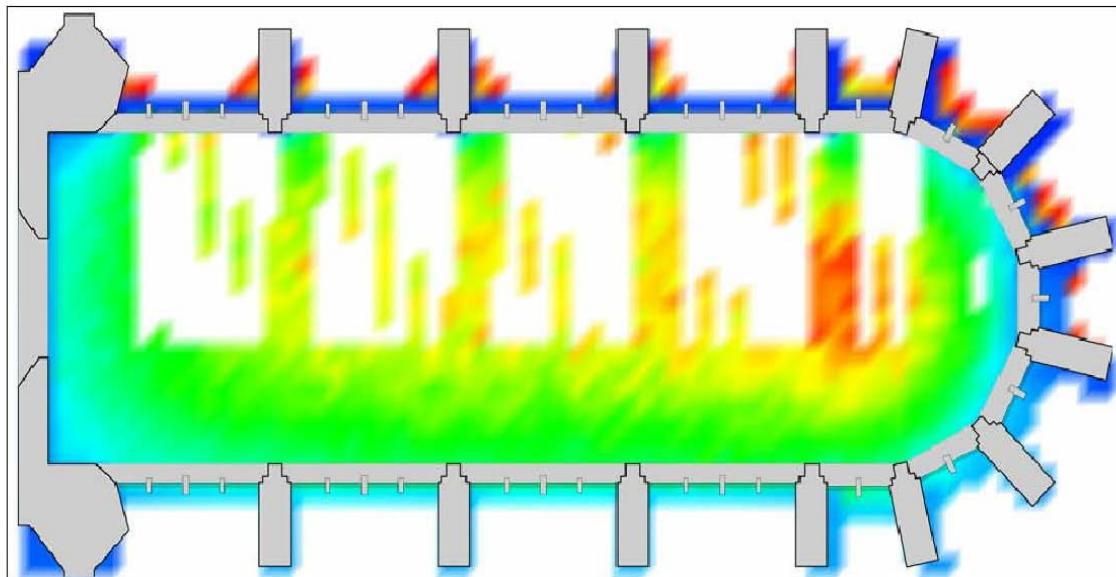
SITUACIÓN SOLAR

21 DE MARZO 12:00 HORAS

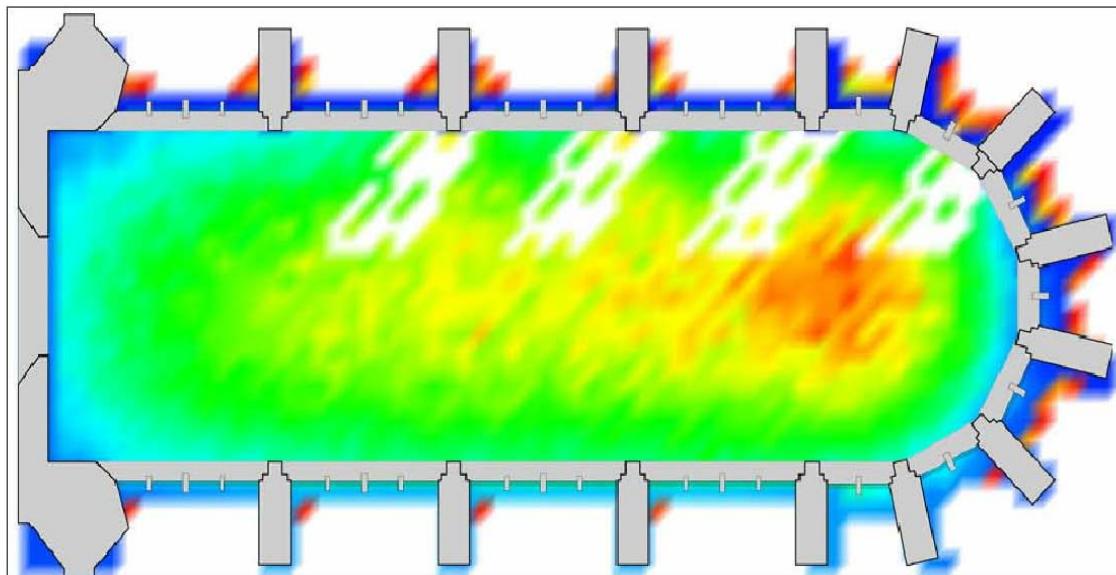


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

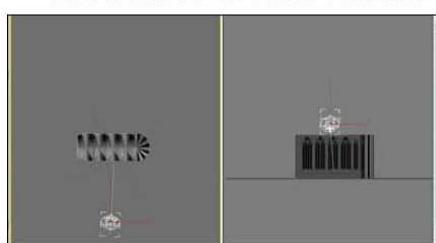
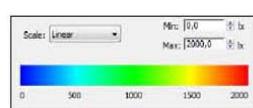


PLANTA 14:00



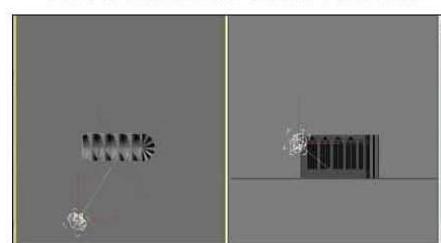
PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

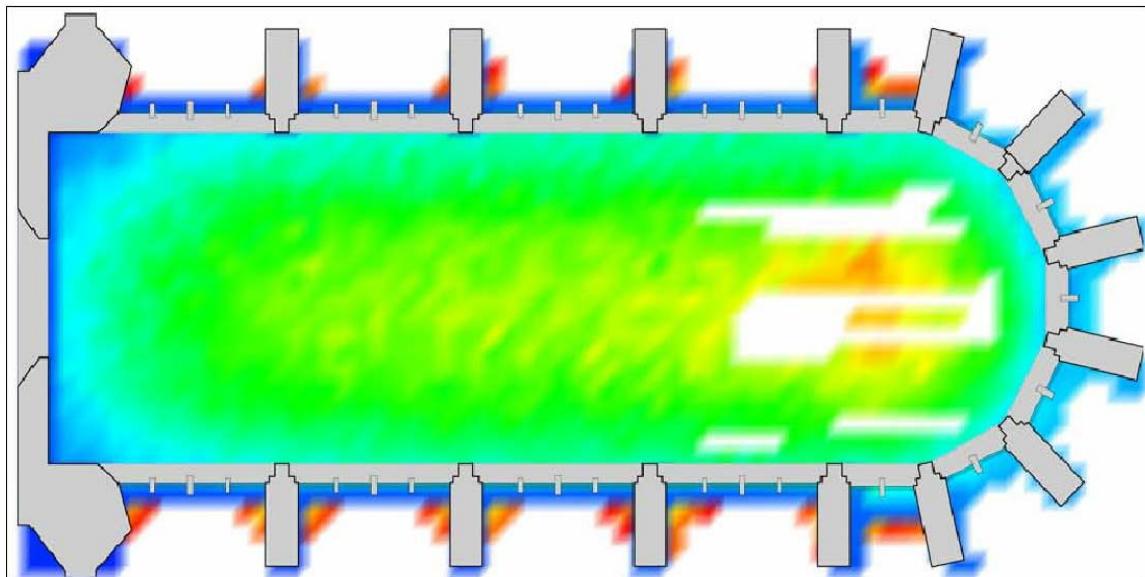
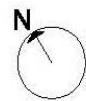
21 DE MARZO 16:00 HORAS



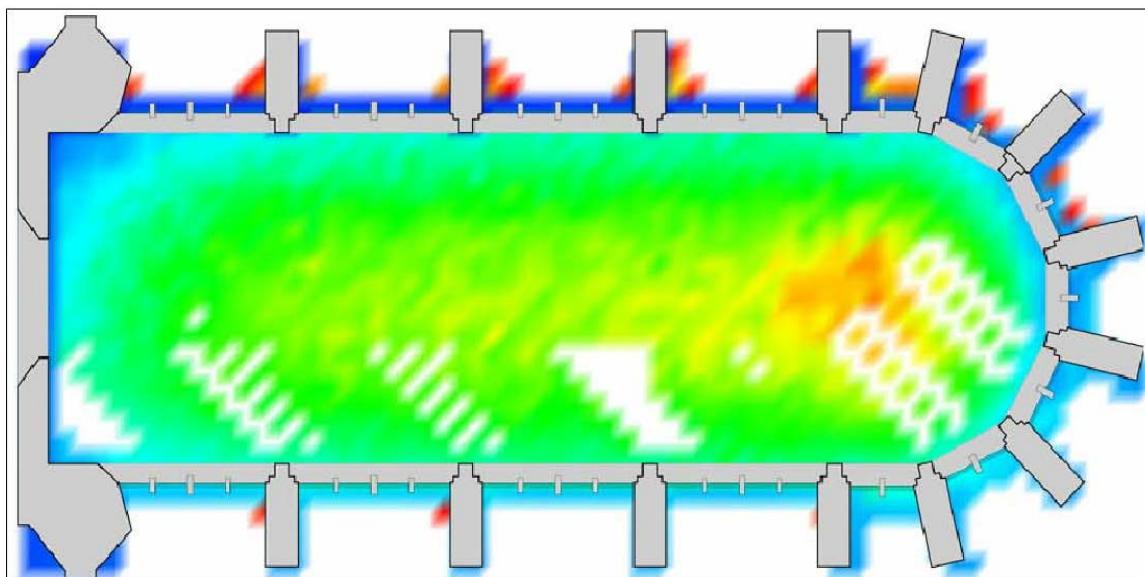
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

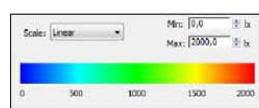


PLANTA 10:00



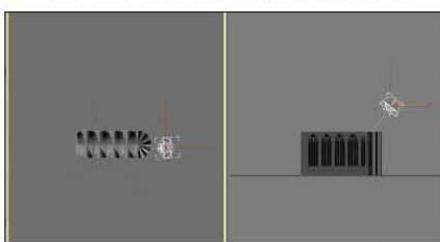
PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS

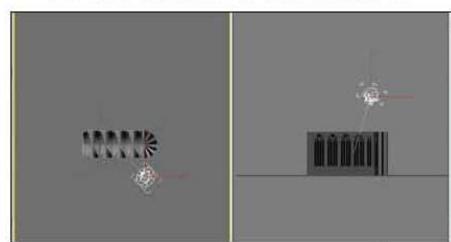


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE JUNIO 12:00 HORAS



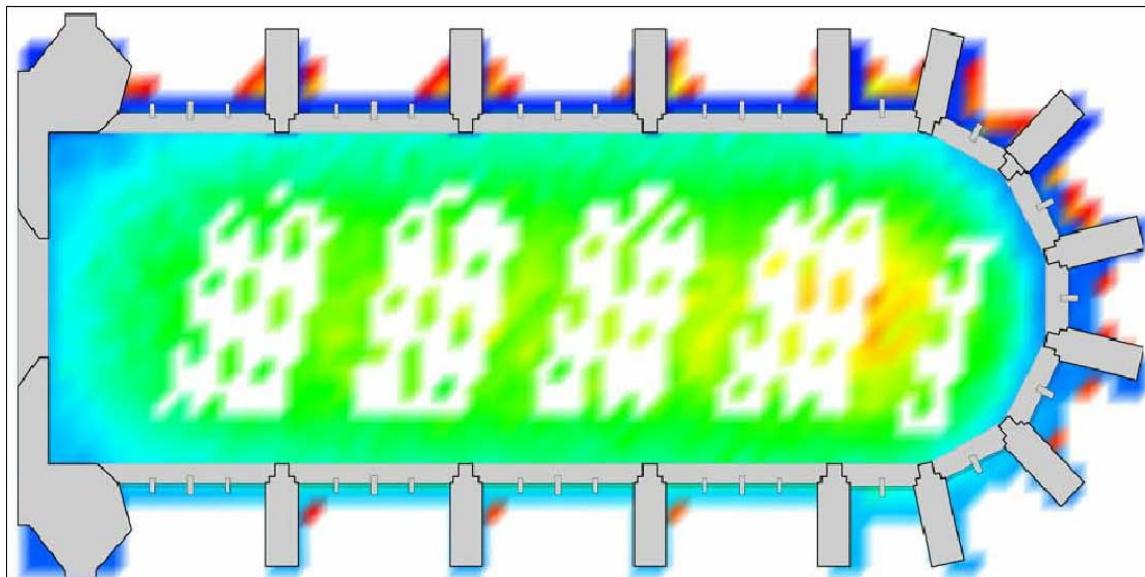
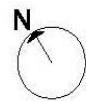
SITUACIÓN SOLAR



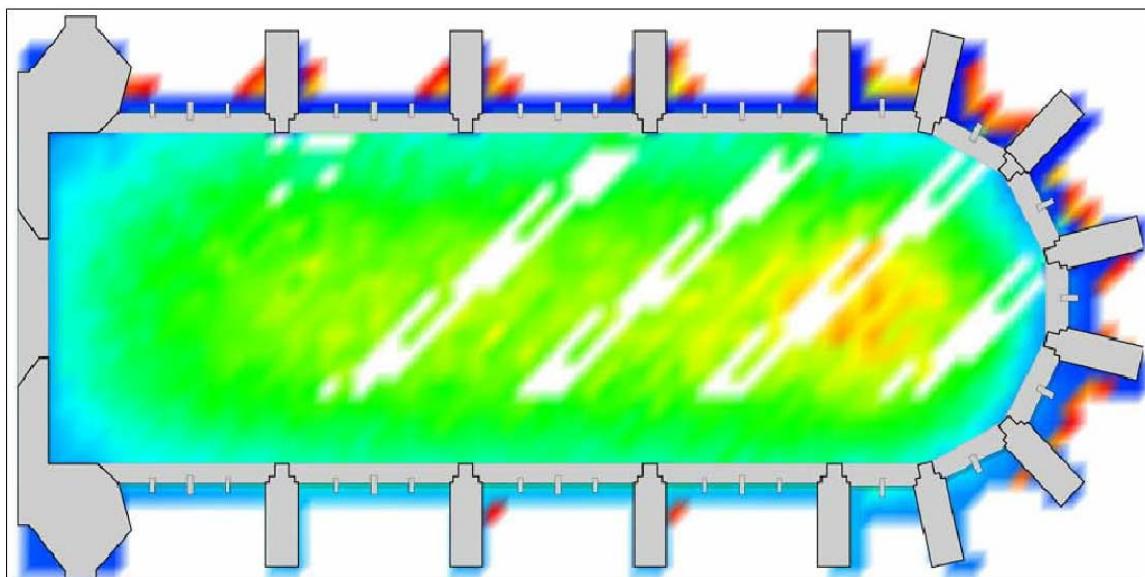
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

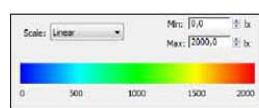


PLANTA 14:00

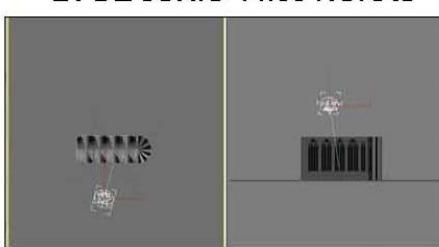


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

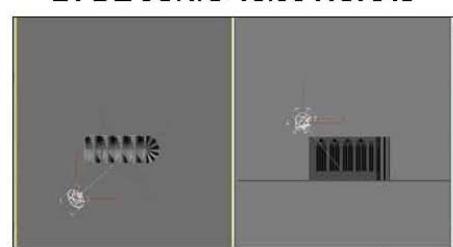


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

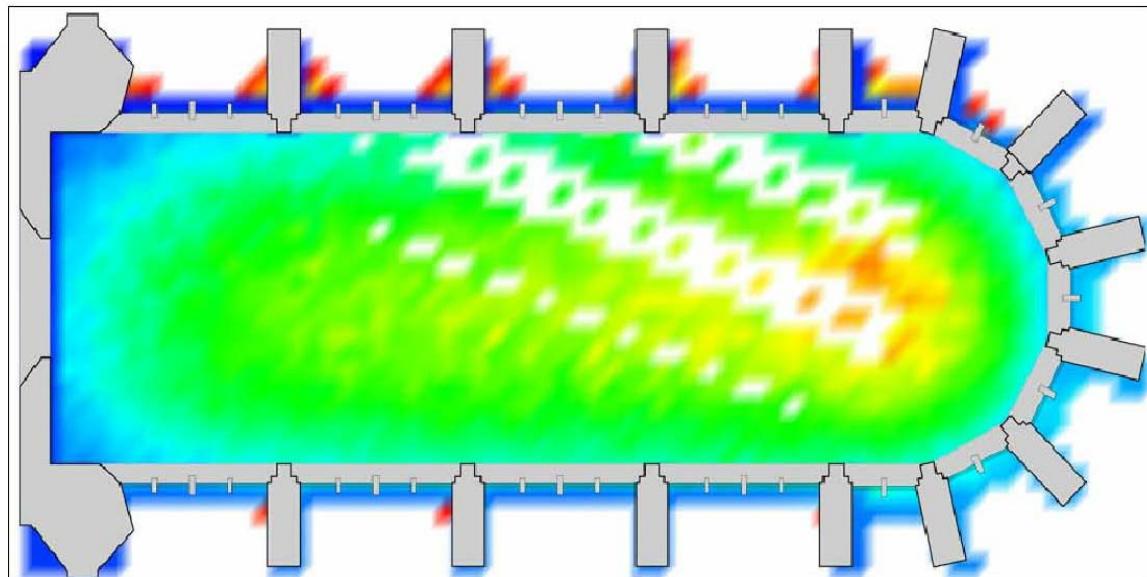
21 DE JUNIO 16:00 HORAS



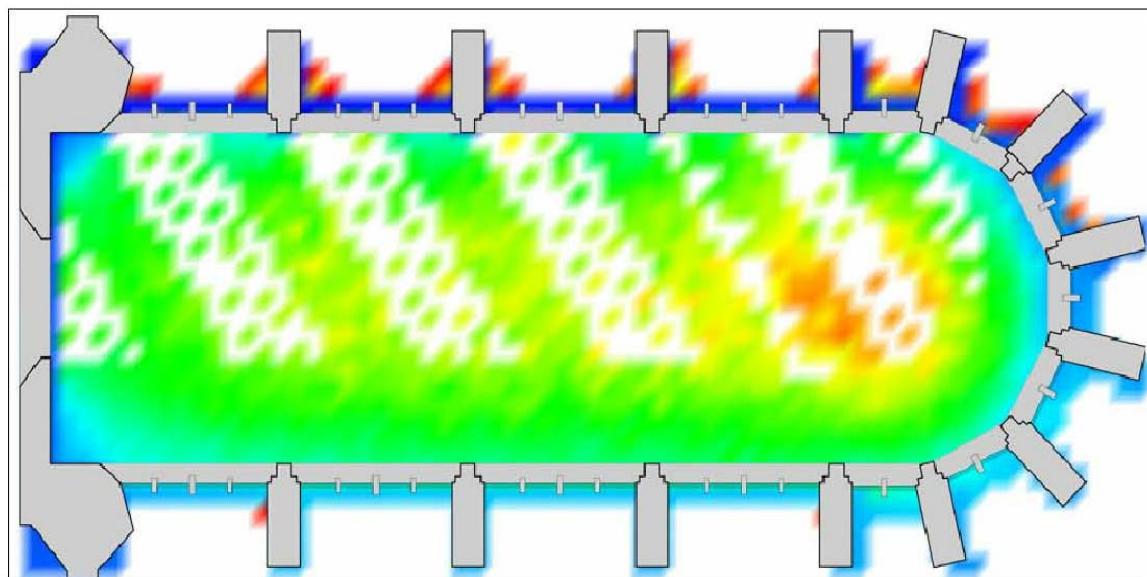
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

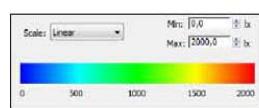


PLANTA 10:00



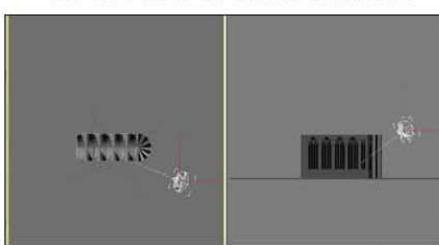
PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

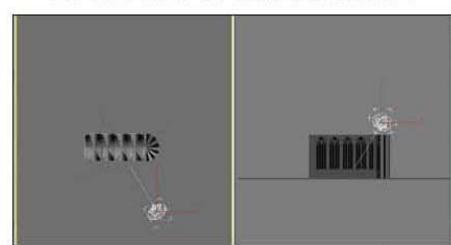


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE SEPT. 12:00 HORAS



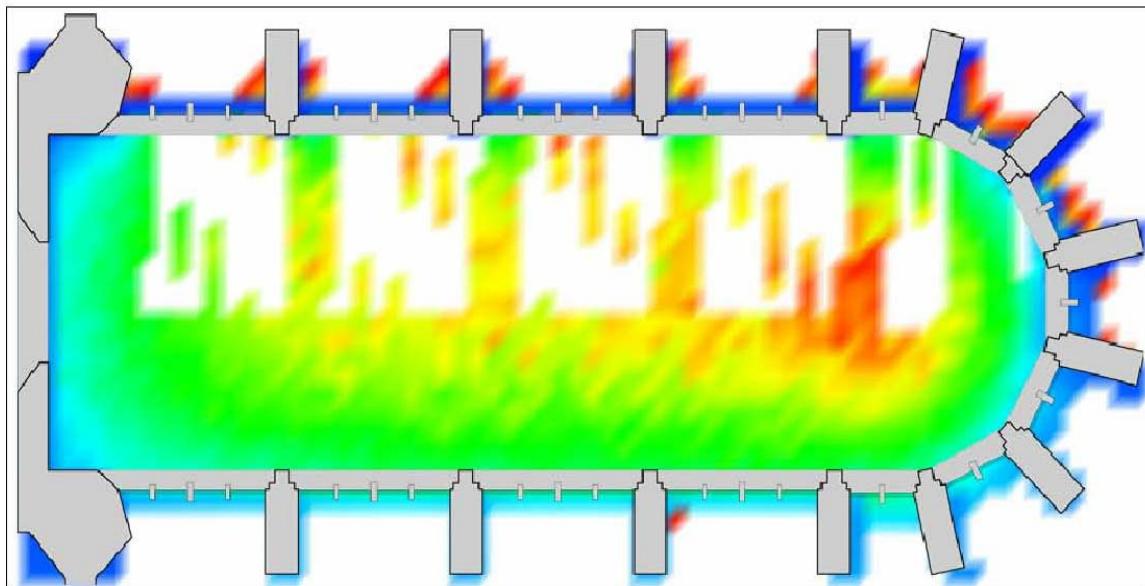
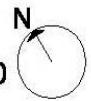
SITUACIÓN SOLAR



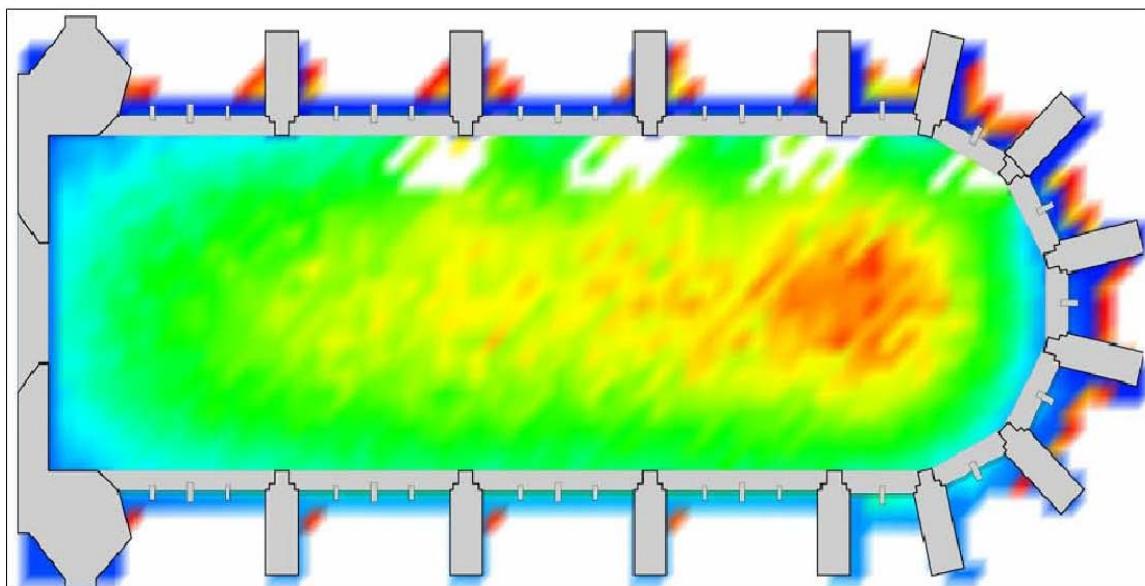
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

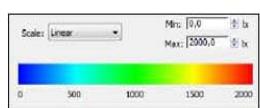


PLANTA 14:00



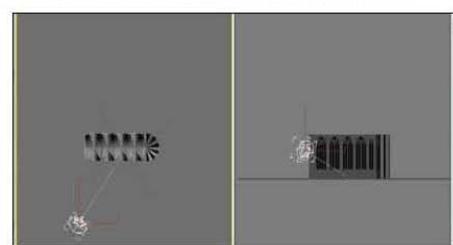
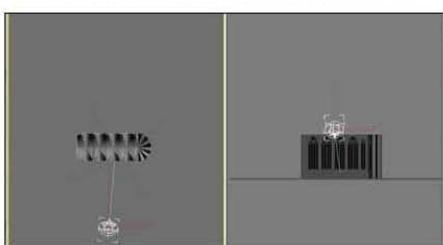
PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

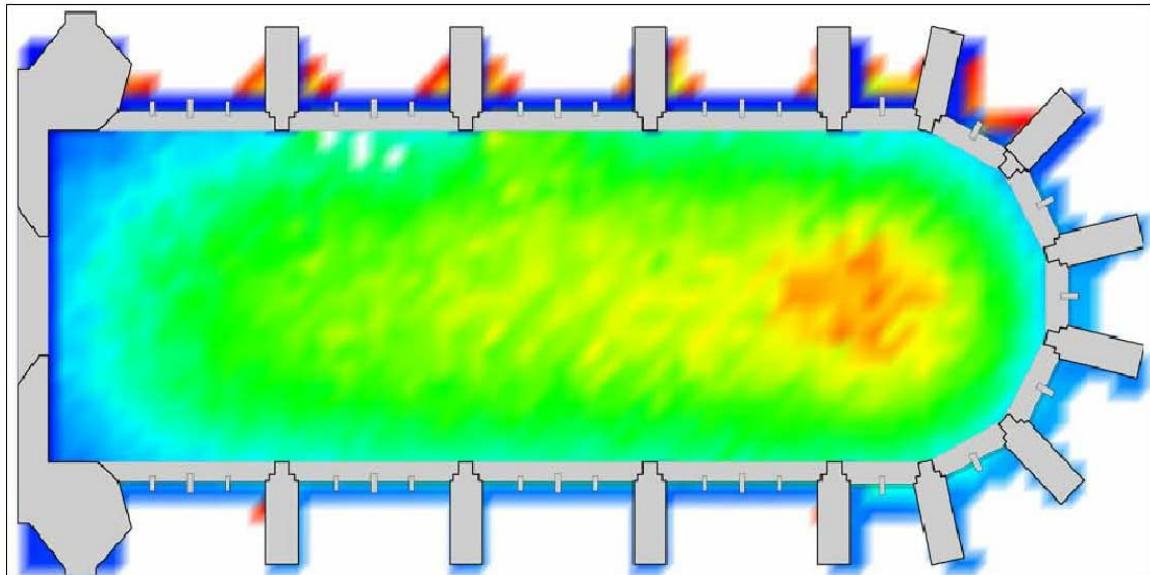


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

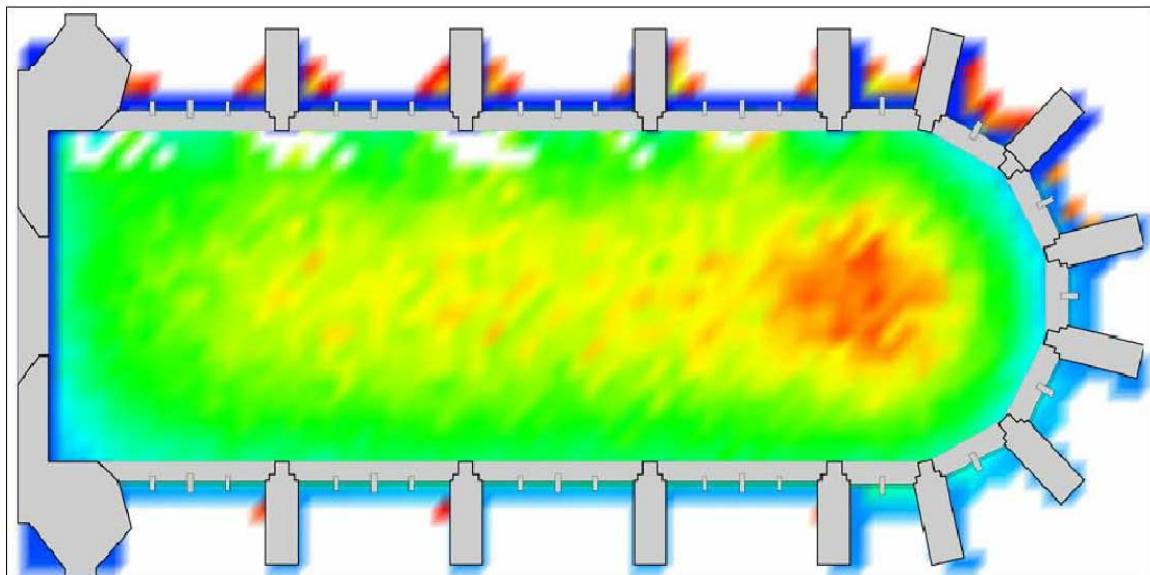
21 DE SEPT. 16:00 HORAS



SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

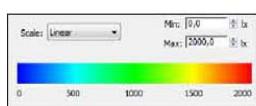


PLANTA 10:00



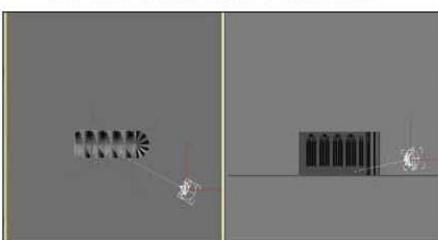
PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS

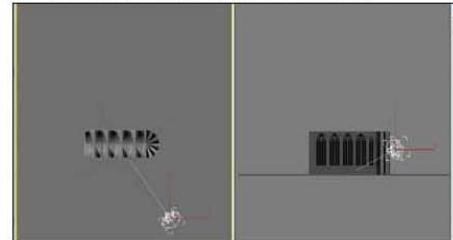


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

21 DE DIC. 12:00 HORAS

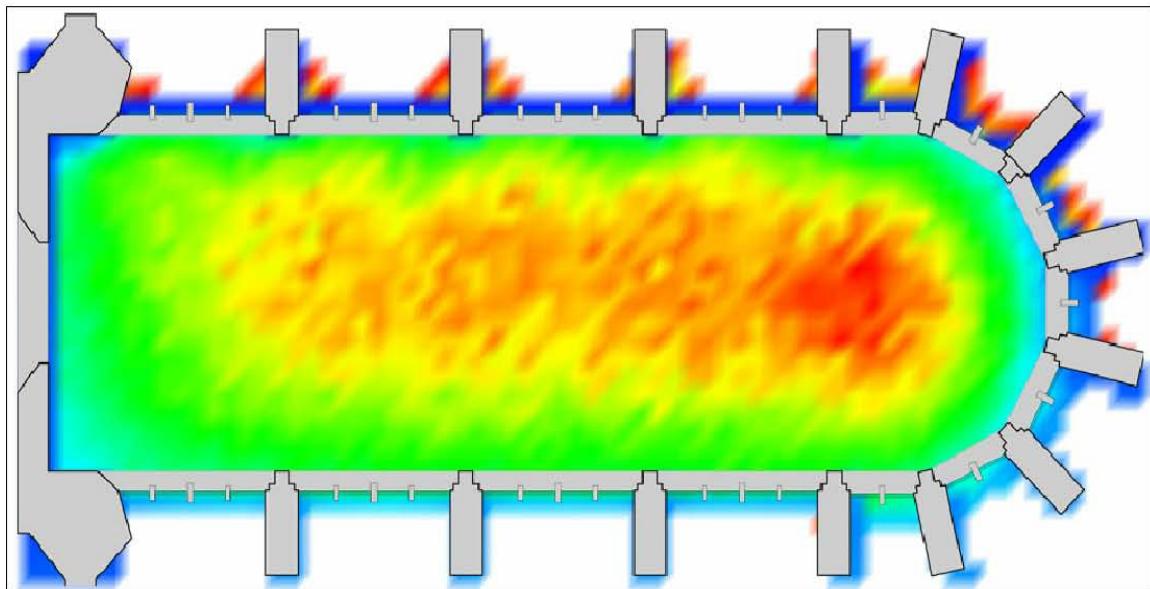


SITUACIÓN SOLAR

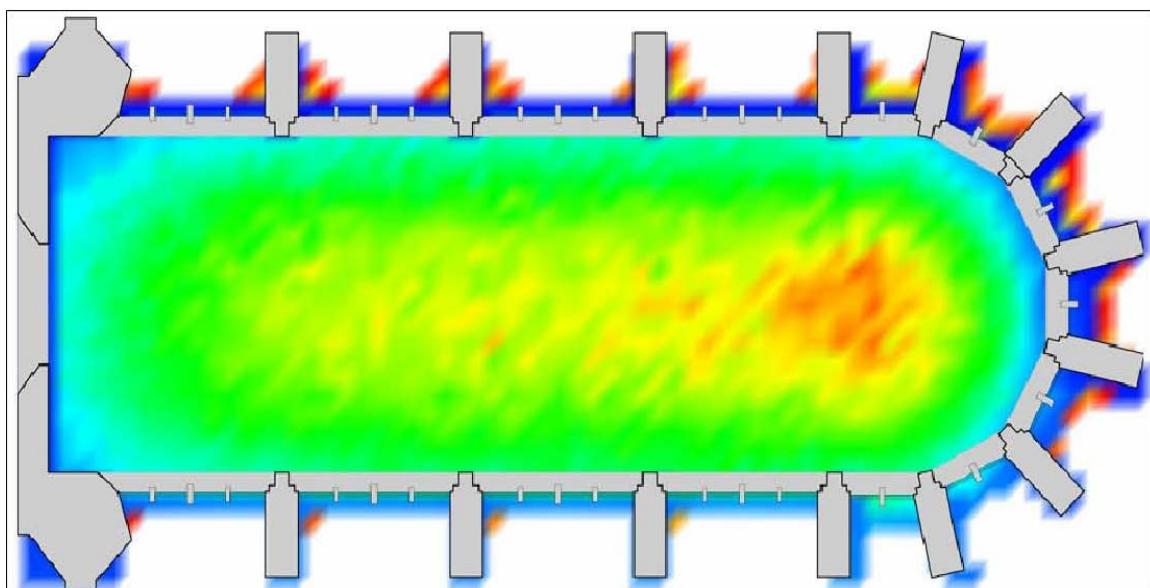


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

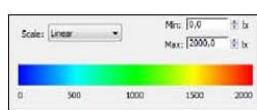


PLANTA 14:00

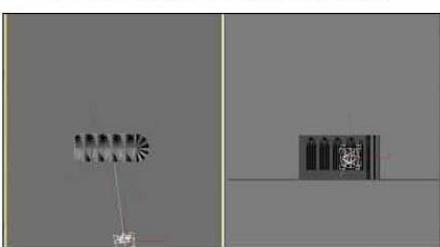


PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS

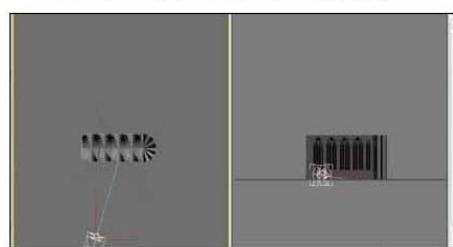


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

#### 6.6.6 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN GENERAL DE LA CATEDRAL. ILUMINACIÓN INDIRECTA.

En este apartado estudiaremos los valores numéricos obtenidos en los distintos puntos de la catedral con su factor de escalado y las gráficas que se han extractado a partir de estos para, de ese modo, poder analizar de manera pormenorizada la iluminación en cada nave de la catedral y la comparación entre estas.

##### 6.6.6.1 NAVE CENTRAL.

Nave de iluminación extremadamente constante en primavera en lo referente a la iluminación general por punto a lo largo del día. Amanece con iluminaciones muy elevadas y en claro ascenso de los pies de la iglesia hacia el ábside, de manera constante y progresiva según que nos acercamos al extremo de la misma, orientada a sureste puro.

Lo sorprendente de esta capilla son los niveles medios de iluminación general. Tal y como veremos en el apartado de comparativa entre las distintas catedrales, la iluminación en el espacio central de la iglesia (Iglesia de nave única), es extraordinariamente elevado para tratarse de un espacio gótico. En el punto 1 de la iglesia (los pies de la misma) la iluminación oscila entre los 160 luxes de las 10:00 de la mañana y los 190 de las 14:00 mientras que en el punto 5, ábside de la iglesia y punto más iluminado de la misma, los valores oscilan entre los 239 luxes de las 10:00 y los 260 de las 14:00.

En verano la gráfica de la nave sufre un interesante efecto, que es el del solape absoluto de los valores a lo largo de las distintas horas del día. Desde las 10:00 de la mañana hasta las 16:00, los valores de iluminación en cada punto son prácticamente idénticos.

En septiembre se repite la distribución de valores de marzo, obteniendo de nuevo los valores más intensos en las horas de la tarde, las 14:00 y las 16:00.

Si atendemos a las diferencias absolutas entre los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre, podemos observar cómo, sorprendentemente, el mes de diciembre, la gráfica de iluminación no sufre descensos excesivos, más aun a las 14:00, momento de máximo esplendor de la iglesia, los valores de diciembre son más altos todavía que los del resto de los meses del año.

**21 de marzo:** La gráfica de primavera (fig. 6.313) a las 10:00 horas nos muestra como la iluminación nace de los pies con los valores más pequeños, posteriormente sufre un desarrollo constante en los puntos 2, 3 y 4 donde la gráfica tiene un desarrollo plano, para por último, sufrir un ascenso en el punto 5, ábside de la iglesia y punto de mayor iluminación de la misma.

Este esquema de gráfica se repite de manera paralela para las otras 4 horas del día mostrando homogeneidad en la distribución de las líneas de tendencia aunque con diferencia de valores relativos, que oscilan desde los 204 de las 10:00 de la mañana a mitad de nave (punto 3), hasta los 230 del mismo punto para las 14:00 horas.

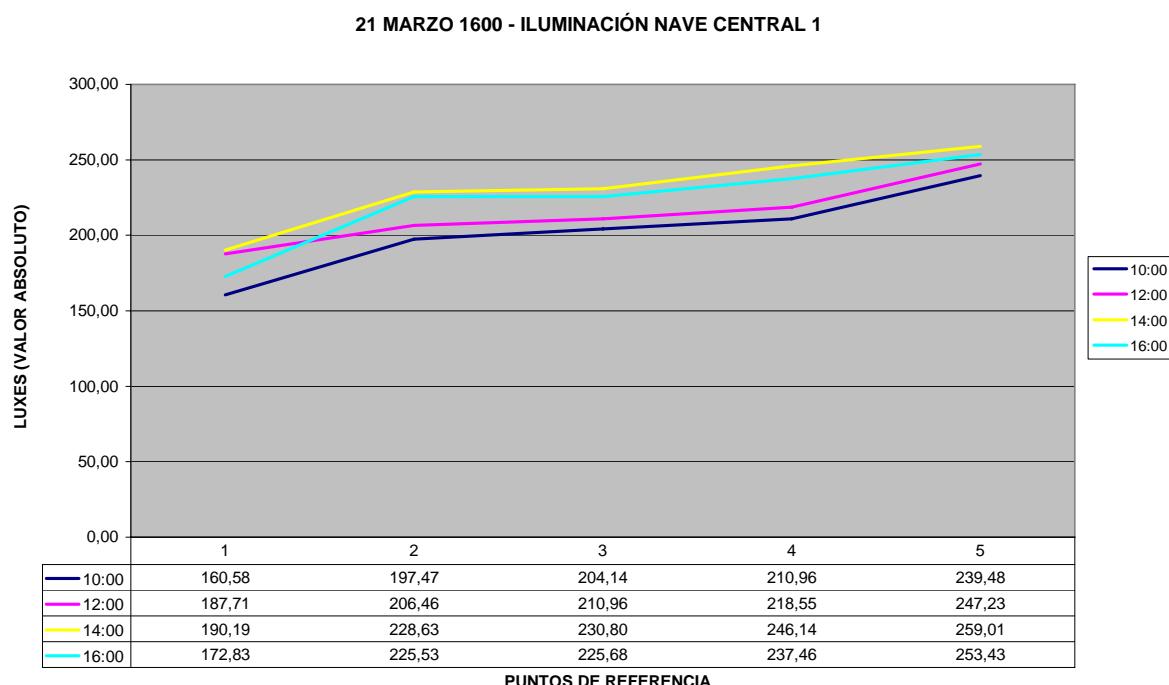


Fig. 6.313. Gráfica de la nave 1. 21 marzo 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de junio:** La gráfica de verano (Fig. 6.314), como decíamos antes, muestra unos valores de comportamiento similar a la de primavera pero con líneas de tendencia solapadas, es decir, que la iluminación mantiene parámetros similares a las 4 horas censadas.

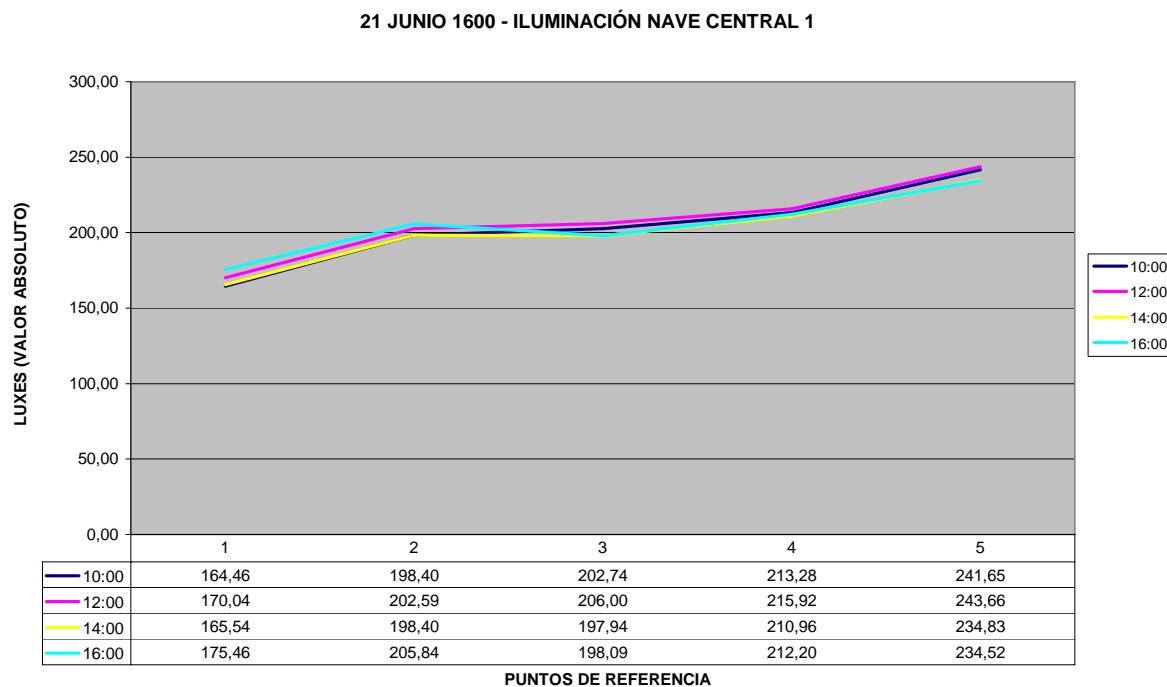


Fig. 6.314. Gráfica de la nave 1. 21 junio 1600. Autor: Juan M. Medina

La particularidad de este mes que lo diferencia del resto de las catedrales españolas es que la iluminación global de verano no es la más alta de todas sino todo lo contrario. En las horas centrales del día del mes de junio se dan los valores comparativos más bajos de las cuatro estaciones aplicado a los mismos puntos.

**21 de septiembre:** La gráfica de otoño (Fig. xxx) es prácticamente idéntica a la de primavera por lo que la descripción de valores se podría asemejar a esta en todos los extremos siendo de nuevo los valores más representativos los que se producen en los puntos 1 y 5, a los pies de la iglesia y en el extremo sureste de la misma (el ábside).

Las gráficas a las distintas horas vuelven a separarse como ocurría en primavera y vuelven a ser los momentos de mayor iluminación los de las 14:00 horas y las 16:00 horas,

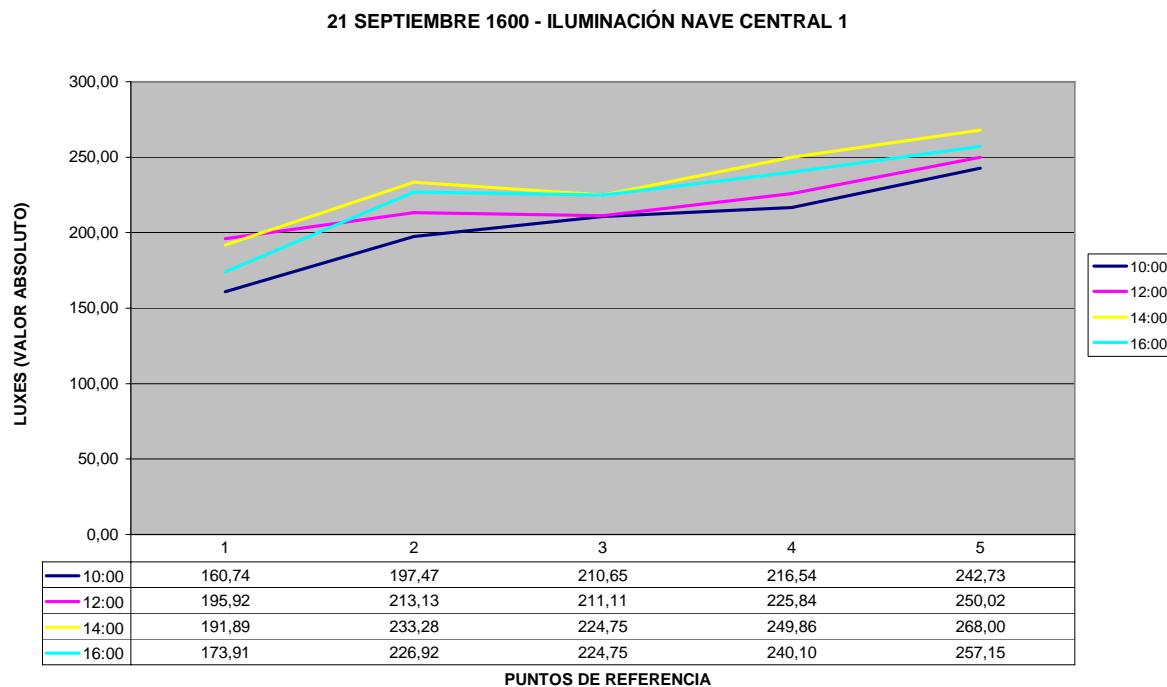


Fig. 6.315. Gráfica de la nave 1. 21 septiembre 1600. Autor: Juan M. Medina

**21 de diciembre:** La gráfica de invierno (Fig. 6.316) se comporta de manera similar al resto en lo que se refiere a la intensidad de iluminación entre los distintos puntos de la nave.

Lo más significativo del invierno en esta iglesia es que, tal como comentábamos con anterioridad, los valores de las horas centrales del día (a las 12:00 y a las 14:00) son los más intensos de todas las gráficas en la iglesia, alcanzando los 272 luxes en el punto 5. Sin embargo la iluminación a las 10:00 horas tiene valores casi idénticos a los de las demás épocas del año, siendo esta hora la más constante de todas a lo largo de las distintas estaciones.

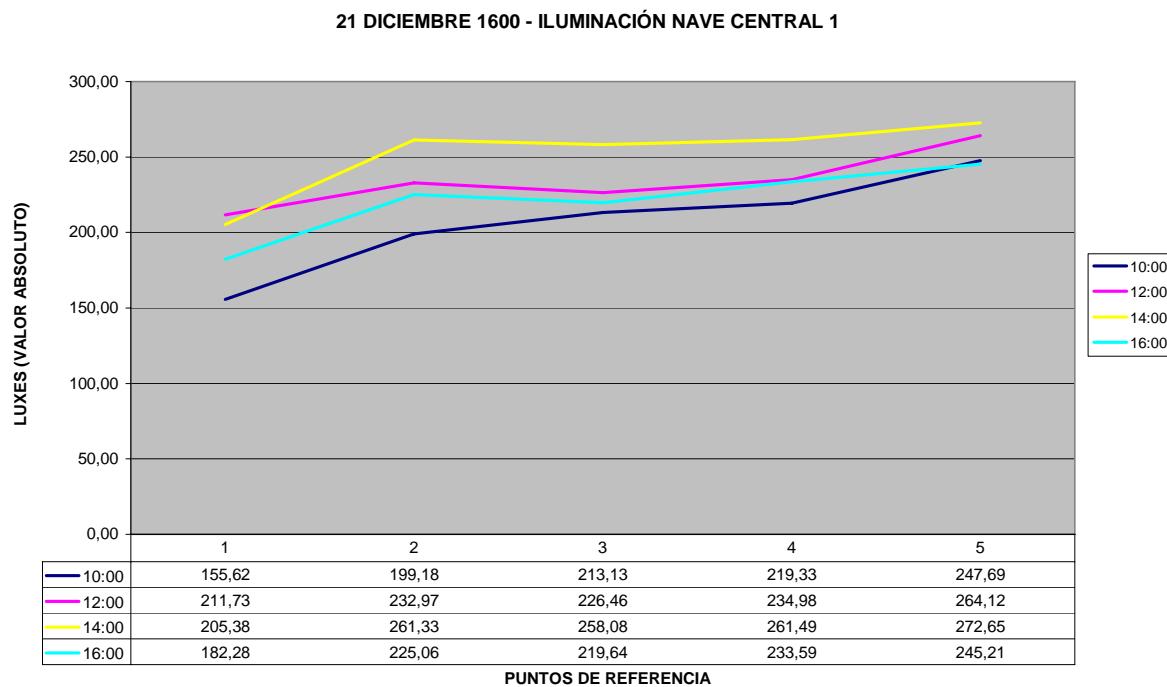


Fig. 6.316. Gráfica de la nave 1. 21 diciembre 1600. Autor: Juan M. Medina

#### 6.6.6.2. ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS.

En el caso de esta iglesia de una única nave y para determinar en términos globales el régimen de iluminación general a las distintas horas del día, estableceremos una comparativa entre los valores medios de iluminación, es decir, el resultado de sumar la iluminación total que recibe la nave en ese momento dado y dividiéndola por el número de puntos que tiene la nave, y las distintas horas del día. Esto lo realizaremos para las cuatro estaciones del año.

**21 de marzo:**

La gráfica de primavera (Fig. 6.317) nos muestra como el momento de máximo esplendor de la nave, y por tanto de la catedral, son las 14:00 horas, con valores medios de iluminación de 230 luxes. El momento de menor iluminación serán las 10:00 de la mañana con valores que no superan los 202 luxes, que aún así son valores más que notables para tratarse de una nave gótica.

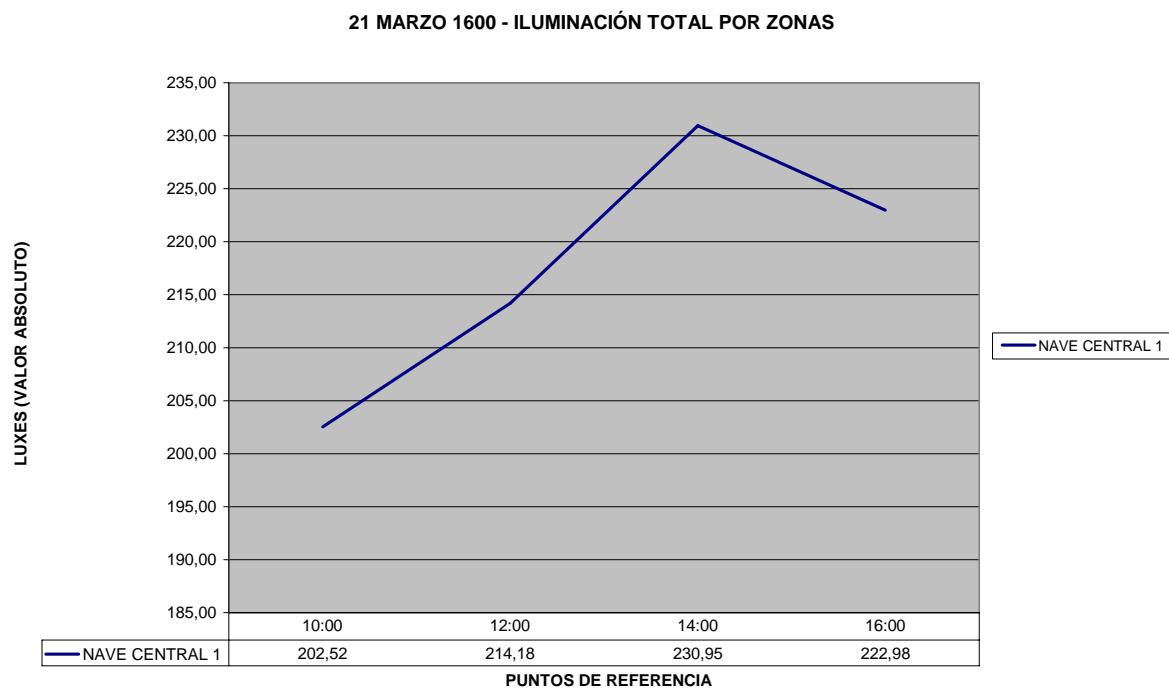


Fig. 6.317. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de marzo. Autor: Juan M. Medina

### 21 de junio:

La gráfica de verano (Fig. 6.318), tal como describíamos anteriormente, no es como en otros casos la gráfica que tenga los valores más altos de iluminación ya que sus valores medios no superan los 207 luxes. Lo que si podemos asegurar es que la iluminación global media a lo largo del día es extremadamente constante desde la mañana hasta la tarde, con valores de iluminación que van desde los 204 luxes de las 10:00 de la mañana hasta los 205 de la tarde, pasando por un pico de 207 y un valle de 201.

21 JUNIO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS

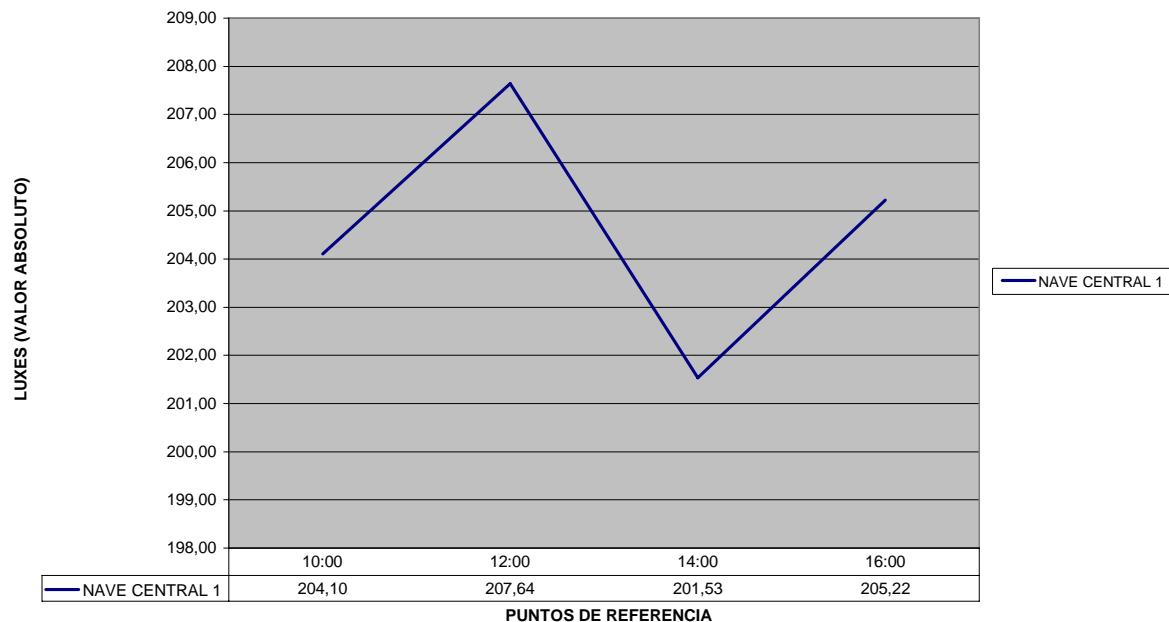


Fig. 6.318. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de junio. Autor: Juan M. Medina

Observamos por tanto que, la ausencia de naves laterales ha permitido una iluminación constante, elevada y homogénea en el mes de junio.

### 21 de septiembre:

En otoño (Fig. 6.319) se repite de manera casi exacta el patrón de iluminación del equinoccio de primavera.

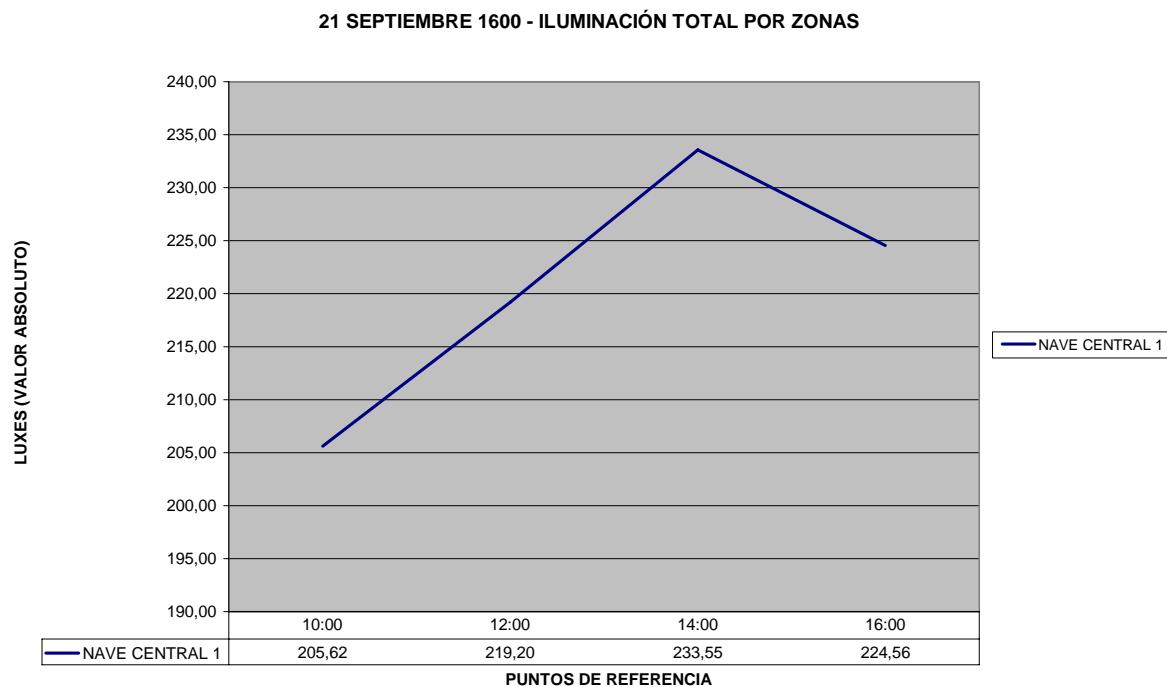


Fig. 6.319. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de septiembre. Autor: Juan M. Medina

Volvemos a tener algunas diferencias de iluminación global media entre los valores del inicio del día y los valores de la tarde, así la iglesia va ganando en intensidad lumínica a medida que avanza el día, partiendo de los 205 luxes de las 10:00 de la mañana hasta llegar a los 224 de las 16:00. Entre medias encontramos el momento de mayor iluminación a las 14:00 horas con 233 luxes medios en la nave estudiada.

#### **21 de diciembre:**

En invierno (Fig. 6.320) observamos como la nave no pierde en absoluto la intensidad lumínica sino todo lo contrario, mientras que los valores de la mañana siguen en el entorno de los 200 luxes, igual que el resto de gráficas del año, a las 14:00 llegamos a obtener valores de 251 luxes medios, más que en cualquier otro momento estudiado.

La gráfica presentada oscila entre valores de 200 y 250 luxes y marca de nuevo cómo los valores de la tarde en esta catedral son beneficiados por la orientación de la misma.

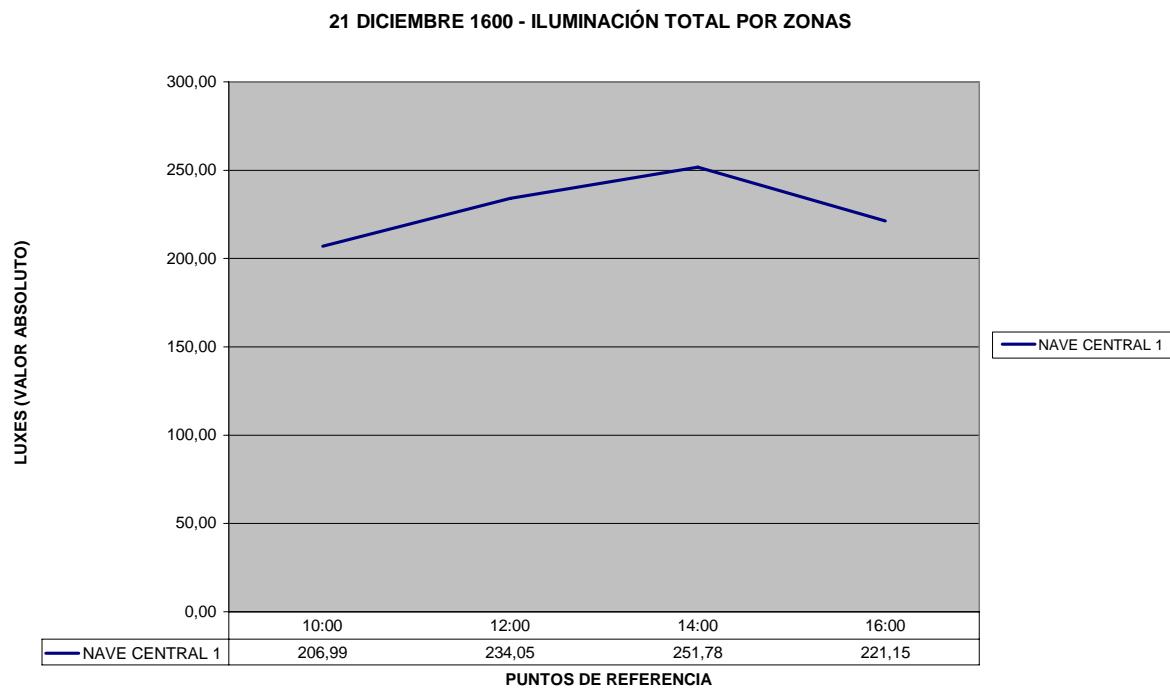


Fig. 6.320. Gráfica comparativa de la iluminación total por zonas. 21 de diciembre. Autor: Juan M. Medina.

#### 6.6.7 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA. RECORRIDO DE VIDRIERAS.

El presente capítulo pretende dar respuesta a la pregunta de la profesora Cassinello sobre cual sería el “**recorrido de vidrieras**” que se establece en una iglesia gótica.

La iluminación directa en el interior de la capilla muestra cómo las vidrieras impactan con toda su fuerza simbólica sobre el espectador, como colorean no sólo el ambiente general del espacio sino de manera puntual los distintos elementos del templo sobre los que se proyectan, dibujando en definitiva, el “mensaje” simbólico pretendido sobre el suelo de la capilla.

Cada espacio tiene su momento de esplendor en términos de iluminación indirecta pero sin duda tienen también momentos de esplendor diferenciados en función del impacto de la “lux vera” sobre los fieles, y estas gráficas muestran en **blanco sobre azul** cuales son cada uno de esos momentos y a lo largo de la nave de la capilla. (Fig. 6.321)

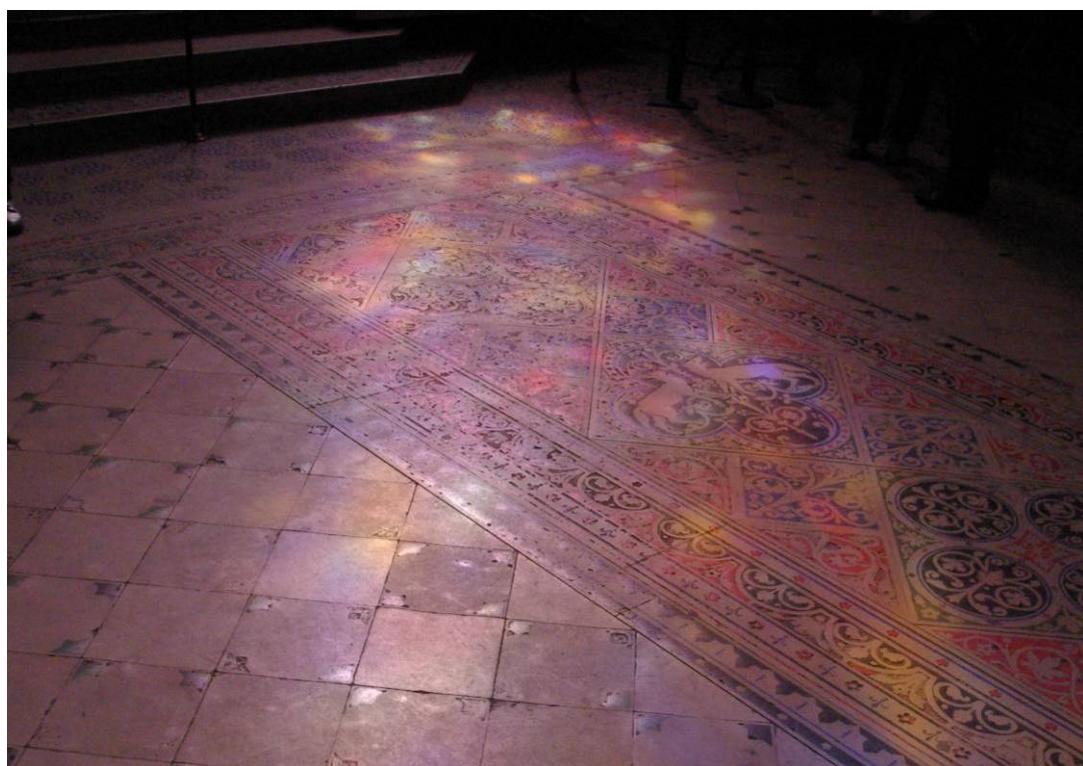
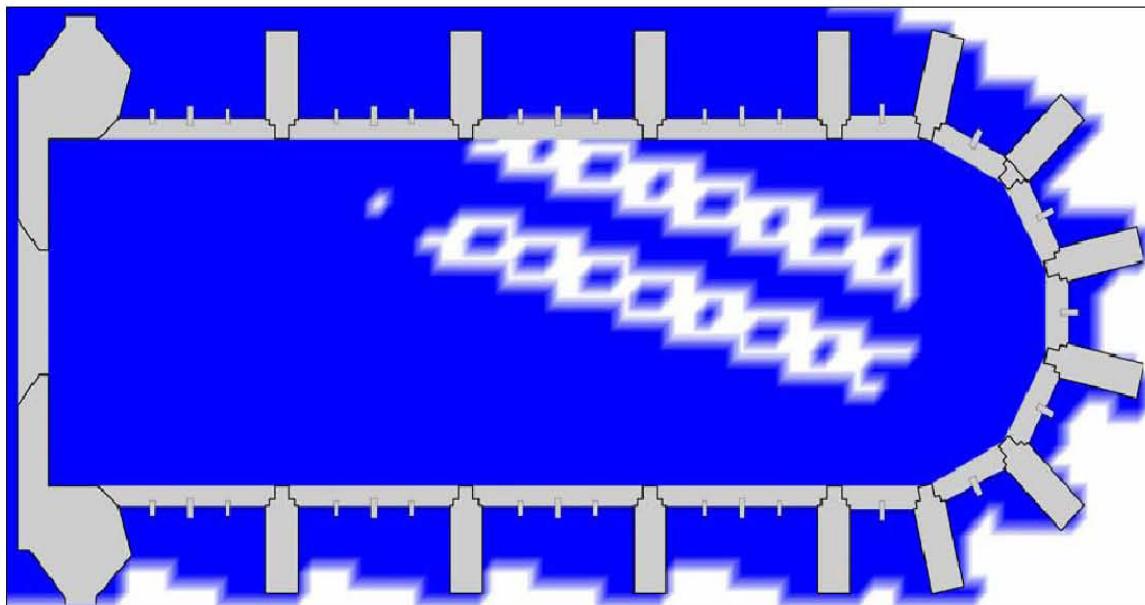
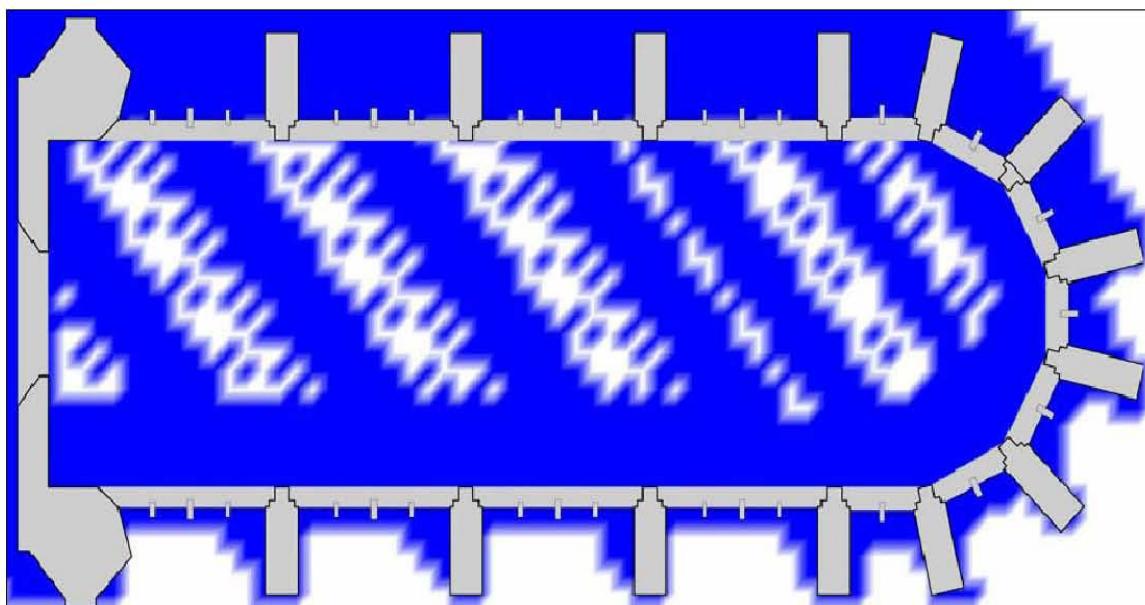


Fig. 6.321. Efecto luminoso sobre el suelo de la Sainte Chapelle. Fotografía de Juan M. Medina. París, 21 de marzo 2012, 10.00 horas.

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

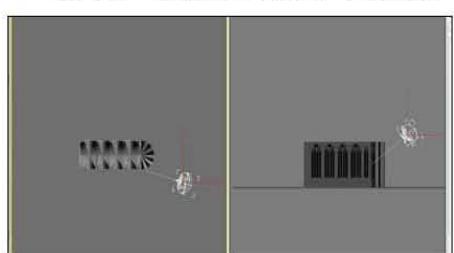
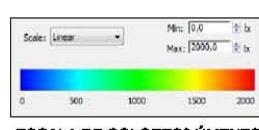


PLANTA 10:00



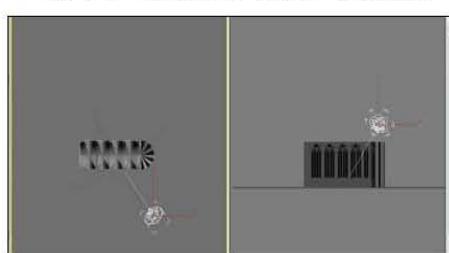
PLANTA 12:00

21 DE MARZO 10:00 HORAS



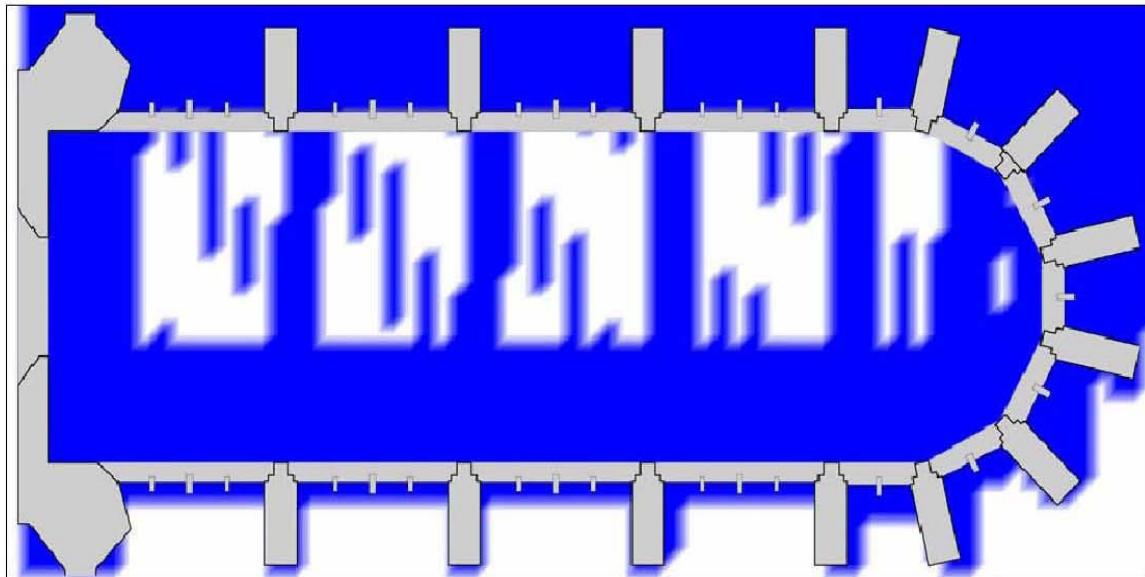
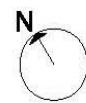
SITUACIÓN SOLAR

21 DE MARZO 12:00 HORAS

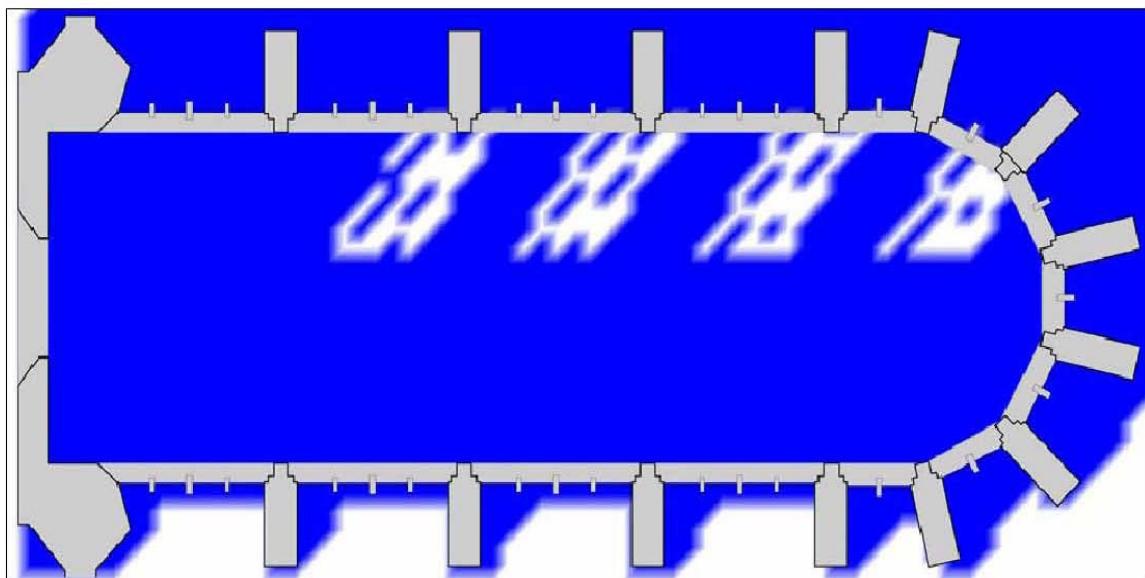


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 MARZO DE 1600

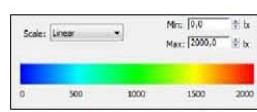


PLANTA 14:00

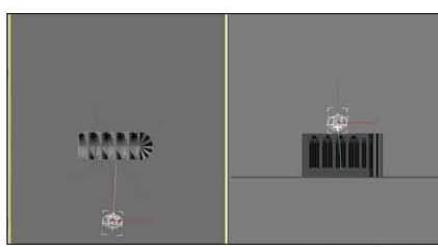


PLANTA 16:00

21 DE MARZO 14:00 HORAS

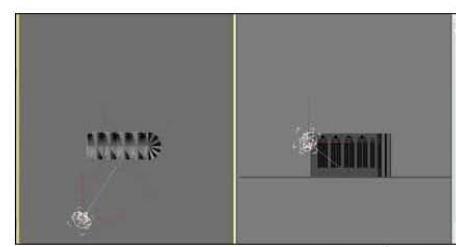


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



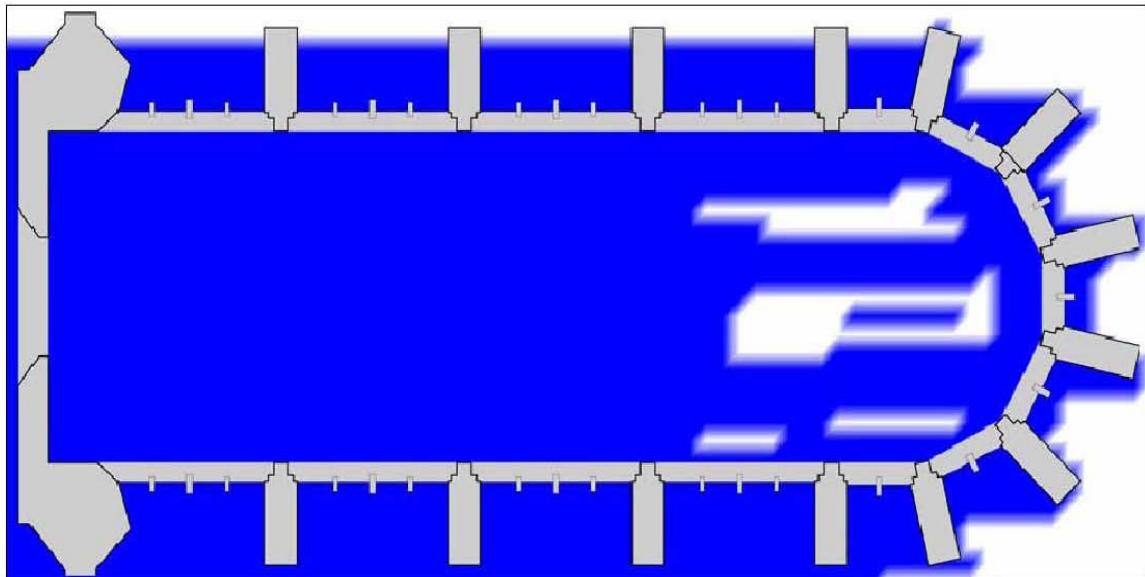
SITUACIÓN SOLAR

21 DE MARZO 16:00 HORAS

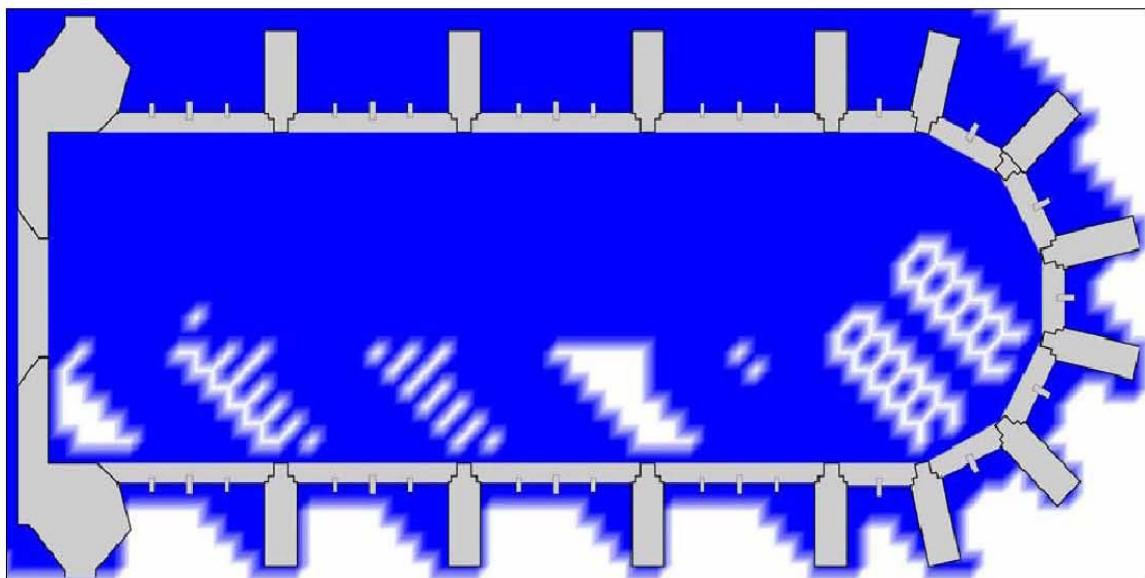


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600

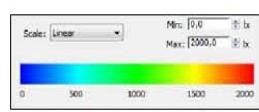


PLANTA 10:00



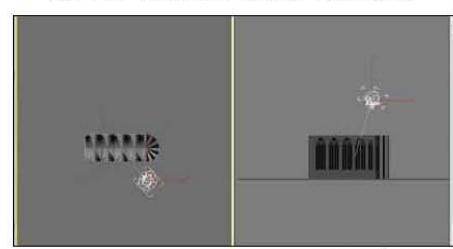
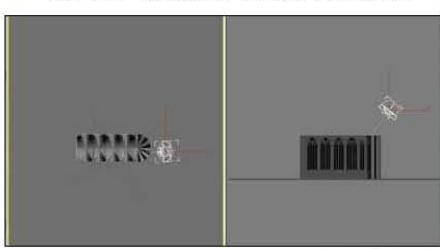
PLANTA 12:00

21 DE JUNIO 10:00 HORAS

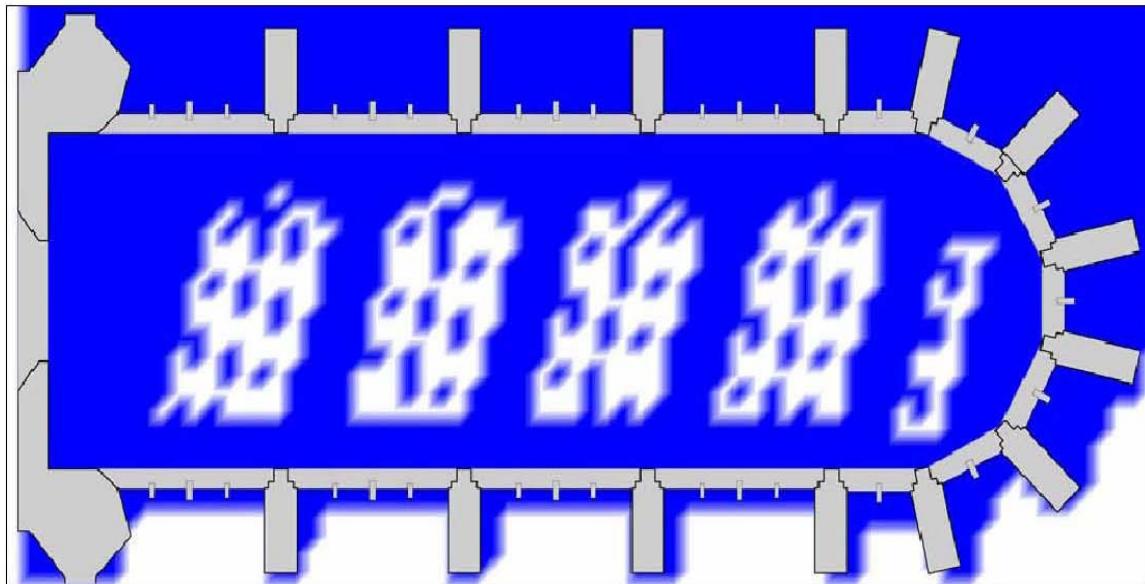
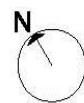


ESCALA DE COLORES/LÚMENES

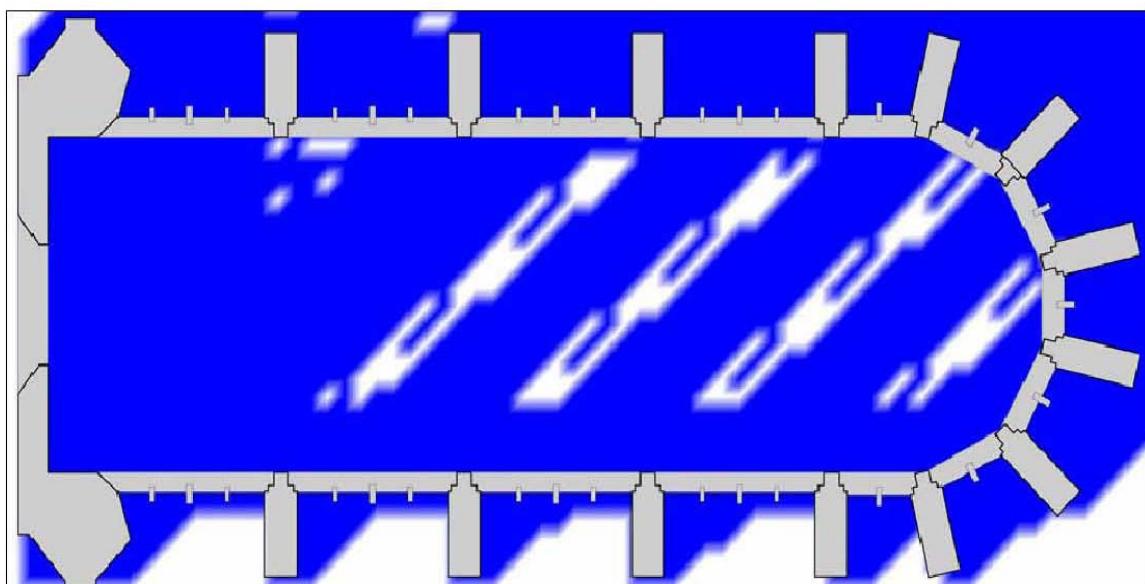
21 DE JUNIO 12:00 HORAS



SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 JUNIO DE 1600



PLANTA 14:00

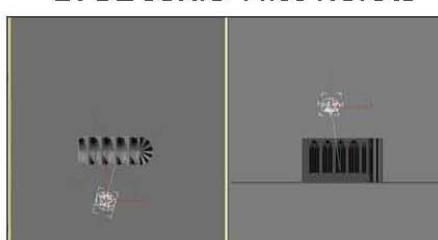


PLANTA 16:00

21 DE JUNIO 14:00 HORAS

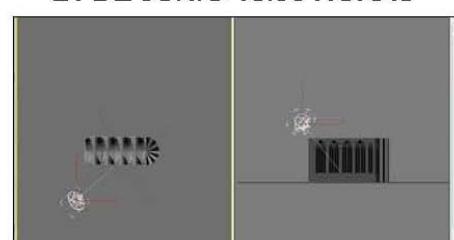


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

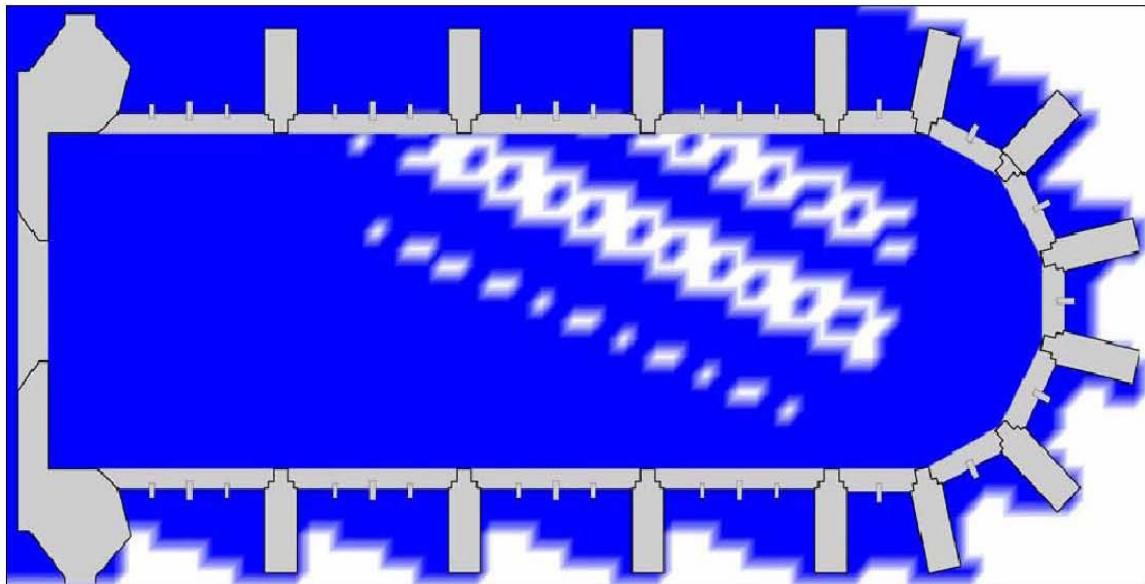
21 DE JUNIO 16:00 HORAS



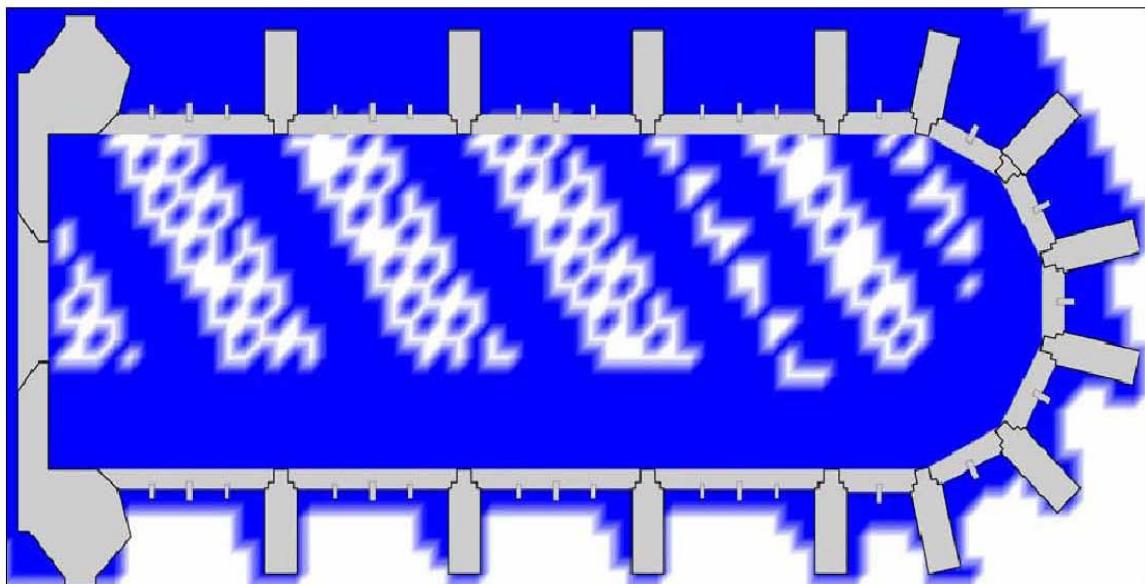
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

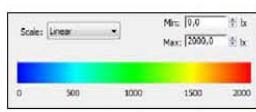


PLANTA 10:00

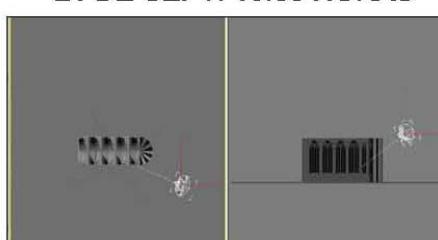


PLANTA 12:00

21 DE SEPT. 10:00 HORAS

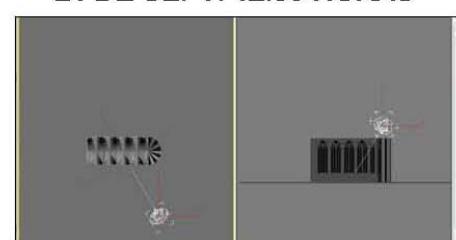


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



SITUACIÓN SOLAR

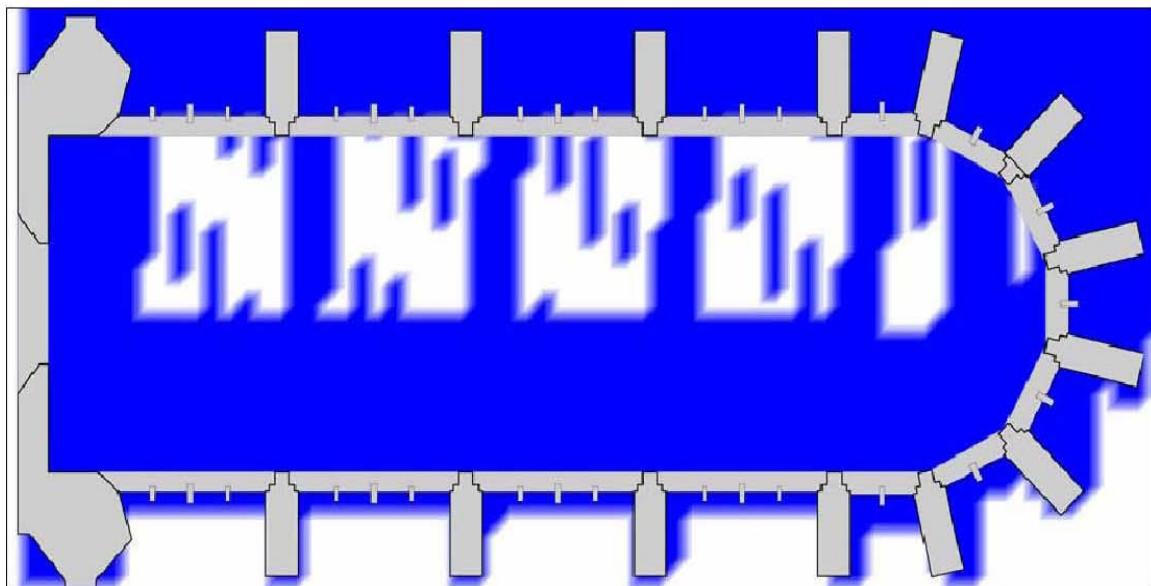
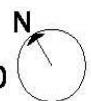
21 DE SEPT. 12:00 HORAS



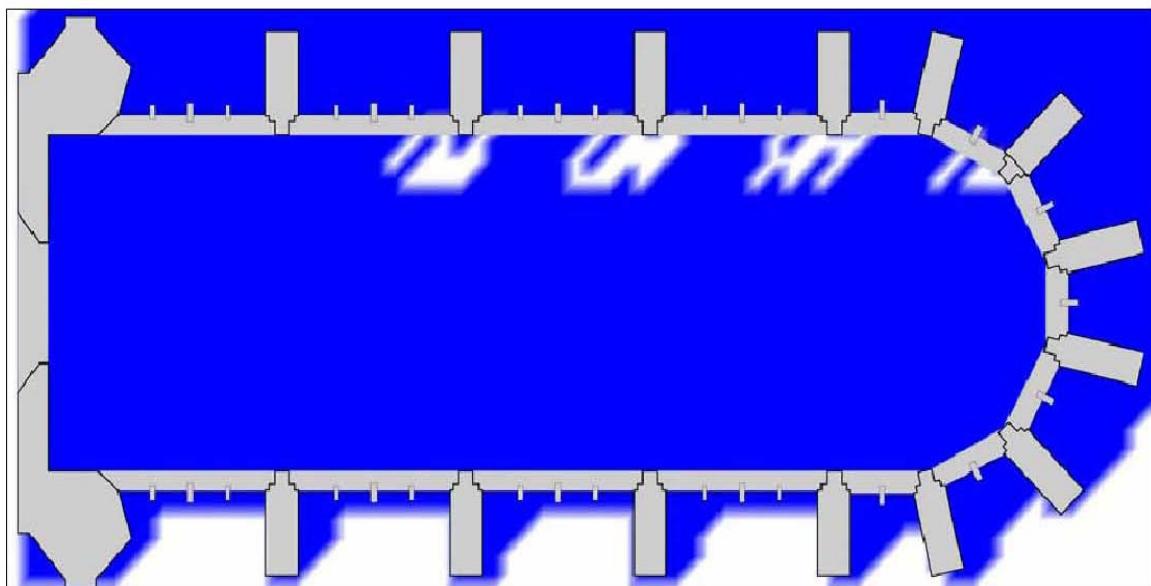
SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS

REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 SEPTIEMBRE DE 1600

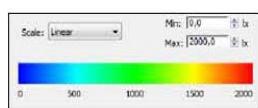


PLANTA 14:00

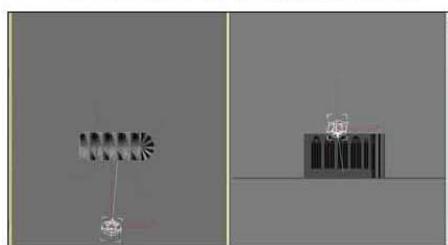


PLANTA 16:00

21 DE SEPT. 14:00 HORAS

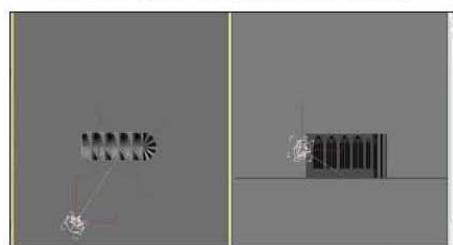


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



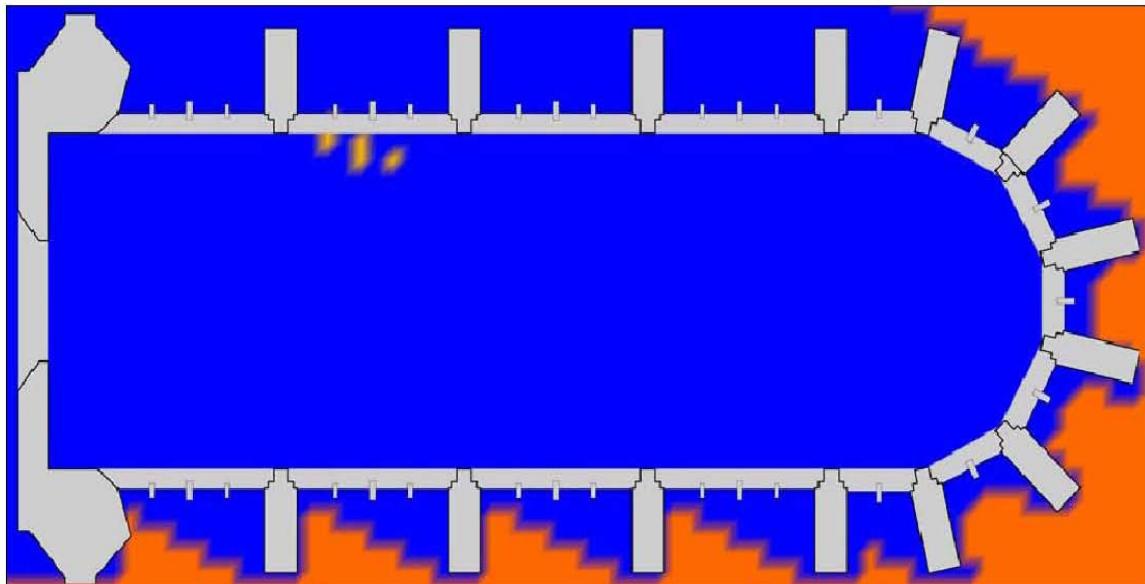
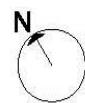
SITUACIÓN SOLAR

21 DE SEPT. 16:00 HORAS

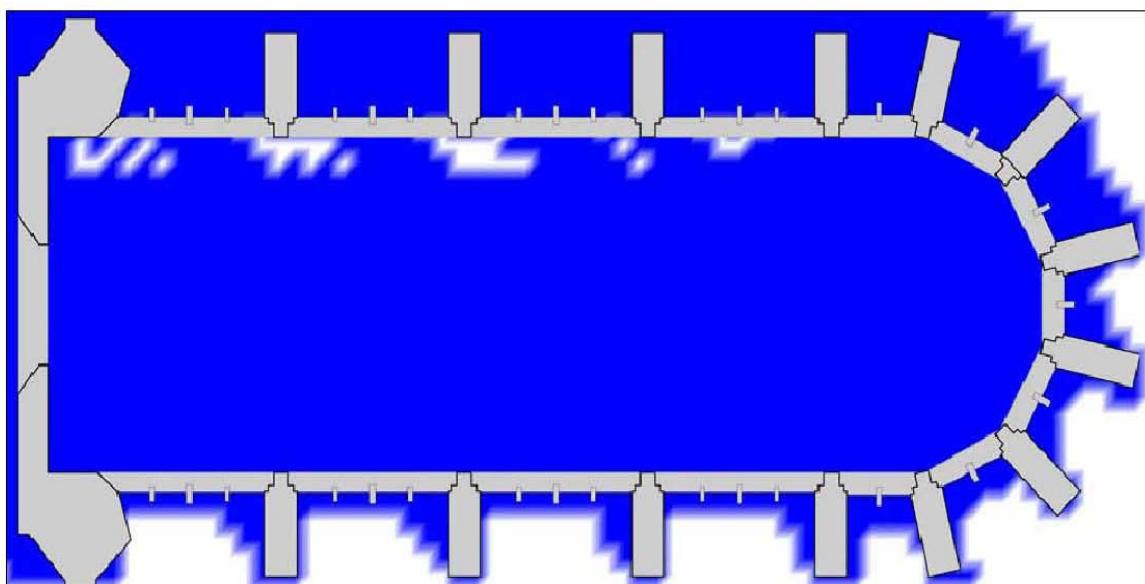


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

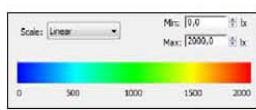


PLANTA 10:00

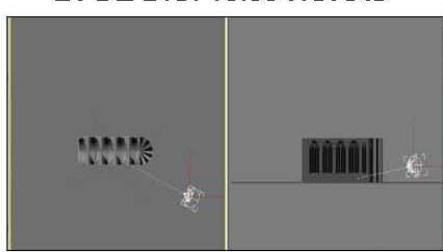


PLANTA 12:00

21 DE DIC. 10:00 HORAS

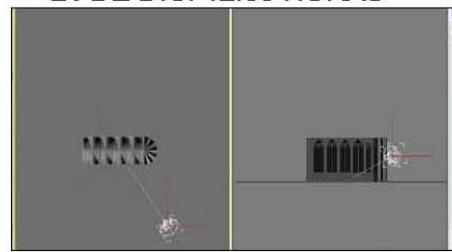


ESCALA DE COLORES/LÚMENES



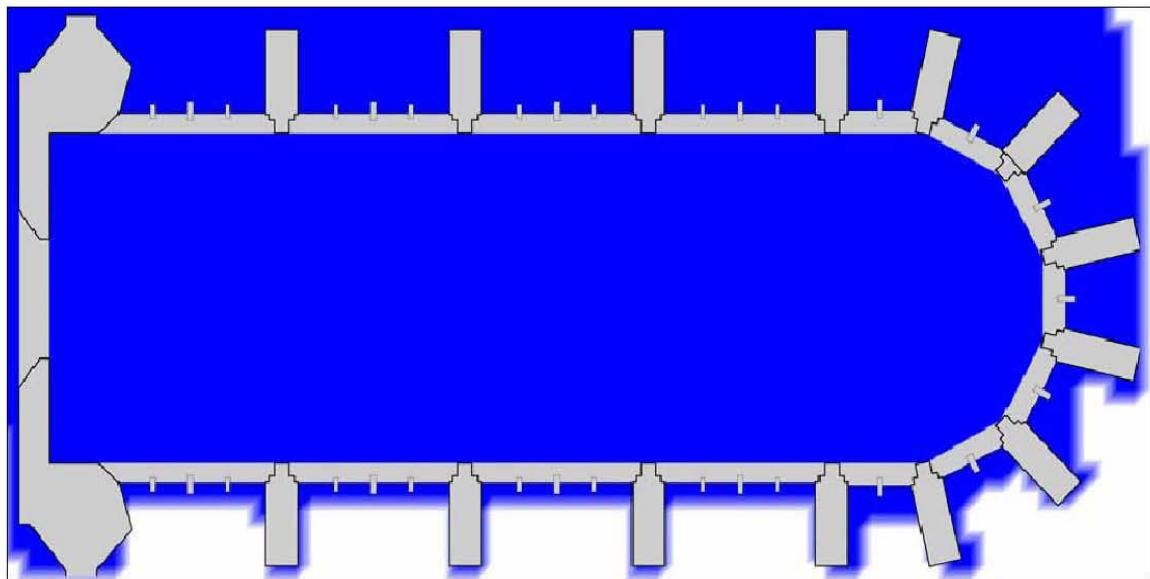
SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 12:00 HORAS

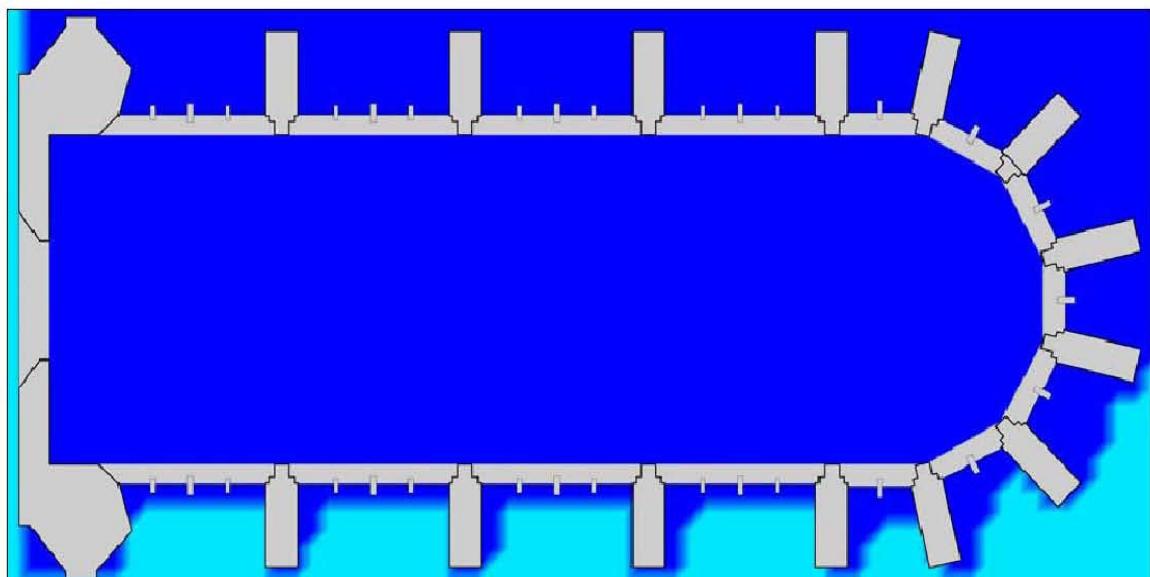


SITUACIÓN SOLAR

SAINTE CHAPELLE DE PARÍS  
REPRESENTACIÓN EN PLANTA DE LA LUMINOSIDAD EL 21 DICIEMBRE DE 1600

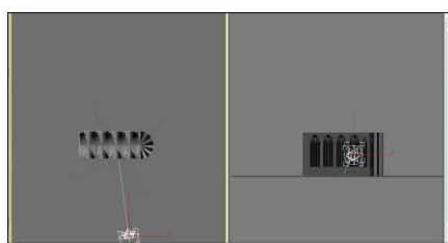
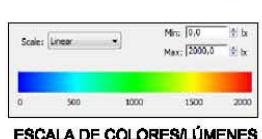


PLANTA 14:00



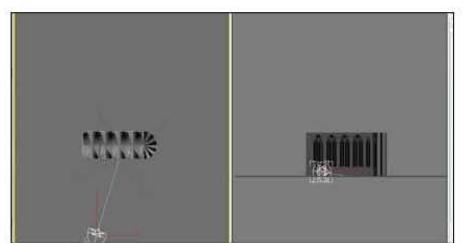
PLANTA 16:00

21 DE DIC. 14:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

21 DE DIC. 16:00 HORAS



SITUACIÓN SOLAR

#### 6.6.8 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. ANÁLISIS DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL.

Como complemento ineludible de la Tesis Doctoral, dentro de este apartado se estudia la **situación actual de la iluminación en la catedral**.

Para poder estudiar el estado actual de la iluminación y ver si esta es coincidente o divergente con respecto a la iluminación primitiva gótica se realizó una medición en un día coincidente con uno de los días estudiados por la recreación en 3D, concretamente el día **21 de marzo de 2010**.

La medición se realiza para todos los puntos muestra de la catedral (uno debajo de cada bóveda) y para las cuatro horas en que hemos dividido el día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00), con un luxómetro de mano de sensibilidad de 0 a 20.000 luxes y bajo condiciones de iluminación exterior nubladas.

Una vez recogidos los valores de iluminación referidos, fueron comparados con los que se extraen de la medición realizada sobre el modelo 3D para el mismo día y a la misma hora, y puestos en comparación a través de secciones por la catedral.

Para que esta comparación fuera viable, había que descartar dos efectos incontrolables: en primer lugar, la **iluminación del día** preciso en que se toman los datos, ya que esta podía ser más o menos intensa que la que proponíamos en la modelización 3d, y en segundo lugar, el **factor de filtrado de las vidrieras**, otro valor desconocido puesto que las vidrieras varían su factor de filtrado en función de cada color y cada grosor de vidrio diferentes.

Para salvar estos dos obstáculos, se cogieron los valores de ciertos puntos de la catedral que consideramos “estables” a lo largo del tiempo y que no habían sufrido variaciones por las intervenciones acaecidas en su interior. A continuación igualamos los valores de iluminación de esos puntos tomados in situ el día de la medición actual con los que nos arrojaba el programa informático. Esta sencilla división entre el valor inicial y el medido in situ nos facilita un **factor de escala** que, aplicado de manera general al resto de puntos de la catedral nos da el valor de iluminación “comparable” en cada punto censado.

Los puntos escogidos en esta catedral como “puntos estables” fueron los siguientes:  
1, 2, 3, 4, 5 y el factor de escala obtenido **0.155**.

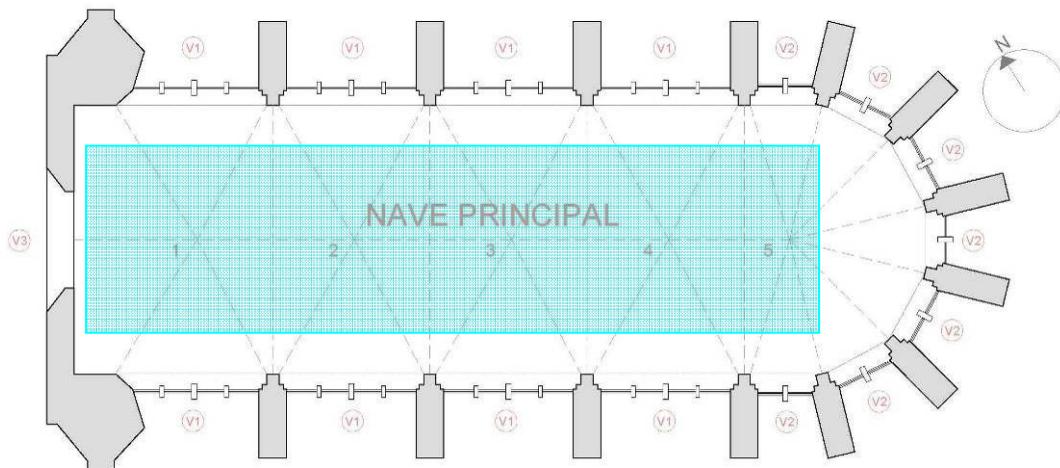


Fig. 6.322. Puntos estables de la Sainte Chapelle, tomados para la obtención del factor de escala.  
Autor: Juan M. Medina.

La toma de datos in situ y la obtenida por el modelo 3D nos arrojan los siguientes valores:

F.ESCALA  
0,155

21 MARZO 1600

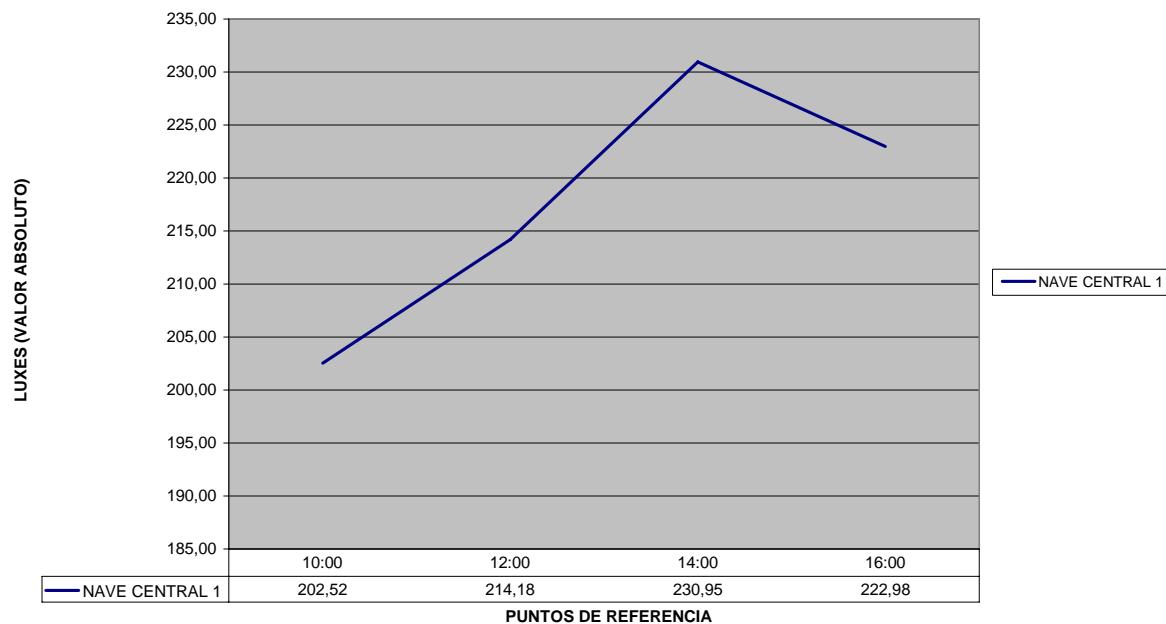
PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	Escalado 2008/1600	12:00	Escalado 2008/1600	14:00	Escalado 2008/1600	16:00	Escalado 2008/1600	
NAVE CENTRAL 1	1	1036,00	160,58	1211,00	187,71	1227,00	190,19	1115,00	172,83
	2	1274,00	197,47	1332,00	206,46	1475,00	228,63	1455,00	225,53
	3	1317,00	204,14	1361,00	210,96	1489,00	230,80	1456,00	225,68
	4	1361,00	210,96	1410,00	218,55	1588,00	246,14	1532,00	237,46
	5	1545,00	239,48	1595,00	247,23	1671,00	259,01	1635,00	253,43

21 DE MARZO DE 2012

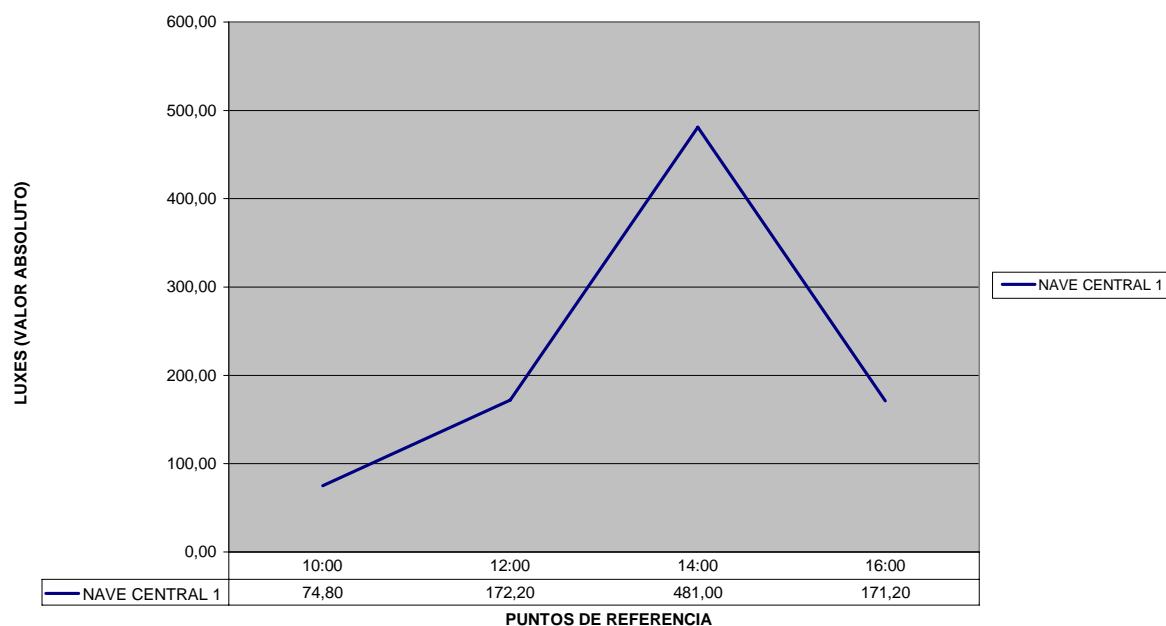
PUNTO BAJO BÓVEDA	10:00	12:00	14:00	16:00	
NAVE CENTRAL 1	1	38,00	93,00	460,00	104,00
	2	62,00	111,00	486,00	163,00
	3	65,00	122,00	354,00	175,00
	4	124,00	333,00	585,00	192,00
	5	85,00	202,00	520,00	222,00

Con esta toma de datos se elaboran las correspondientes gráficas por la nave central y se comparan los resultados de iluminación en la actualidad con los obtenidos en el modelo 3D del proyecto original gótico, el mismo día y a las mismas horas. Tras realizar la consabida conversión de equivalencia de valores (factor de escalado) para poder obviar el efecto de filtrado de la luz producido por las vidrieras y las comparaciones resultantes son las siguientes:

21 MARZO 1600 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS



21 MARZO 2012 - ILUMINACIÓN TOTAL POR ZONAS



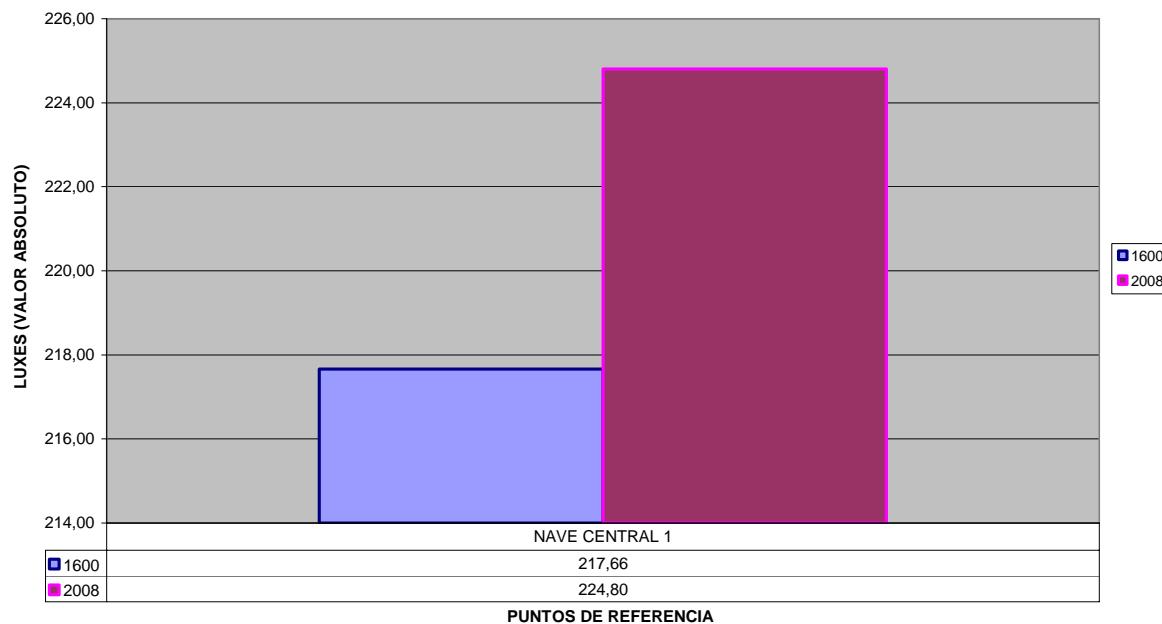
Si comparamos la iluminación total por zonas para el 21 de marzo en su estado inicial y en el actual se puede observar como las líneas de tendencia son muy similares. La gran cantidad de vidrieras que posee la capilla y su cercanía al espectador, frente al reducido espacio de su planta, genera una cantidad de iluminación natural suficiente con la aportación solar como para no tener que interponer apenas elementos de iluminación artificial para ver su interior. Esto, añadido al hecho de que en las reconstrucciones de vidrieras se ha utilizado el principio de "restitución", hace que el espacio actual sea similar al gótico y su comportamiento general no haya sido apenas modificado a lo largo del tiempo.

Los elementos de iluminación artificial son pocos y se difuminan dentro de la aportación de luz a través de las vidrieras (Fig. 6.323).

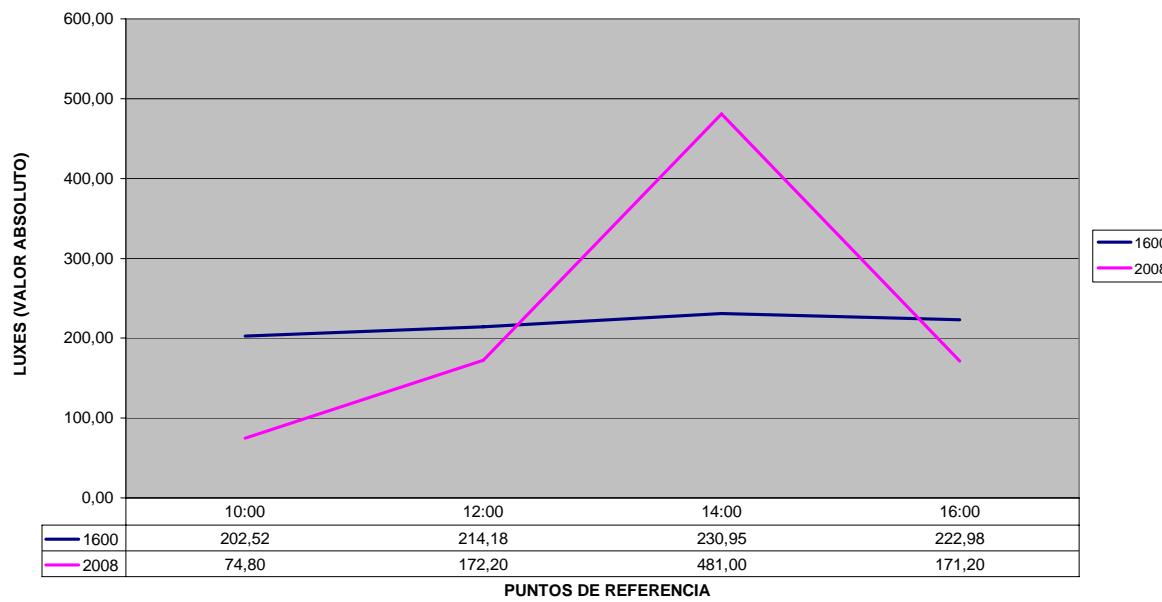


Fig. 6.323. Visión general de la nave de la Sainte Chapelle donde se aprecian las lámparas de iluminación artificial "difuminadas" dentro de la iluminación general del conjunto.

21/06/1600-2012 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO POR ZONAS



21/03/1600-2012 COMPARATIVA DE INCIDENCIA TOTAL POR PUNTO EN LA CATEDRAL A LAS DISTINTAS HORAS DEL DÍA



Atendiendo a las gráficas precedentes, se puede ver como la iluminación general media de la capilla en 1600 era de 217,66 luxes por punto, mientras que en la actualidad está en los 224 luxes, prácticamente la misma.

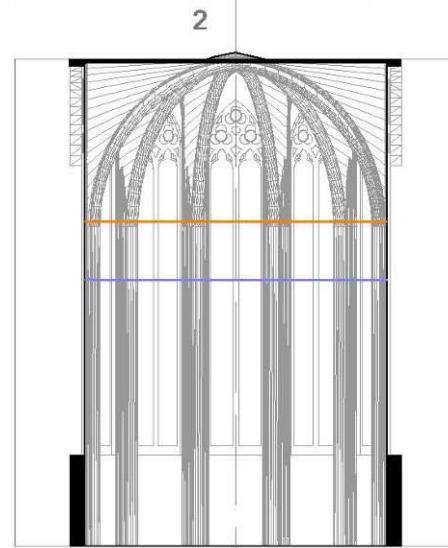
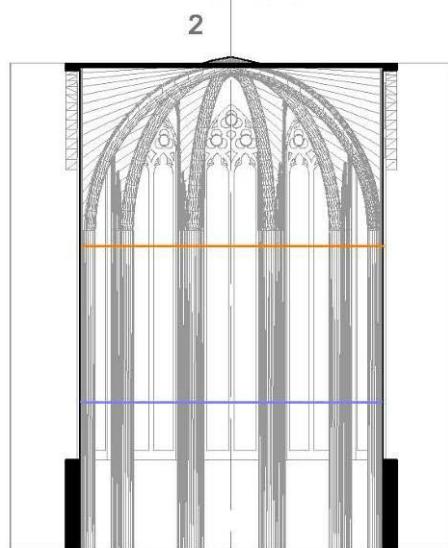
En cuanto a la distribución de la iluminación a lo largo del día podemos observar que hay un repunte en la iluminación parcial tomada a las 14:00 horas frente a las otras horas del día.

La capilla se encuentra inmersa en un núcleo de manzana cerrada pero su prominente elevación y su posición sobre una capilla inferior hace que las fachadas se eleven sobre el conjunto y las obstrucciones solares de los edificios colindantes no le afecten.

Tan sólo tiene adosado una edificación en la fachada norte pero que no afecta a los ventanales altos de la capilla y por tanto tampoco a la iluminación por esa fachada.

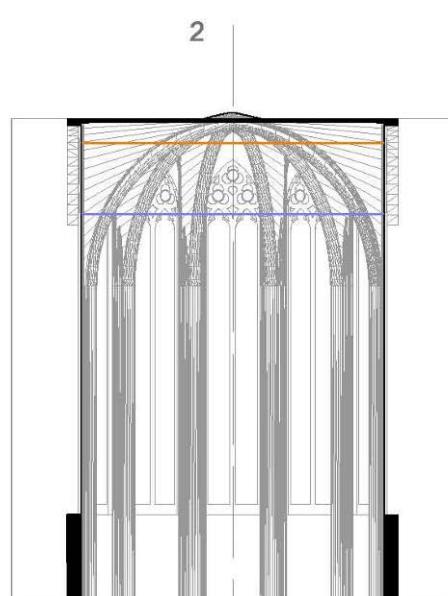
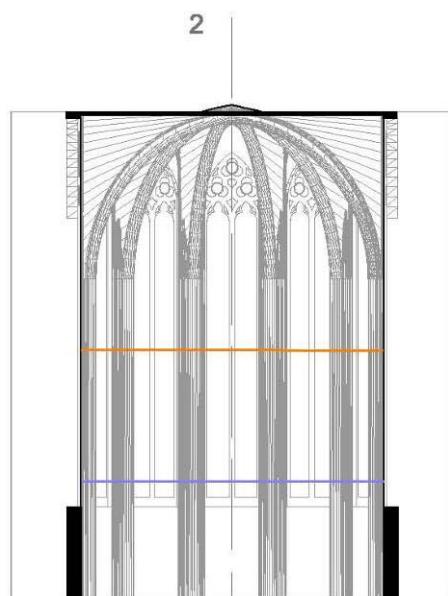
A continuación se incorporan las gráficas comparativas que relacionan la iluminación actual con el estado inicial sobre las secciones de la iglesia.

COMPARATIVA EN SECCIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y ORIGINAL DE LA CATEDRAL



SECCIÓN 2 - 10:00 AM

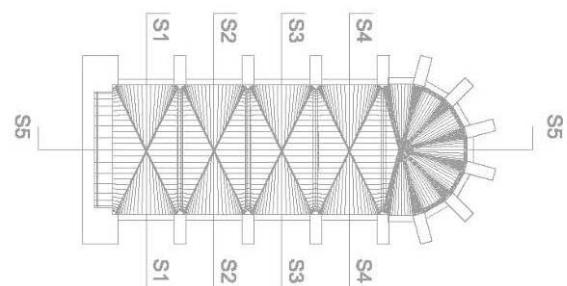
SECCIÓN 2 - 12:00 PM



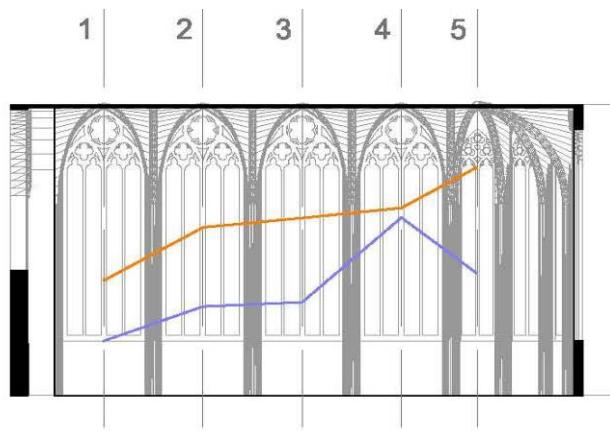
SECCIÓN 2 - 14:00 PM

SECCIÓN 2 - 16:00 PM

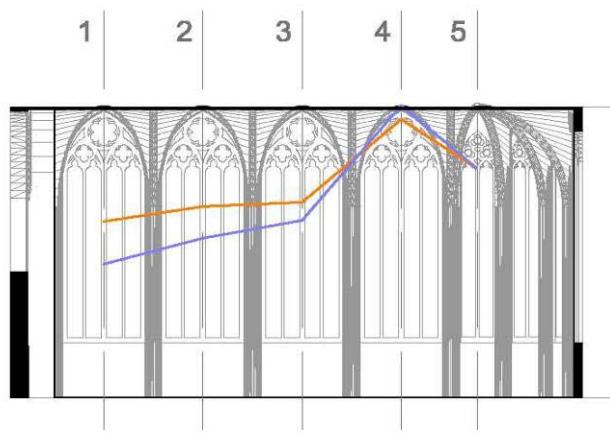
ILUMINACIÓN ACTUAL. AÑO 2012 —  
ILUMINACIÓN ORIGINAL. AÑO 1600 —



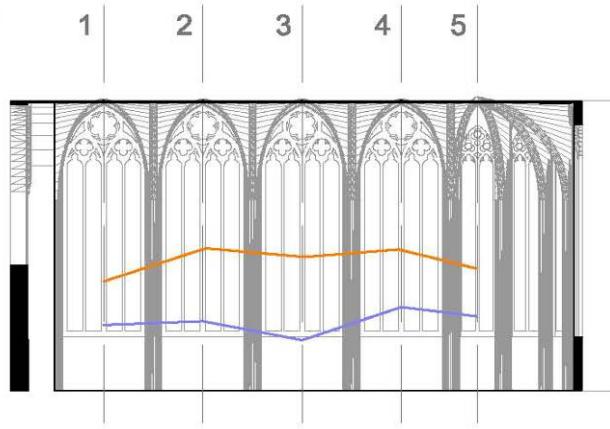
SECCIÓN 5 - 10:00 AM



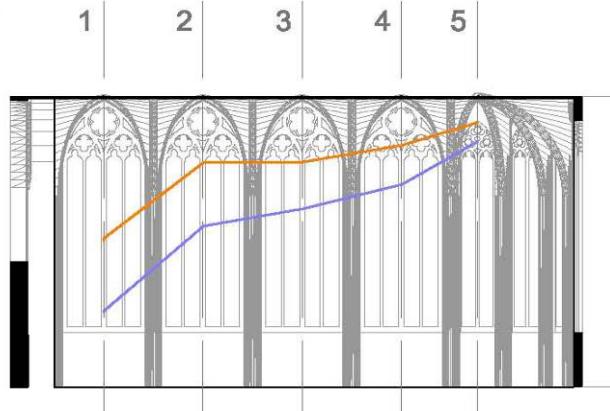
SECCIÓN 5 - 12:00 AM



SECCIÓN 5 - 14:00 PM



SECCIÓN 5 - 16:00 PM



AÑO 2012 —  
AÑO 1600 —

#### 6.6.9 SAINTE CHAPELLE DE PARÍS. ANÁLISIS DE COLOR.

La Sainte Chapelle debe su fama al conjunto homogéneo de vidrieras de la capilla alta. No sólo su composición y tracería revolucionaria marcan un hito por el hecho de llegar a desmaterializar completamente el muro de cerramiento a través de la introducción de “*delicados arcos con tracería que transmiten la presión de la bóveda a los muros exteriores*”<sup>233</sup>, sino que de manera casi inédita, consigue incluir en su construcción un programa de vidrieras absolutamente homogéneo, creado ex profeso para la ocasión con coherencia y continuidad de estilo.

Ciertas diferencias de estilo permiten, no obstante, suponer que las quince vidrieras proceden de tres talleres diferentes (Grodeki, 1949), que agrupan cada uno a varios artistas.

Si analizamos la originalidad de las vidrieras, aproximadamente un tercio de las mismas pertenecen al gótico primitivo, sin embargo, el resto han sido restauradas usando el principio de “*restitución*”, y están compuestas por mil ciento trece paneles con figuras que permiten imaginar un espacio iluminado con colores muy parecidos al gótico inicial.

Las quince vidrieras son del S. XIII y el rosetón occidental, sustituido en el S. XV, “*dan una luz coloreada cuya intensidad siempre ha provocado admiración. El extremo fraccionamiento de los colores produce un centelleo multicolor cuyo tono general, con predominio del azul y rojo, cambia según la hora.*”<sup>234</sup> (Fig. 6.324 y Fig. 6.325).

---

<sup>233</sup> KLEIN, Bruno, “Comienzo y formación de la arquitectura gótica en Francia y países vecinos” en el libro “*El gótico, arquitectura, escultura y pintura*”, Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9. P.87

<sup>234</sup> FINANCE, Laurence de, “*La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité*”, Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 40

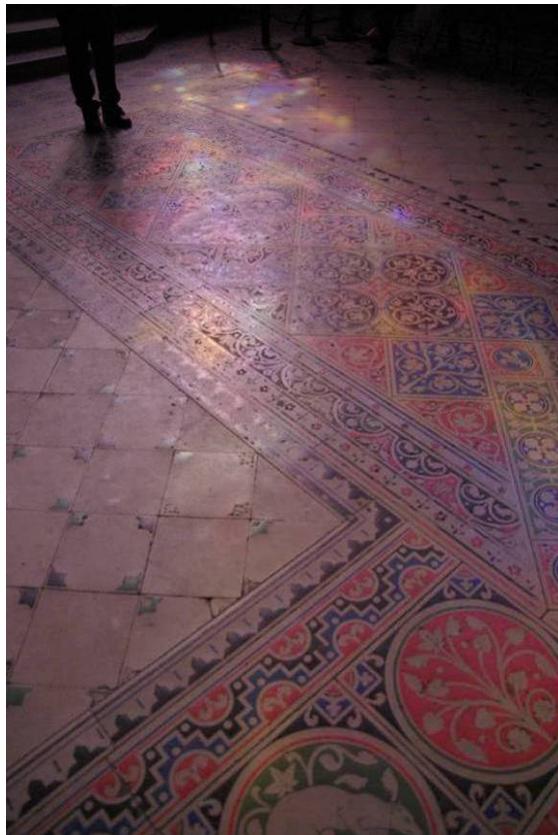


Fig. 6.324 y Fig. 6.325. Impresiones de color sobre el suelo de la Sainte Chapelle. 21 de marzo de 2012. Fotografías: Juan M. Medina

Las ventanas de la nave miden 15,35 metros de alto por 4,70 de ancho, están divididas en cuatro lancetas reunidas bajo un tímpano compuesto por un rosetón de seis lóbulos y de dos cuadrilóbulos (Fig. 6.326)

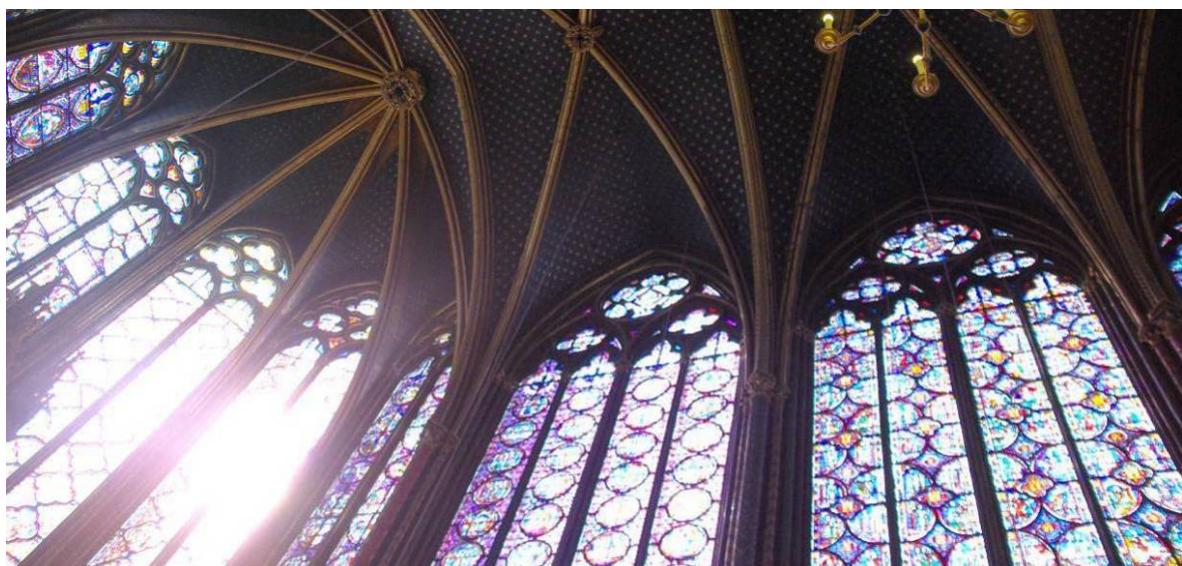


Fig. 6.326. Coronación de las ventanas de la nave principal y cabecera de la Sainte Cahelle. 21 de marzo de 2012. Fotografías: Juan M. Medina

La gran homogeneidad del conjunto es el resultado de una composición narrativa pensada a priori y puesta en obra por un conjunto de artistas bajo directrices comunes. Las vidrieras se dividen en pequeñas escenas perfectamente delimitadas como la estudiada para la vidriera seleccionada (Fig. xxx), sostenidas por bastidores de hierro, forjados siguiendo las formas diversas de los paneles: cuadrilóbulo, rombo, medallón trilóbulo o haz.

La cercanía con la que se muestran las ventanas ante el espectador permite, a su vez, un mayor acercamiento a las figuras y mensajes explicitados en los vidrios por los maestros vidrieros. Las escenas historiadas destacan de un fondo decorativo en mosaico “*de simple cuadricula o rejilla oblicua con predominio del rojo y del azul, en ocho de las quince ventanas*”<sup>235</sup>. Este fondo es también soporte de elementos heráldicos, castillos y flores de lis.

La vidriera seleccionada para realizar el estudio de color es una de las ubicadas en la nave principal en su fachada sur (Fig. 6.327) y es una muestra de las quince vidrieras que componen el conjunto, ejemplo plausible de uno de los trabajos más importantes del gótico radiante. (Fig. 6.328 y Fig. 6.329).

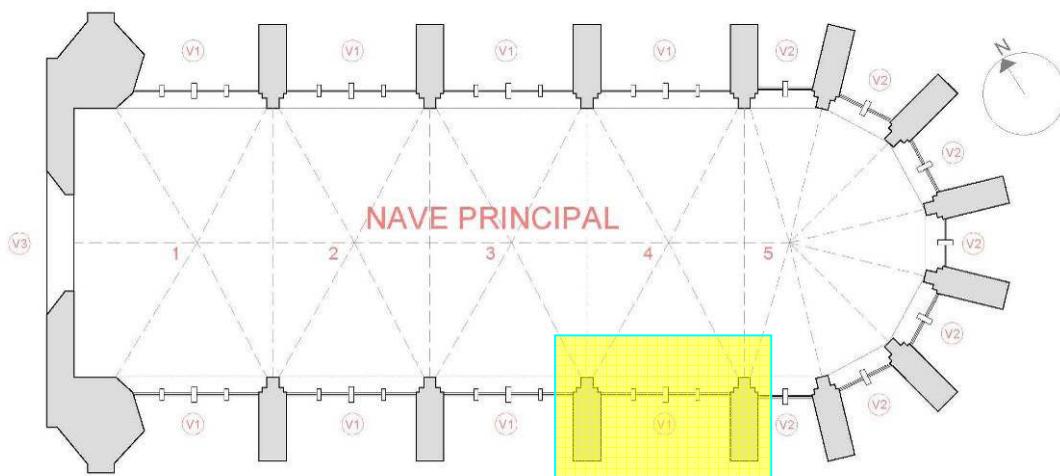


Fig. 6.327. Vidriera seleccionada de la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

A continuación se expone el estudio sobre la vidriera seleccionada en la que se definen las proporciones de color que posee así como la proporción de vidrio sobre plomo.

<sup>235</sup> FINANCE, Laurence de, “*La Sainte-Chapelle. Palacio de la Cité*”, Editions du patrimoine Centre des monuments nationaux, París, 1999. ISBN: 978-2-85822-318-3. p. 40



Fig. 6.328. Vidriera número 4 de la fachada sur de la Sainte Chapelle. Fotografías: Juan M. Medina.

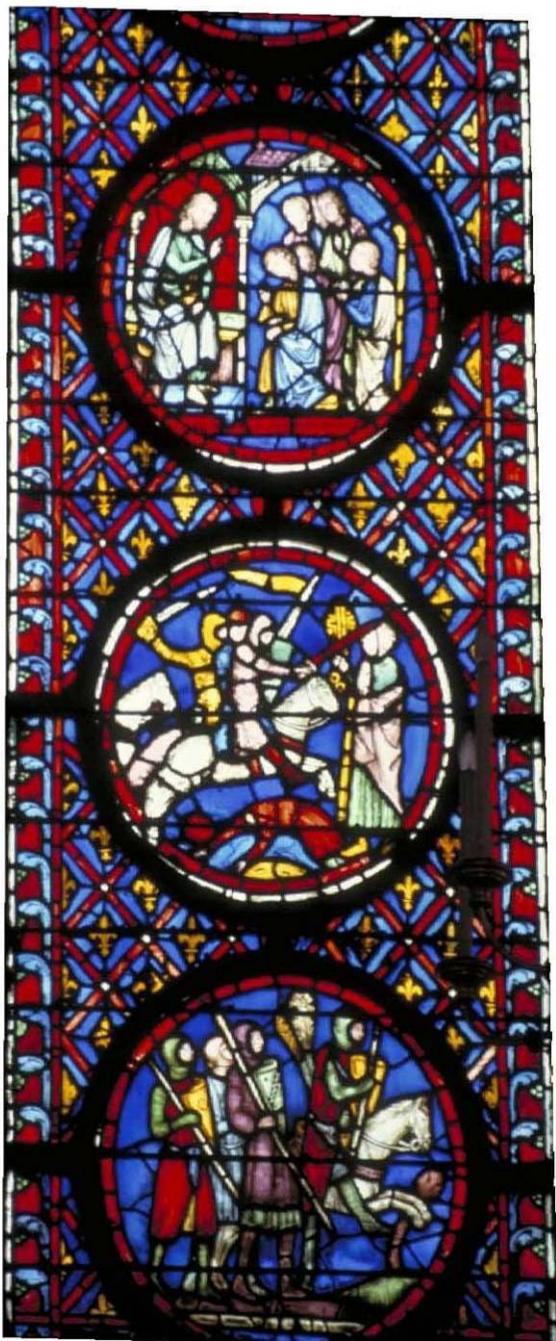
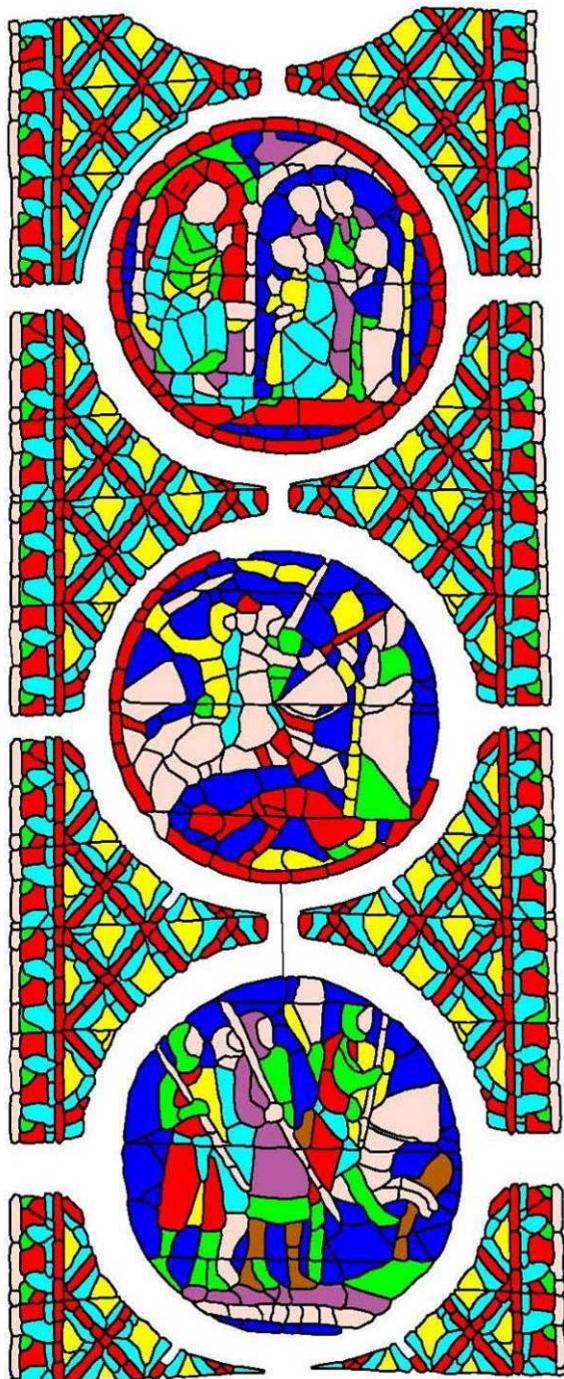
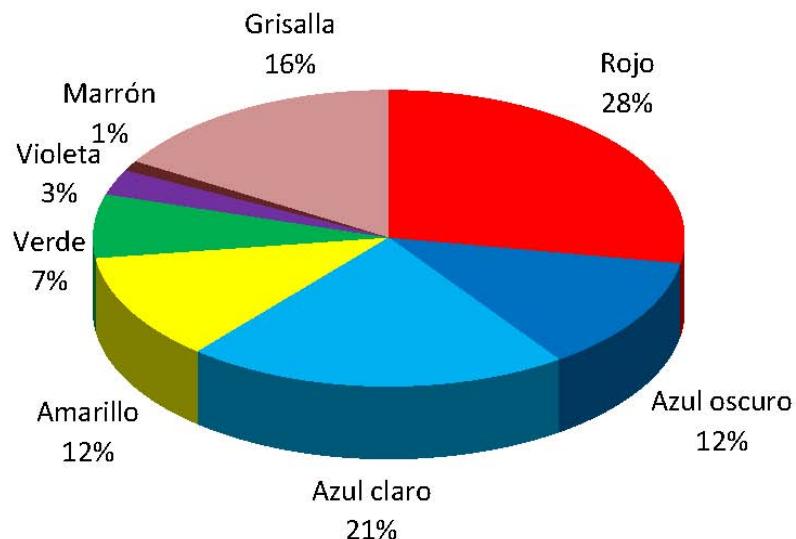
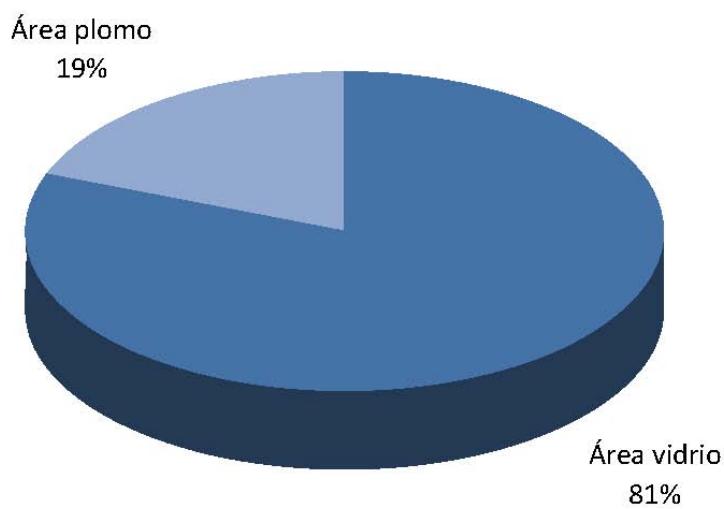


Fig. 6.329. Distribución del color de la vidriera de "La cacería". Autor: Juan M. Medina.

### Distribución colores de vidriera. Sainte Chapelle



### Factor de empleo. Vidriera de la Sainte Chapelle



## 7. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DISTINTAS MUESTRAS.

### 7.1. COMPARATIVA DE SECCIONES. FACTORES DE FORMA Y TRANSPARENCIA.

Tal como describíamos en el prolífico estudio de cada una de las muestras, los principales indicadores que fundamentan la iluminación gótica son, por un lado, su forma y volumen, que denominaremos **factores de forma** y, por otro, la relación entre la cantidad de vano existente en sus muros en relación con su forma interior, a los que llamaremos **factores de transparencia**.

En la comparación realizada entre las distintas catedrales se han establecido las dimensiones clave que determinan los dos factores de forma y transparencia.

El primero de los factores de forma detectados y analizados es el **factor de esbeltez** ( $F_e$ ), que se determina por las dimensiones geométricas de su sección (Fig. 7.1 y Fig. 7.2)

CATEDRAL	DIMENSIONES LINEALES (m)							
	NºNaves	B	H1	H2	H3	V1	V2	V3
Gerona	1-H	11,6	34,00			22,04		
Santa María del Mar	3-HHH	13,5	32,00			28,07		
Sevilla	5-hhHhh	10,97	35,77	25,14	25,14	15,70	11,26	10,31
Toledo	5-hhHhh	7,62	29,40	18,73	11,68	12,84	9,86	9,64
León	3-hHh	6,49	30,00	13,29		12,07	7,03	
Sainte Chapelle	1-H	6,77	20,40			12,72		

Fig. 7.1. Dimensiones lineales de las muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina

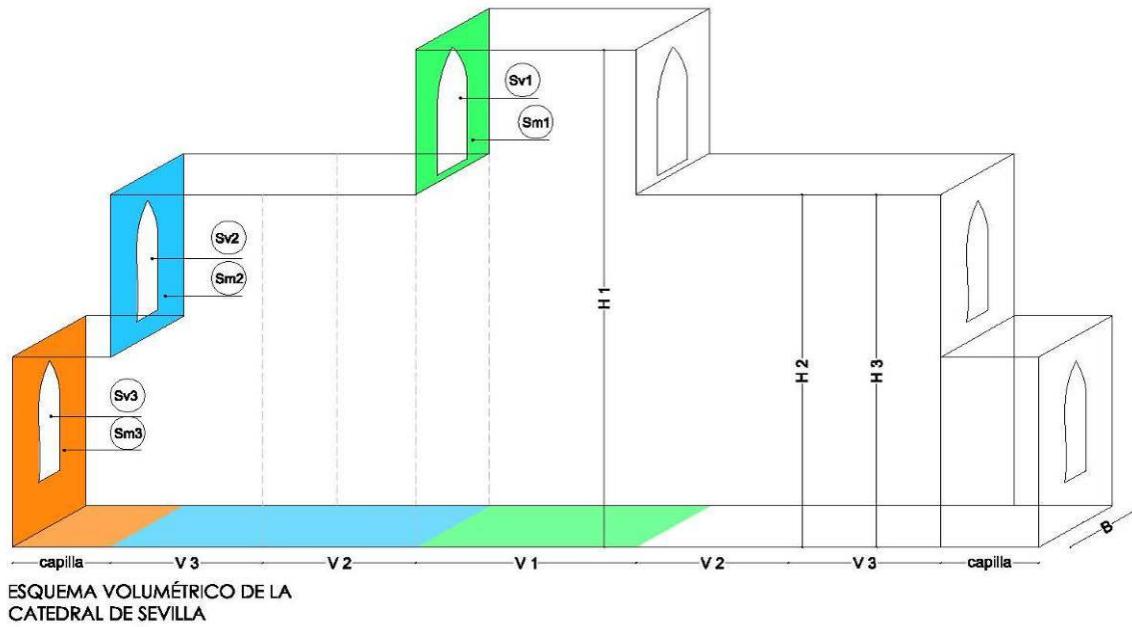


Fig. 7.2. Esquema de sección de una de las muestras. Autor: Juan M. Medina

El segundo de los factores de forma es el **factor de altura de arranque de claristorio** ( $F_{hc}$ ), que define la altura a la que arrancan los ventanales del claristorio, aspecto que, como veremos más adelante, resulta clave para la definición de las cualidades de la iluminación.

De los **factores de transparencia** ( $F_t$ ) se determinan tres grados:

- **Factor de transparencia del muro** ( $F_{tm}$ ), es decir, la cantidad de vano que consigue perforar el muro, o dicho de otro modo, la relación entre vano y macizo en los cerramientos de fachada.
- **Factor de proyección lumínica** ( $F_{pl}$ ), que relaciona la cantidad de vano existente en el muro con la superficie en planta a la que sirve.
- **Factor de transparencia total** ( $F_{tt}$ ), por volumen, o lo que es lo mismo, la cantidad de vano en relación con el volumen total del espacio servido.

Las dimensiones lineales nos proporcionan los correspondientes datos de volúmenes servidos (Fig. 7.3), y con este valor obtenemos los factores de esbeltez y transparencia buscados. (Fig. 7.4 y Fig. 7.5).

SUPERFICIE CERRAMIENTO POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE VANOS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE PLANTA POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE MUROS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	VOLUMENES POR CRUJÍA (m <sup>3</sup> )			
$\Sigma S_c$	$\Sigma S_v$	$\Sigma S_{planta}$	$\Sigma S_m$	VL1	VL2	VL3	VLT
344,72	48,68	394,40	296,04	8.692,58	-	-	8.692,58
375,58	39,88	432,00	335,7	12.126,24	-	-	12.126,24
351,68	33,33	943,97	318,35	6.160,63	3.105,35	2.843,35	18.058,03
204,05	35,77	455,75	168,28	2.876,52	1.407,24	857,98	7.406,96
177,21	59,53	280,95	177,21	2.350,03	606,35	-	3.562,73
122,8	57,93	138,11	64,87	1.756,73	-	-	1.756,73

Fig. 7.3 Superficies y volúmenes resultantes de las muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

CATEDRAL	FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)		
	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	Fpl	FtT
Gerona	1,54			16,44	0,12	1,12
Sta M <sup>a</sup> (Sin decalaje)	1,14			11,88	0,09	0,66
Sevilla	2,28	2,23	2,44	10,47	0,04	0,37
Toledo	2,29	1,90	1,21	21,26	0,08	0,97
León	2,49	1,89		33,59	0,21	3,34
Sainte Chapelle	1,60			89,30	0,42	6,60
Gerona sin luz						

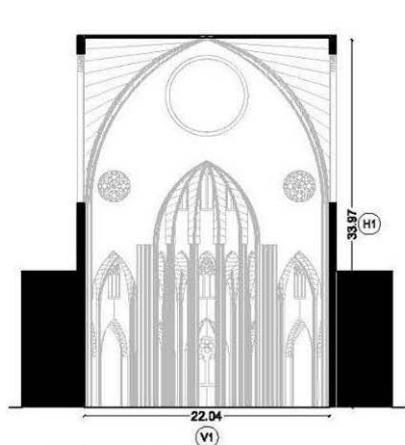
Fig. 7.4 Factores de esbeltez y de transparencia de las muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

VOLUMEN NAVE CENTRAL: VL1=H1*V1*B
VOLUMEN NAVE LATERAL 2: VL2=H2*V2*B
VOLUMEN NAVE LATERAL 3: VL3=H3*V3*B
VOLUMEN TOTAL: VLT= $\Sigma V_L$
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE CENTRAL: Fe1=H1/V1
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL2: Fe2=H2/V2
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL3: Fe3=H3/V3
FACTOR DE TRANSPARENCIA DEL MURO: Ftm=( $\Sigma S_v$ / $\Sigma S_m$ )x100
FACTOR DE PROYECCIÓN LUMÍNICA: Fpl=( $\Sigma S_v$ / $\Sigma S_{planta}$ )x100
FACTOR DE TRANSPARENCIA POR UD. DE VOLUMEN (TOTAL): FtT=( $\Sigma S_v$ / $\Sigma V_L$ )x100

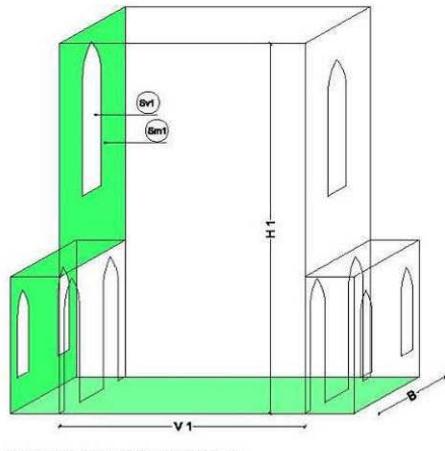
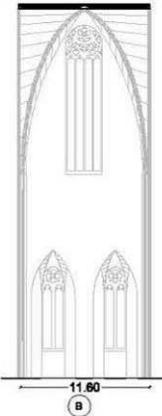
Fig. 7.5 Leyenda de valores de los factores obtenidos. Autor: Juan M. Medina.

A continuación se muestran los esquemas de comparación de secciones transversales de las muestras y la forma de obtener sus factores de esbeltez y transparencia.

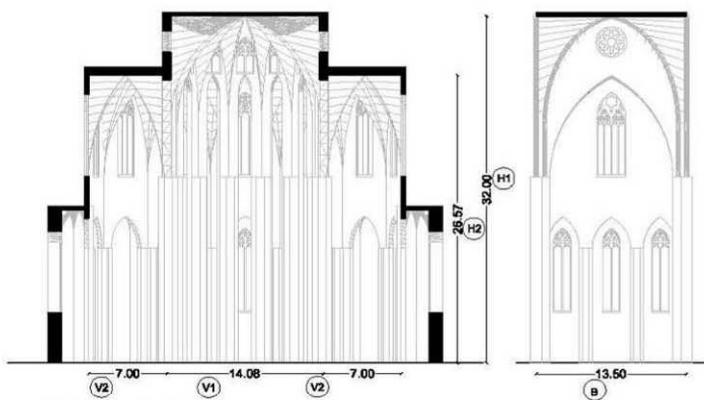
**COMPARATIVA DE FACTORES ENTRE MUESTRAS. Fe, FtM Y FtT  
ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE CRUJÍA DE LA NAVE CENTRAL**



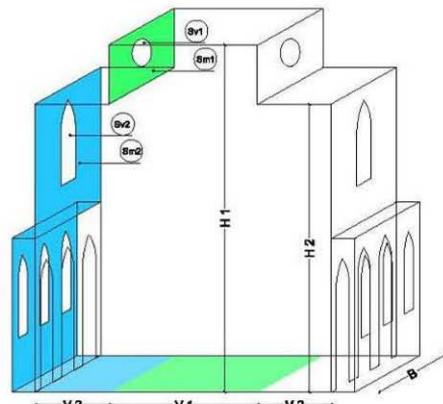
SECCIÓN TRANSVERSAL  
CATEDRAL DE GERONA



ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE LA  
CATEDRAL DE GERONA



SECCIÓN TRANSVERSAL  
SANTA MARÍA DEL MAR



ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE LA  
BASÍLICA DE SANTA MARÍA DEL MAR

VOLUMEN NAVE CENTRAL:  $VL1=H1*V1*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 2:  $VL2=H2*V2*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 3:  $VL3=H3*V3*B$

VOLUMEN TOTAL:  $VLT= \sum VL$

FACTOR DE ESBELTEZ NAVE CENTRAL:  $Fe1=H1/V1$

FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 2:  $Fe2=H2/V2$

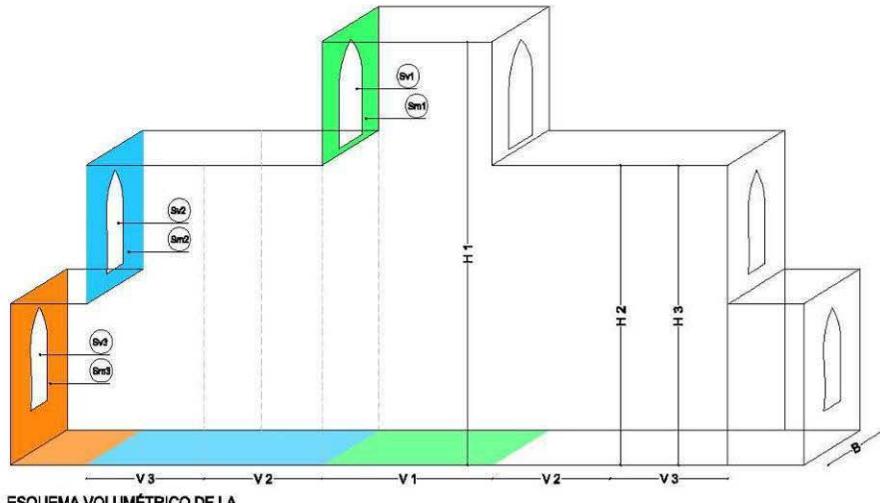
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 3:  $Fe3=H3/V3$

FACTOR DE TRANSPARENCIA DEL MURO (%):  $Ftm=(\sum Sv / \sum Sm) \times 100$

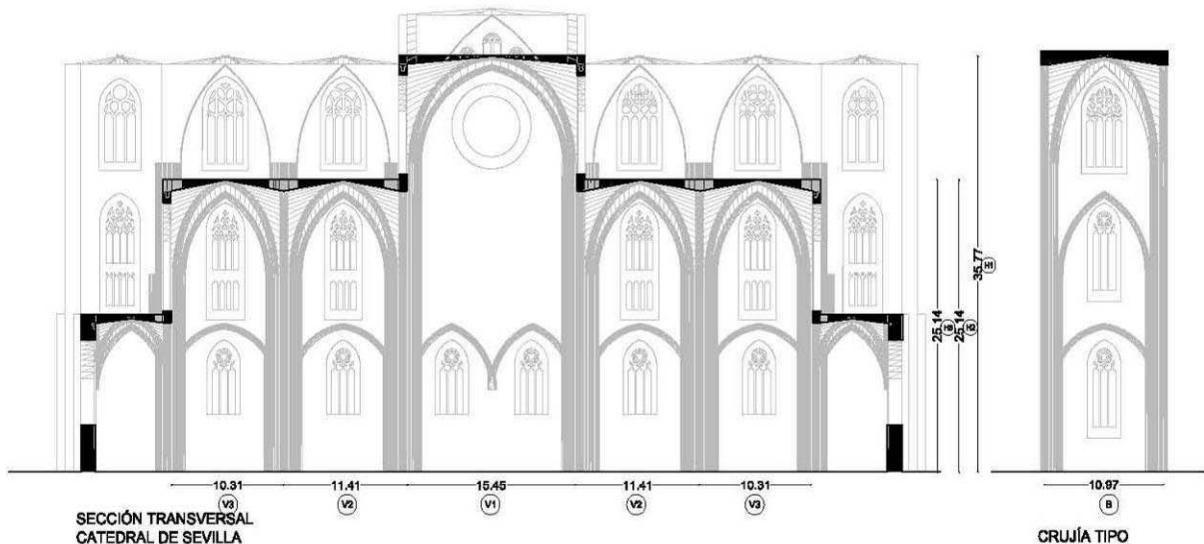
FACTOR DE TRANSPARENCIA POR UD. DE VOLUMEN (TOTAL EN %):  $FtT=(\sum Sv / \sum VL) \times 100$

CATEDRAL	DIMENSIONES LINEALES (m)							SUPERFICIE CERRAMIENTO (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE VANOS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE MUROS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	VOLÚMENES POR CRUJÍA (m <sup>3</sup> )				FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIAS (%)		
	NºNaves	B	H1	H2	H3	V1	V2	V3			V1	V2	V3	V.L	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	FtT	
Gerona	1-H	11,6	34,00			22,00			344,72	48,68	296,04	8.676,80	-	-	8.576,80	1,55			16,44	1,12
Santa María del Mar	3-HHH	13,5	32,00	26,57		14,08	7,00		375,58	39,88	335,7	6.082,56	2.510,87		11.104,29	2,27	3,80		11,88	0,72
Sevilla	5-hhh	10,97	35,77	25,14	25,14	15,42	11,41	10,31	351,68	53,33	318,35	6.050,76	3.146,72	2.849,35	18.930,90	2,32	2,20	2,44	10,47	0,37
Toledo	5-hhh	7,62	29,27	18,73	11,68	14,95	8,77	9,64	204,05	35,77	168,28	3.334,41	1.251,68	857,98	7.553,71	1,96	2,14	1,21	21,25	0,95
León	3-hhh	6,49	30,00	13,29		12,85	6,64		177,21	59,53	177,21	2.501,90	572,71	-	3.647,32	2,33	2,00		33,59	3,26
Sainte Chapelle	1-H	6,77	20,40			12,72			122,8	57,93	64,87	1.756,73	-	-	1.756,73	1,60			89,30	6,50

**COMPARATIVA DE FACTORES ENTRE MUESTRAS. Fe, Ftm Y Ftt  
ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE CRUJÍA DE LA NAVE CENTRAL**



ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE LA  
CATEDRAL DE SEVILLA



VOLUMEN NAVE CENTRAL:  $VL1=H1*V1*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 2:  $VL2=H2*V2*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 3:  $VL3=H3*V3*B$

VOLUMEN TOTAL:  $VLT=\Sigma VL$

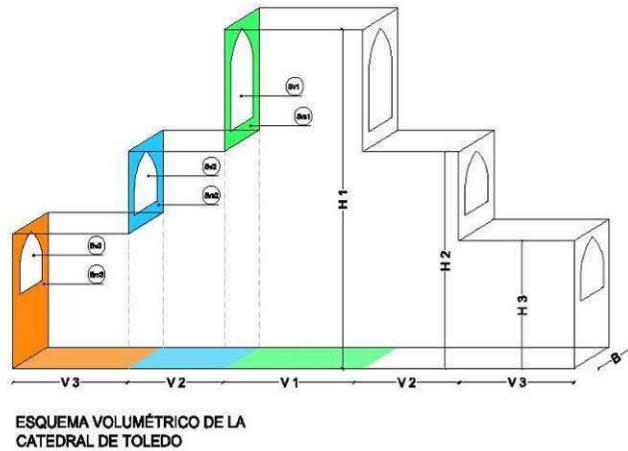
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE CENTRAL:  $Fe1=H1/V1$   
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 2:  $Fe2=H2/V2$   
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 3:  $Fe3=H3/V3$

FACTOR DE TRANSPARENCIA DEL MURO (%):  $Ftm=(\sum Sv / \sum Sm) \times 100$

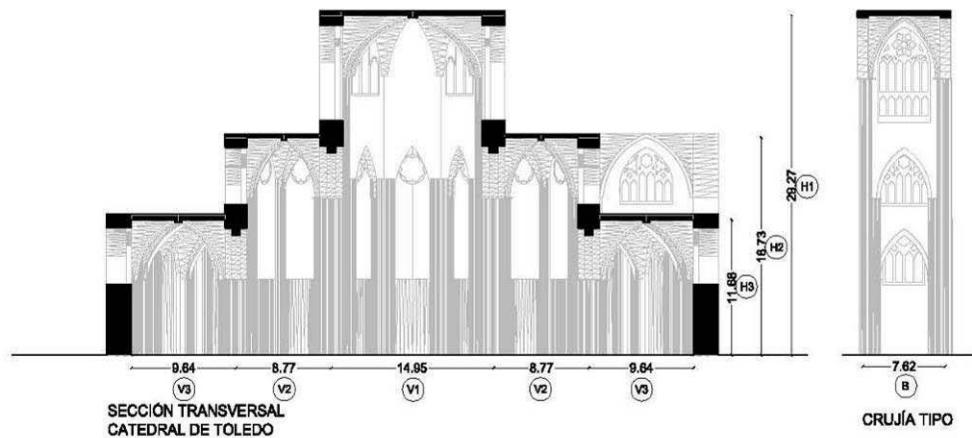
FACTOR DE TRANSPARENCIA POR UD. DE VOLUMEN (TOTAL EN %):  $Ftt=(\sum Sv / \sum VL) \times 100$

CATEDRAL	DIMENSIONES LINEALES (m)							$\Sigma Sc$	$\Sigma Sv$	$\Sigma Sm$	VOLUMENES POR CRUJÍA (m³)				FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)		
	NºNaves	B	H1	H2	H3	V1	V2	V3			V1	V2	V3	VLT	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	Ftt	
Gerona	1-H	11,6	34,00			22,00			344,72	48,68	296,04	8.678,80	-	-	8.678,80	1,55			15,44	1,12
Santa María del Mar	3-HHH	13,5	32,00	26,57		14,08	7,00		375,58	39,88	335,7	6.082,56	2.510,87	-	11.104,29	2,27	3,80		11,88	0,72
Sevilla	5-hhhHh	10,97	35,77	25,14	25,14	15,42	11,41	10,31	351,68	33,33	318,35	6.050,76	3.146,72	2.843,35	18.030,90	2,32	2,20	2,44	10,47	0,37
Toledo	5-hhhHh	7,62	29,27	18,73	11,68	14,95	8,77	9,64	204,05	35,77	168,28	3.334,41	1.251,68	857,98	7.553,71	1,95	2,14	1,21	21,25	0,95
León	3-HH	6,49	30,00	13,29		12,85	6,64		177,21	59,53	177,21	2.501,90	572,71	-	3.647,32	2,33	2,00		33,59	3,26
Sainte Chapelle	1-H	6,77	20,40			12,72			122,8	57,93	64,87	1.756,73	-	-	1.756,73	1,60			89,30	6,60

**COMPARATIVA DE FACTORES ENTRE MUESTRAS. Fe, FtM Y FtT  
ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE CRUJÍA DE LA NAVE CENTRAL**



ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE LA  
CATEDRAL DE TOLEDO



VOLUMEN NAVE CENTRAL:  $VL1=H1*V1*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 2:  $VL2=H2*V2*B$   
VOLUMEN NAVE LATERAL 3:  $VL3=H3*V3*B$

VOLUMEN TOTAL:  $VLT=\sum VL$

FACTOR DE ESBELTEZ NAVE CENTRAL:  $Fe1=H1/V1$

FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 2:  $Fe2=H2/V2$

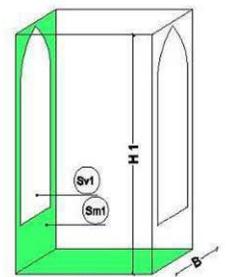
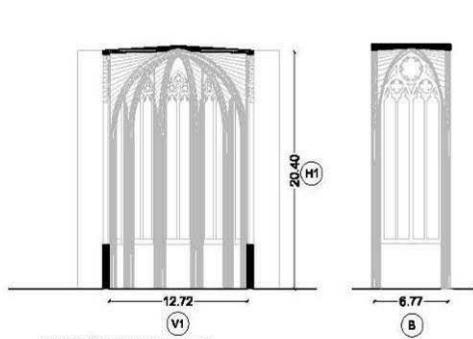
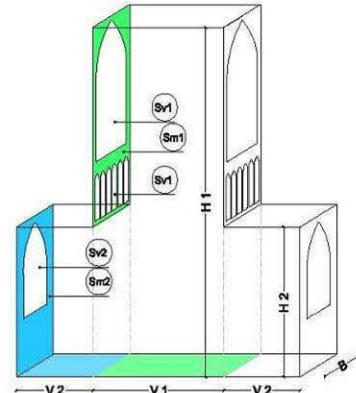
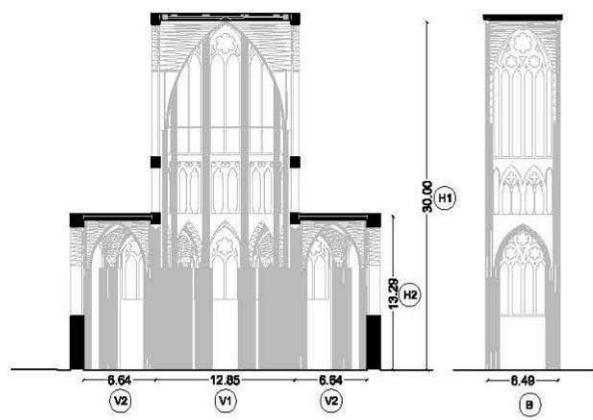
FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 3:  $Fe3=H3/V3$

FACTOR DE TRANSPARENCIA DEL MURO (%):  $Ftm=(\sum Sv / \sum Sm) \times 100$

FACTOR DE TRANSPARENCIA POR UD. DE VOLUMEN (TOTAL EN %):  $FtT=(\sum Sv / \sum VL) \times 100$

CATEDRAL	DIMENSIONES LINEALES (m)							SUPERFICIE CERRAMIENTO POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE VANOS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE MUROS POR CRUJÍA (m <sup>2</sup> )	VOLUMENES POR CRUJÍA (m <sup>3</sup> )				FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)		
	NºNaves	B	H1	H2	H3	V1	V2	V3			VL1	VL2	VL3	VLT	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	FtT	
Girona	1-H	11,6	34,00			22,00			344,72	48,68	296,04	8.678,80	-	-	8.678,80	1,55			15,44	1,12
Santa María del Mar	3-HHH	13,5	32,00	26,57		14,08	7,00		375,58	39,88	335,7	6.082,56	2.510,87		- 11.104,29	2,27	3,80		11,88	0,72
Sevilla	5-hhhHH	10,97	35,77	25,14	25,14	15,42	11,41	10,31	351,68	33,33	318,35	6.050,76	3.146,72	2.843,35	18.030,90	2,32	2,20	2,44	10,47	0,37
Toledo	5-hhhHH	7,62	29,27	18,73	11,68	14,95	8,77	9,64	204,05	35,77	168,28	3.334,41	1.251,68	857,98	7.553,71	1,95	2,14	1,21	21,25	0,95
León	3-HHn	6,49	30,00	13,29		12,85	6,64		177,21	59,53	177,21	2.501,90	572,71	-	3.647,32	2,33	2,00		33,59	3,26
Sainte Chapelle	1-H	6,77	20,40			12,72			122,8	57,93	64,87	1.756,73	-	-	1.756,73	1,60			89,30	5,50

**COMPARATIVA DE FACTORES ENTRE MUESTRAS. Fe, Ftm Y FtT  
ESQUEMA VOLUMÉTRICO DE CRUJÍA DE LA NAVE CENTRAL**



VOLUMEN NAVE CENTRAL:  $VL1=H1*V1*B$   
 VOLUMEN NAVE LATERAL 2:  $VL2=H2*V2*B$   
 VOLUMEN NAVE LATERAL 3:  $VL3=H3*V3*B$

VOLUMEN TOTAL:  $VLT=\Sigma VL$

FACTOR DE ESBELTEZ NAVE CENTRAL:  $Fe1=H1/V1$   
 FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 2:  $Fe2=H2/V2$   
 FACTOR DE ESBELTEZ NAVE LATERAL 3:  $Fe3=H3/V3$

FACTOR DE TRANSPARENCIA DEL MURO (%):  $Ftm=(\sum Sv / \sum Sm) \times 100$

FACTOR DE TRANSPARENCIA POR UD. DE VOLUMEN (TOTAL EN %):  $FtT=(\sum Sv / \sum VL) \times 100$

CATEDRAL	DIMENSIONES LINEALES (m)								$\Sigma Sc$	$\Sigma Sv$	$\Sigma Sm$	VOLUMENES POR CRUJÍA (m³)				FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)	
	NºNaves	B	H1	H2	H3	V1	V2	V3				V1	V2	V3	VLT	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	FtT
Girona	1-H	11,6	34,00			22,09			344,72	48,68	296,04	8.678,80	-	-	8.678,80	1,55			15,44	1,12
Santa María del Mar	3+HH	13,5	32,00	26,57		14,08	7,00		375,58	39,88	335,7	6.082,56	2.510,87		- 11.104,29	2,27	3,80		11,88	0,72
Sevilla	5+HHH	10,97	35,77	25,14	25,14	15,42	11,41	10,31	351,68	33,33	318,35	6.050,75	3.146,72	2.843,35	18.030,90	2,32	2,20	2,44	10,47	0,37
Toledo	5+HHH	7,62	29,27	18,73	11,68	14,95	8,77	9,64	204,05	35,77	168,28	3.334,41	1.251,68	857,98	7.553,71	1,95	2,14	1,21	21,25	0,95
León	3+HH	6,49	30,00	13,29		12,85	5,64		177,21	59,53	177,21	2.501,90	572,71	-	3.647,32	2,33	2,00		33,59	3,26
Sainte Chapelle	1-H	6,77	20,40			12,72			122,8	57,83	64,87	1.756,73	-	-	1.756,73	1,60			89,30	5,50

## 7.2. COMPARATIVA DE ILUMINACIÓN ENTRE MUESTRAS.

Este apartado se presenta como el más importante de los realizados hasta ahora dentro del análisis de resultados. Lo que se pretende, llegados a este punto, es comparar entre todas las muestras los resultados obtenidos y los análisis pormenorizados realizados de manera individual para cada una.

Así compararemos tanto las iluminaciones **indirectas** como las **directas**, ya sea para las catedrales en su totalidad como para los puntos singulares de las mismas. También compararemos sus **iluminaciones actuales** y sus diferencias con las **originales**. Por último compararemos la composición cromática de sus vidrieras para, con todos estos datos, poder llegar a la pretendida clasificación por tipos de iluminación.

Los **valores de iluminación** tomados para la comparación son los obtenidos por la aplicación del programa informático con un **vidrio de similar capacidad de filtrado** para todos los vanos de todas las muestras seleccionadas. La obtención de la capacidad de filtrado del vidrio se ha hecho promediando los distintos **factores de escalado** de las catedrales estudiadas (Fig. 7.5). Estos factores varían en función de las vidrieras góticas que posean (intensidad de color y grosor de vidrios) y del momento en el que se realiza el escalado (intensidad luminosa del exterior), pero el promedio realizado entre las distintas muestras, tomando como referencia todas las mediciones realizadas *in situ*, nos aporta un valor de filtrado, que si bien no es exacto para cada catedral, se aproxima en gran medida al factor de transparencia de un vidrio original gótico.

FACTOR DE ESCALA	
CATEDRAL DE GERONA	0,05
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	0,08
CATEDRAL DE SEVILLA	0,09
CATEDRAL DE TOLEDO	0,02
CATEDRAL DE LEÓN	0,02
FACTOR DE ESCALA PROMEDIO	0,0494

Fig. 7.5. Factor de escala promedio de filtrado de los distintas muestras y momentos en los que se realizó la toma de datos. Autor: Juan M. Medina.

La utilización de este vidrio cuyo filtrado es la media del filtrado de los vidrios de las distintas muestras y, sin ser exacto, nos permite la comparación entre todas ellas con un valor uniforme y comparable entre sí y cercano a la realidad de filtrado original, facilitándonos la

cualificación de espacios con independencia de lo que filtre las vidrieras en realidad en cada momento (que como ya hemos dicho es variable), sino tan sólo en función de su forma y volumen.

#### 7.2.1. COMPARATIVA DE ILUMINACIÓN INDIRECTA DE LA NAVE CENTRAL.

La primera comparación global efectuada entre las distintas muestras ha sido la de la **iluminación media total en la nave central** (Fig. 7.6 y 7.6.1.). La razón por la que se toma esta nave como referencia comparativa es porque es la única que se repite en todos los modelos estudiados y aquellos que se quisieran incluir en la clasificación. Además, la nave principal representa la esencia de la catedral y contiene los puntos singulares, los pies de la iglesia, el crucero y el presbiterio, focos todos ellos fundamentales para el entendimiento del espacio gótico.

Esta gráfica se ha realizado tomando la media de los cuatro días del año, a las cuatro horas censadas y dividiendo la suma de valores de iluminación por punto obtenidos entre la suma de puntos censados. La iluminación, tal como se ha comentado anteriormente ha sido “filtrada” por el factor de escala promedio encontrado en la toma de datos de muestra, por lo que los valores arrojados son comparables entre si.

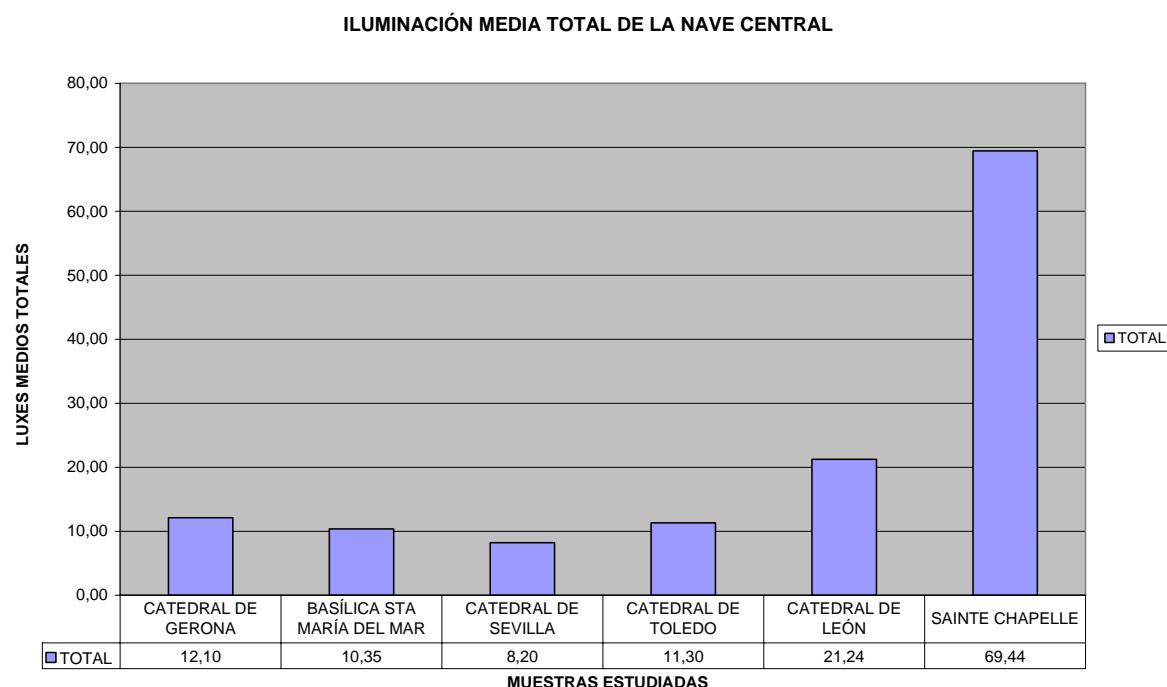


Fig. 7.6. Gráfica comparativa entre muestras. Iluminación media total de la nave central. Autor: Juan M. Medina.

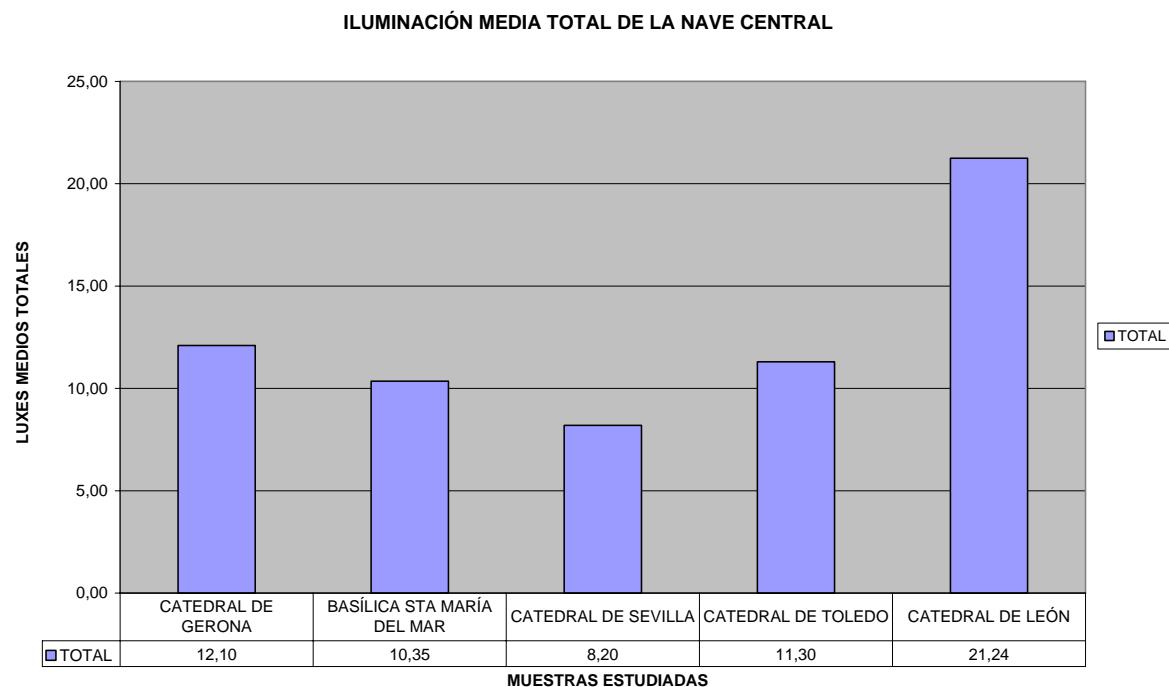


Fig. 7.6.1 Gráfica comparativa entre muestras. Iluminación media total de la nave central excluyendo de la comparativa la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

En la comparación podemos advertir aspectos que se irán repitiendo en el resto de comparativas entre muestras. El primero es que la nave central de la Sainte Chapelle alcanza valores de 69,44 luxes de media, alzándose por tanto como exponente de iluminación máximo de las muestras estudiadas, con una proporción de 6 a 7 veces más iluminación que algunas de las naves centrales de las catedrales españolas estudiadas.

Este valor de la Sainte Chapelle se desmarca excesivamente de los de las catedrales españolas pudiendo generar errores de interpretación de medias como valor desproporcionado por lo que se presenta una doble comparativa, en la primera incluimos su valor (Fig. 7.6) y en la segunda comparación (Fig. 7.6.1), obviamos sus resultados. De ese modo podemos establecer diferencias entre las catedrales “españolas” que poseen iluminación y matices muy inferiores.

A la Sainte Chapelle le sigue en importancia la iluminación de la nave central de la catedral de León, que con sus 21,24 luxes de media tiene posiblemente la nave central más iluminada del panorama español dentro del estilo gótico puro.

Después entramos en un régimen de iluminación medio de 10,35 a 12,10 luxes correspondientes a Santa María del Mar, Toledo y Gerona respectivamente, con

comportamientos similares. Para terminar tenemos la catedral de Sevilla que posee la nave central con menor iluminación general de las 6, con apenas 8,20 luxes de media.

La siguiente gráfica (Fig. 7.7 y 7.7.1), de **desarrollo de la iluminación en la nave central**, intenta discriminar el comportamiento de la nave, no sólo en cuanto a iluminación general, sino en cómo esta se desarrolla a lo largo de los distintos puntos que contiene; si es **creciente** de los pies al crucero o si por el contrario es **decreciente** según la nave se acerca a este.

El ejercicio lo hemos realizado de nuevo para el conjunto de las seis muestras estudiadas así como para las catedrales españolas de manera particular.

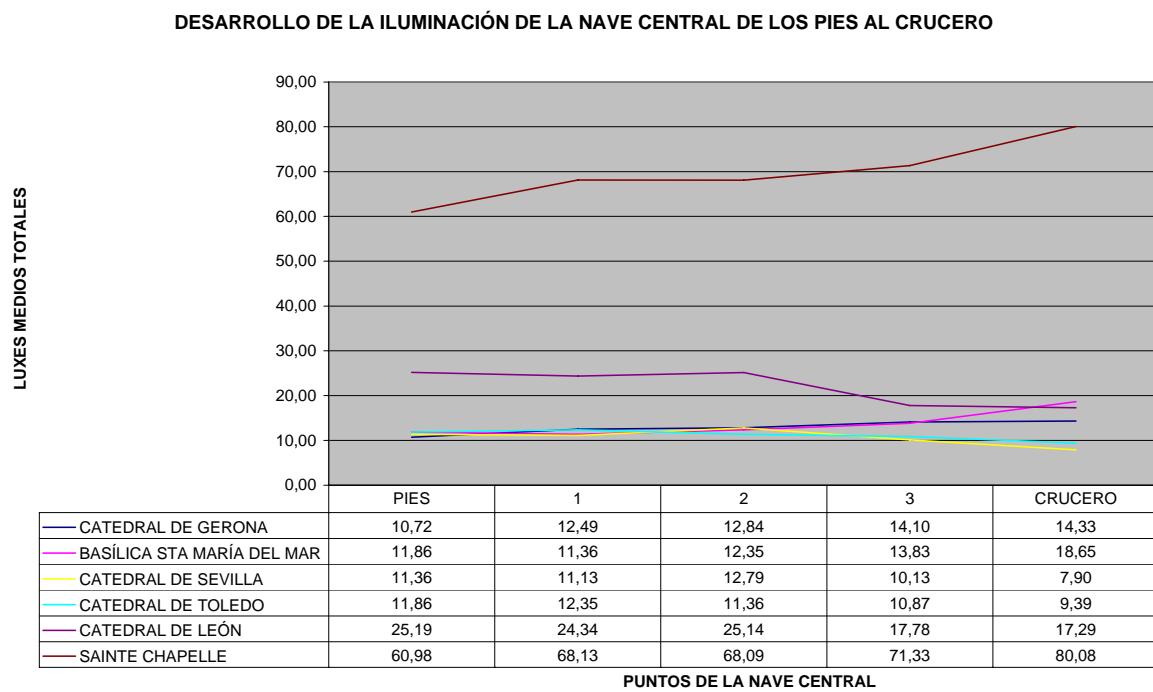


Fig. 7.7. Gráfica comparativa entre muestras. Iluminación media total de los pies al crucero de la nave central. Autor: Juan M. Medina.

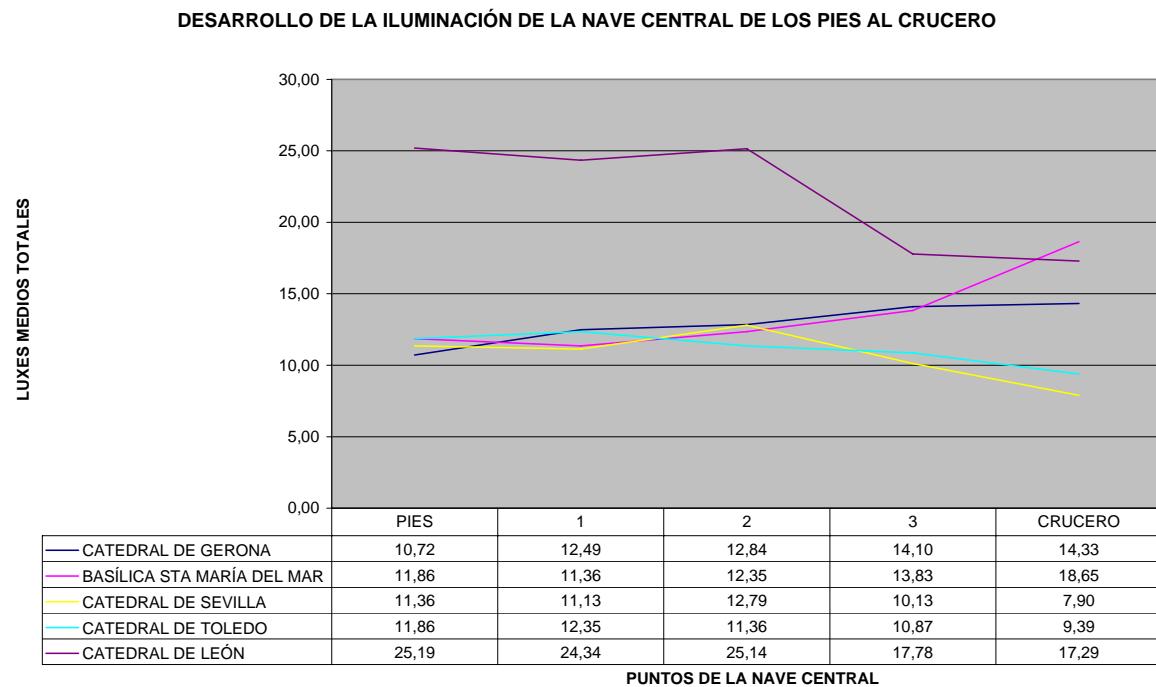


Fig. 7.7.1 Gráfica comparativa entre muestras. Iluminación media total de los pies al crucero de la nave central, excluyendo de la comparativa la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Si analizamos las gráficas, detectamos que algunas catedrales van ganando en intensidad lumínica a medida que se acercan al crucero o “punto asimilado al crucero”, que sería el presbiterio en las iglesias de una sola nave, mientras que otras se van templando y llegando a valores más bajos en este punto tan importante.

De ese modo, serían de **comportamiento creciente** la Sainte Chapelle, Gerona y Santa María del Mar (Fig. 7.8), y de **comportamiento decreciente** Sevilla, León y Toledo (Fig. 7.9).

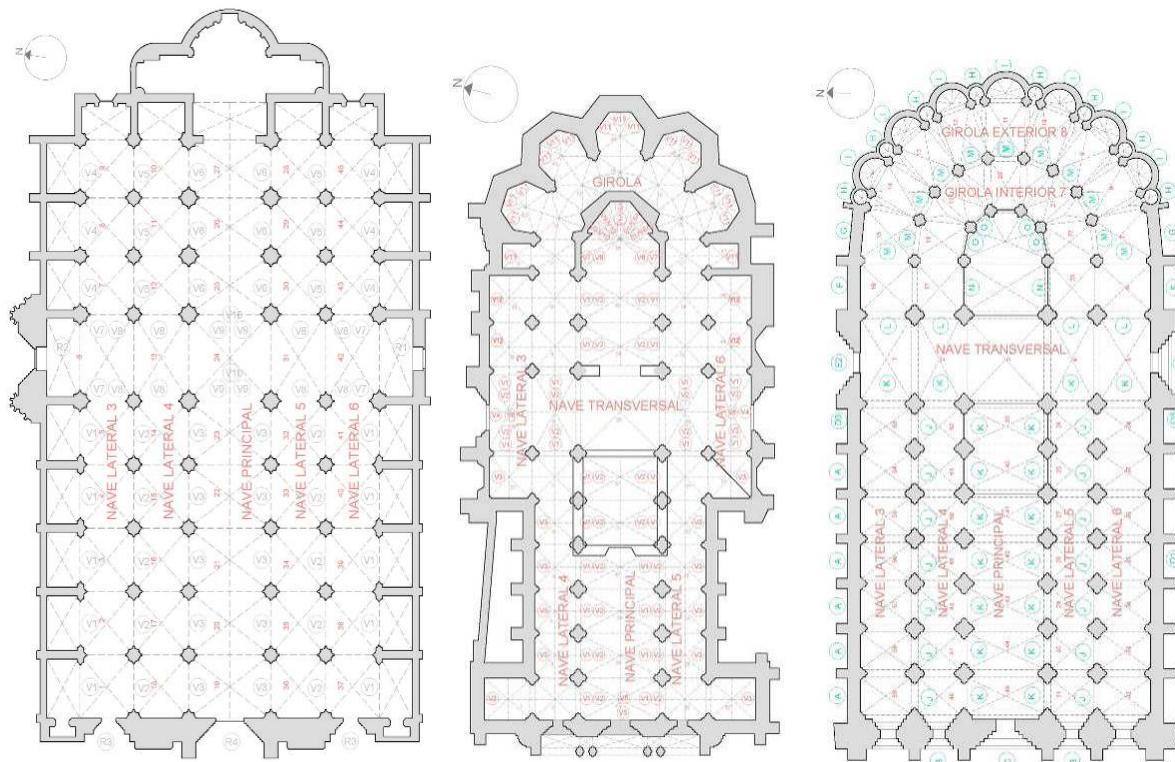


Fig. 7.8. Catedrales con comportamiento lumínico de la nave central decreciente: Sevilla, León y Toledo

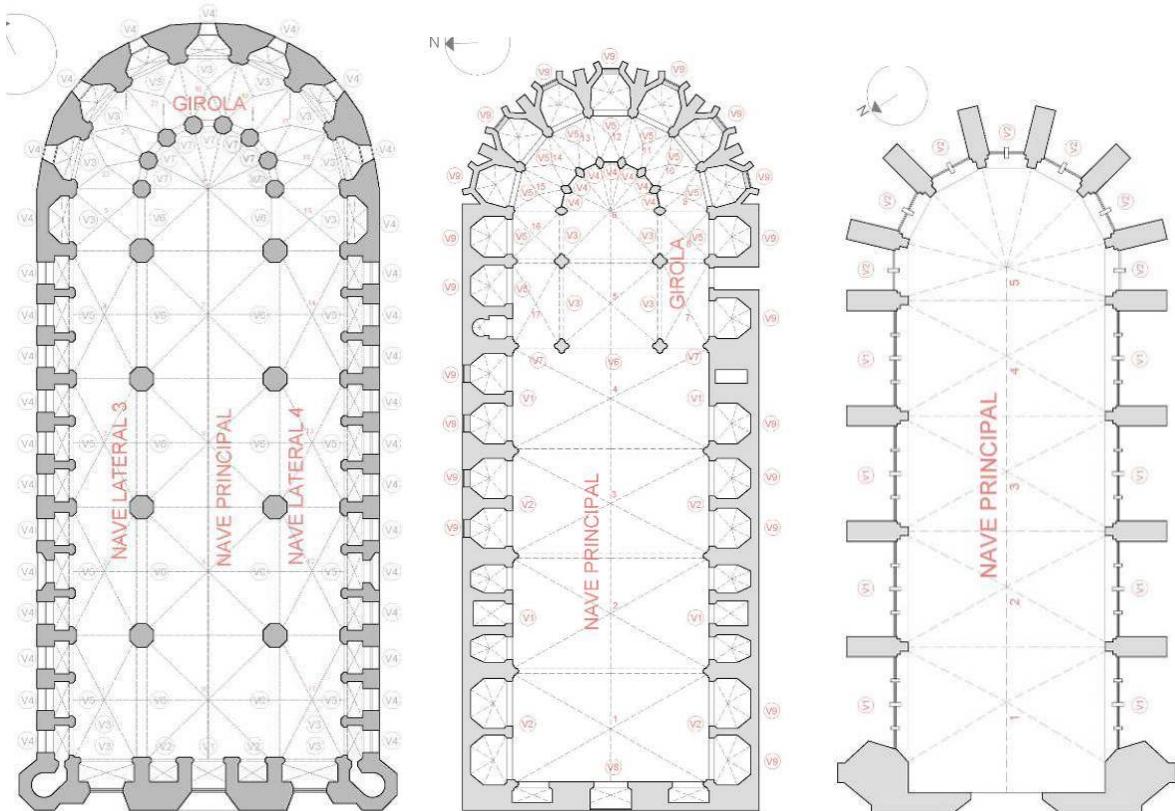


Fig. 7.9. Catedrales con comportamiento lumínico de la nave central creciente: Santa María, Gerona y la Sainte Chapelle.

Si analizamos la planta de las catedrales y observamos cuales de ellas son crecientes y cuales decrecientes, se detecta un patrón claro en función de la planta:

Son **crecientes** las naves cuyo crucero se halla influenciado por el **ventanaje del presbiterio**, es decir, aquellos cuyo brazo central no avanza más allá de su intersección con la nave transversal o incluso que no posea tal nave. También influye que, los **ventanales al este y al oeste del crucero estén cerca** y sean capaces de iluminarlo, esto se dará con mayor facilidad en las catedrales de una sola nave o en aquellas que, aun teniendo nave transversal, esta sea corta.

**Los factores de planta detectados** para saber si una catedral es creciente o decreciente son:

- 1.- **Cercanía del crucero al presbiterio:** Serán crecientes las que su brazo central no avanza más allá de su intersección con la nave transversal.
- 2.- **Disposición de naves:** a menor número de de naves (más creciente si es nave única), mayor es la cercanía de los rosetones al crucero y por tanto el desarrollo es más “creciente”.

## 7.2.2. COMPARATIVA DE ILUMINACIÓN INDIRECTA DE LOS PUNTOS SINGULARES DE LAS CATEDRALES.

Tal como detectábamos en el análisis precedente, la medición de los **puntos singulares** de las muestras entre los pies y el crucero (Fig. 7.10 y 7.10.1) nos muestra como hay catedrales en las que los pies de la iglesia cobran protagonismo luminoso frente al crucero y como otras funcionan a la inversa, siendo en estas el crucero el punto de máxima importancia.

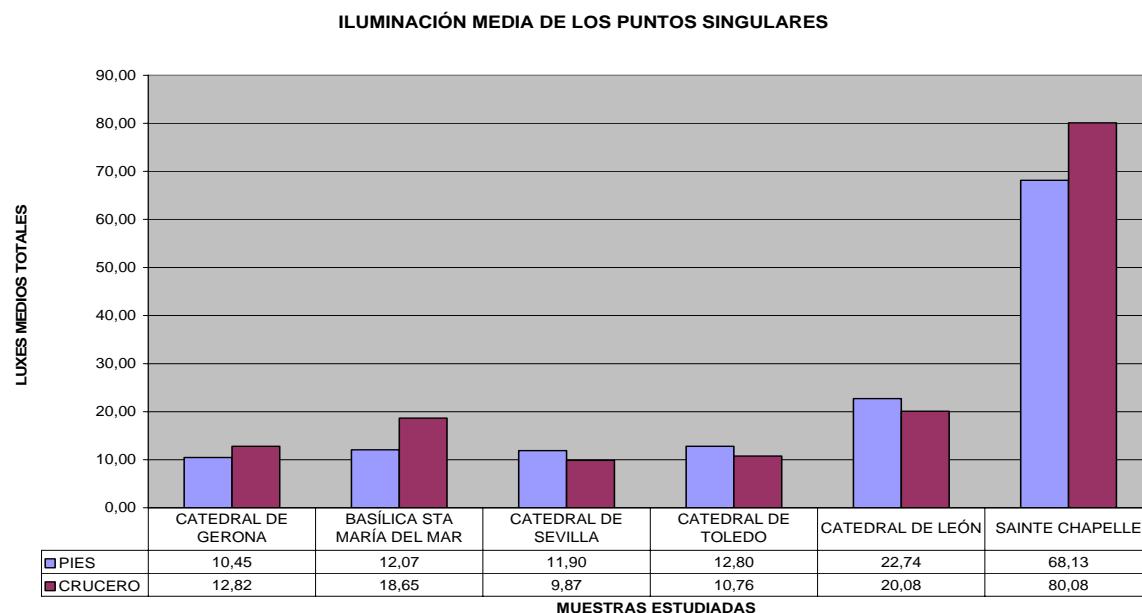


Fig. 7.10 Gráfica comparativa entre muestras de la iluminación media de los puntos singulares. Autor: Juan M. Medina.

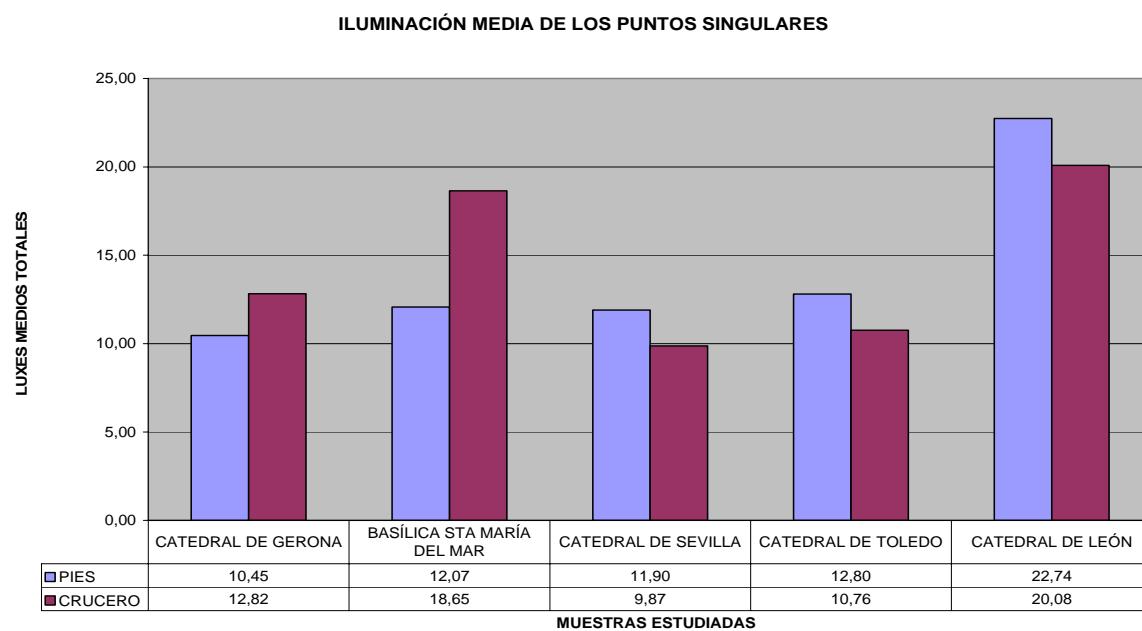


Fig. 7.10.1 Gráfica comparativa entre muestras de la iluminación media de los puntos singulares., excluyendo de la comparativa la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Cabe resaltar un hecho curioso cómo lo es el que, Santa María del Mar, una catedral de iluminación general baja tal como veremos más adelante, tiene, en el crucero, un comportamiento similar a la catedral de León, catedral que tiene una iluminación general muy superior a ésta.

En general, esta gráfica comparativa, confirma la tendencia creciente y decreciente observada entre las distintas catedrales y anteriormente expuesta y nos muestra como la volumetría y disposición en planta de las naves y presbiterio afecta a los matices de iluminación de los puntos más singulares de la iglesia y al recorrido de la iluminación a lo largo de us nave principal.

### 7.2.3. COMPARATIVA DE ILUMINACIÓN TOTAL.

La siguiente comparativa evalúa la media de **iluminación total** obtenida a lo largo de los distintos días del año y todos los puntos de la catedral censados de tal modo que, una vez dividido su valor por el número total de puntos, conseguimos un valor medio perfectamente comparable para cada muestra, una simplificación del modelo que nos cuenta la capacidad de "absorción" lumínica general de cada muestra, tanto en la gráfica de iluminación por meses (Fig. 7.11 y Fig. 7.11.1) como en la gráfica de iluminación media total (Fig. 7.12 y Fig. 7.12.1). De nuevo se presenta una doble comparativa, con la inclusión de la Sainte Chapelle en el primer caso y con su exclusión en el segundo.

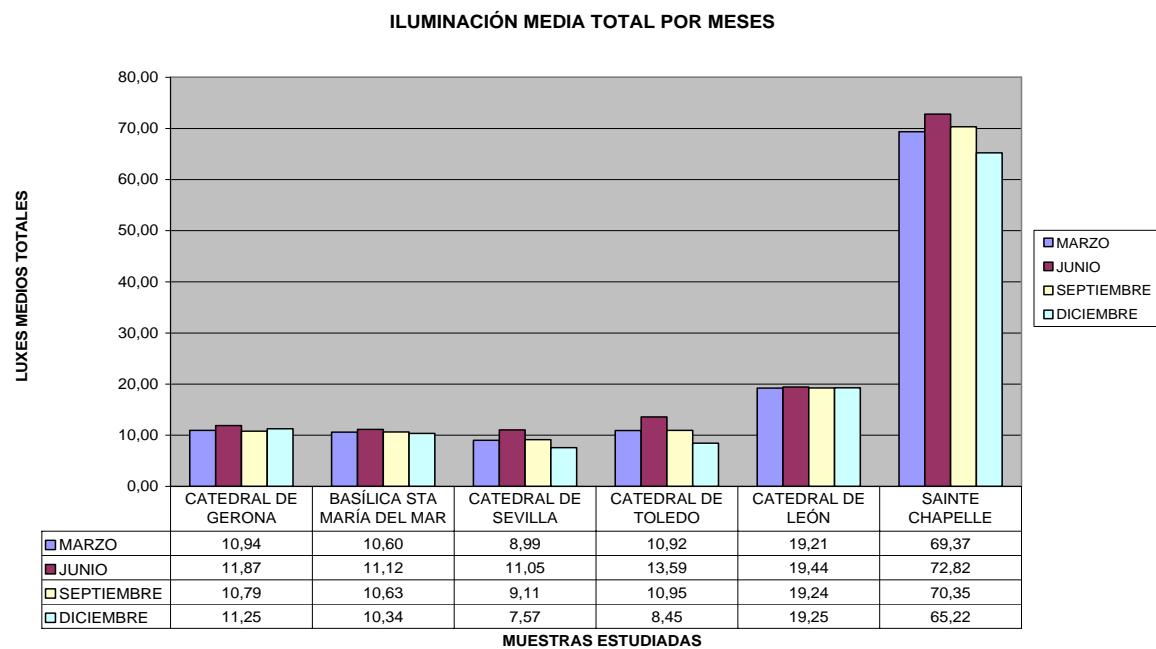


Fig. 7.11. Iluminación media total por meses. Autor: Juan M. Medina.

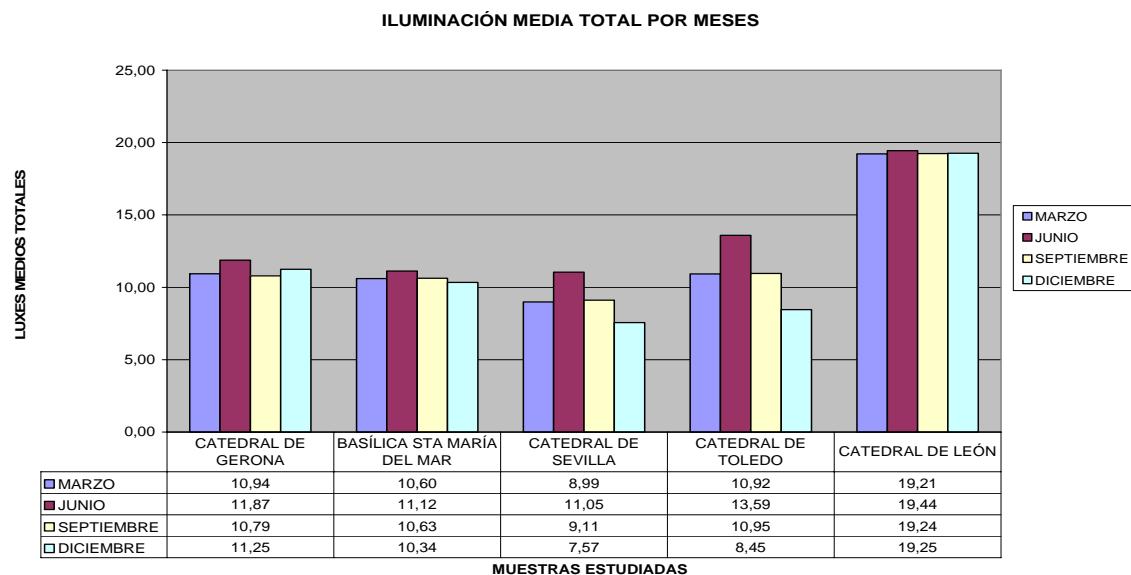


Fig. 7.11.1 Iluminación media total por meses excluyendo la Sainte Cahpelle. Autor: Juan M. Medina.

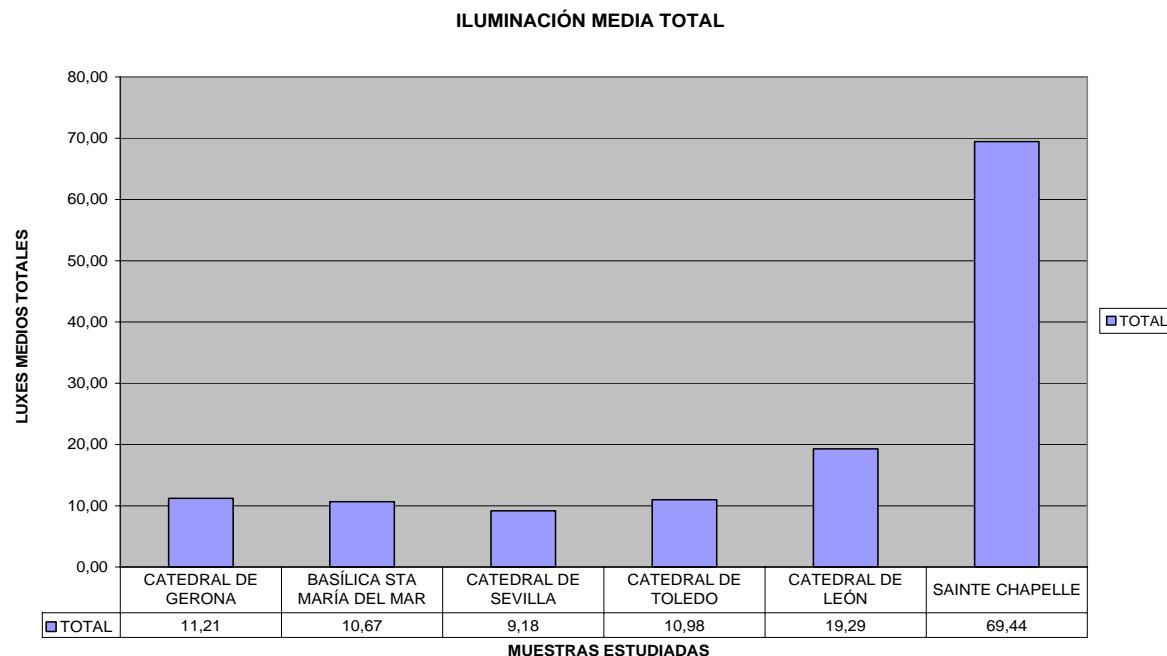


Fig. 7.12. Iluminación media total. Autor: Juan M. Medina.

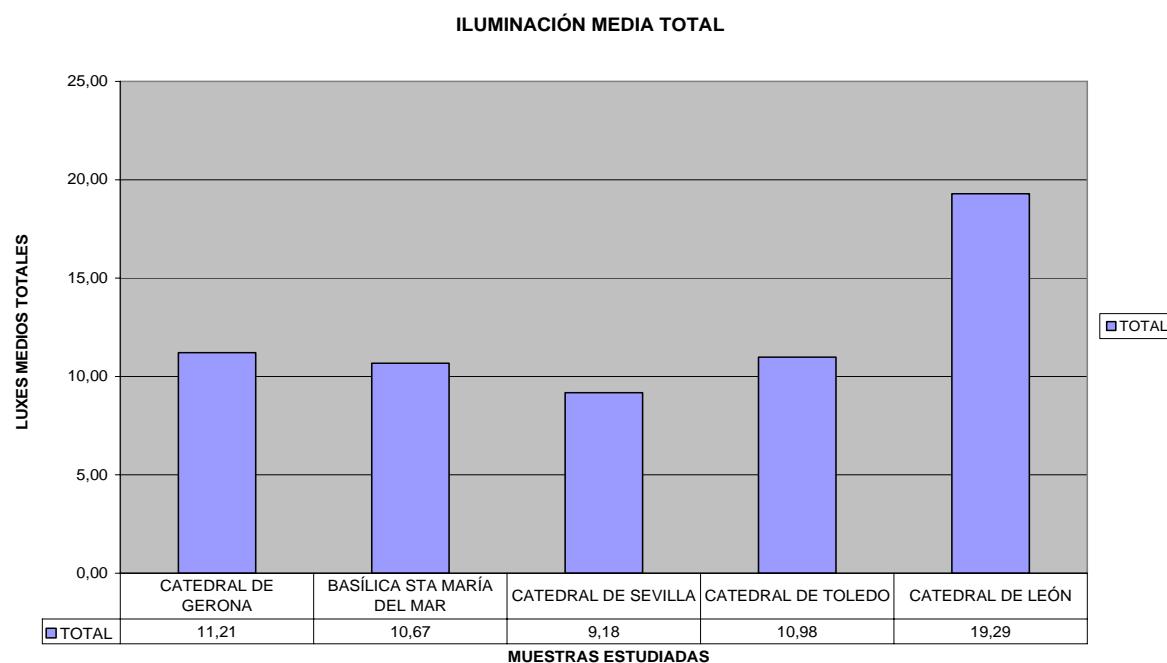


Fig. 7.12.1 Iluminación media total excluyendo de la comparativa la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

Tanto en la comparación de iluminación media total por meses como en la de iluminación media total, encontramos parámetros de comportamiento similares; como podemos observar, la muestra más iluminada en general es la **Sainte Chapelle**, que con sus casi 70,00 luxes de iluminación total, supone un salto aproximado de 6-7 veces más que las españolas.

En segundo lugar se encuentra **León**, con una iluminación media de casi 20,00 luxes. En tercer lugar tenemos un conjunto de catedrales de iluminación media similar como son **Toledo, Santa María del Mar y Gerona**, con iluminaciones medias totales de 10,67, 10,98 y 11,21 luxes respectivamente.

Por último encontramos la catedral de **Sevilla**, cuya forma y volumen, junto con la composición de su estructura de vanos, arrojan un valor medio de iluminación total significativamente bajo: 9,18 luxes.

Una vez analizados los valores, **los factores detectados** (Fig. 7.12.2) para la mayor o menor cantidad de iluminación general en la catedral son:

- 1.- **Factor de transparencia total (FtT)**: Es el factor más determinante. A mayor FtT mayor iluminación general en la catedral.
- 2.- **Factor de transparencia de muro (Ftm)**: a mayor Ftm mayor iluminación en la catedral, aunque este factor está supeditado al anterior y es secundario con respecto a este, es decir, que una catedral "sísmica" con un bajo Ftm, si su FtT es adecuado puede tener más iluminación que una francesa con bajo FtT.

Es el caso de Toledo: Esta catedral tiene un factor de transparencia de muro (Ftm) alto, de 21.26, mientras que Gerona, de carácter sísmico, tienen un Ftm mucho más bajo, de 16.44. Todo parecería apuntar a que Toledo tendría más iluminación general que Gerona pero la realidad es que la iluminación media total es extremadamente parecida en ambos edificios.

La razón de esta igualdad se haya en que Toledo tiene un FtT de 0.95 mientras que los de Gerona lo tiene de 1.12, y esto compensa en gran medida el bajo Ftm.

- 3.- **Factor de altura de arranque de ventanales (Fhc)**: No queda demostrado que la altura de arranque de la ventana sea o no determinante en el resultado luminoso global pero la realidad nos muestra como León, que tiene mucha más iluminación general que las otras "grandes" tiene, además de un FtT mayor, una altura de arranque de ventanas de apenas 13 metros por los 20 de Toledo y los 25 de Sevilla.

4.- **Disposición de naves:** a menor número de naves, para un mismo factor de transparencia, la iluminación es mayor. Cuantas más naves, más difícil es el camino de la luz hacia el interior.

En el caso de Gerona y Santa María del Mar, estas se ven beneficiadas por su disposición de naves frente a Toledo y Sevilla, por lo que su condicionante "sísmico" que provoca una menor transparencia de muro, se ve contrarestando por la disposición de naves sin decalaje, o única, frente a las grandes catedrales de Toledo y Sevilla.

CATEDRAL	FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)			FACTOR ALTURA ARRANQUE CLARIST.
	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	Fpl	FtT	
Gerona	1,54			16,44	0,12	1,12	18,95
Sta M <sup>a</sup> (Sin decalaje)	1,14			11,88	0,09	0,66	17,22
Sevilla	2,28	2,23	2,44	10,47	0,04	0,37	25,66
Toledo	2,29	1,90	1,21	21,26	0,08	0,97	20,19
León	2,49	1,89		33,59	0,21	3,34	13,56
Sainte Chapelle	1,60			89,30	0,42	6,60	3,86

Fig. 7.12.2. Factores de esbeltez y de transparencia de las muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

#### 7.2.4. COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA. RECORRIDO DE VIDRIERAS.

Como decíamos cuando hablábamos de iluminación directa, aplicada a las catedrales góticas, este efecto es fundamental para el entendimiento de lo que la profesora Casinello denominó “**recorrido de vidrieras**”<sup>236</sup>.

Si analizamos el recorrido solar proyectado sobre cada muestra en cada momento del día y a lo largo de las distintas estaciones del año, podremos dibujar, en blanco sobre fondo azul, cómo cada vidriera tiene su momento de esplendor cuando impacta sobre el espectador derramando su capacidad de color simbólico.

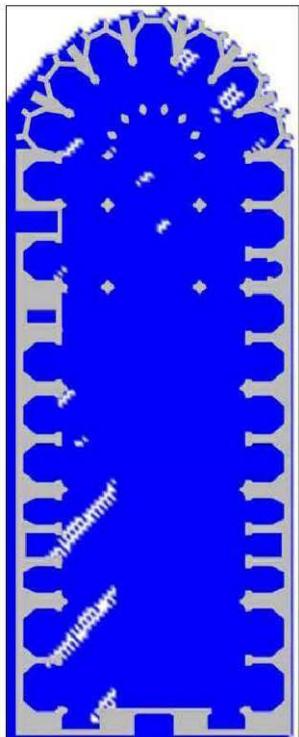
Para establecer las diferencias de incidencia de iluminación directa en las naves de las distintas catedrales hemos utilizado las imágenes lumínicas de cada muestra y las hemos puesto en relación unas con otras. Los resultados gráficos expuestos corresponden a uno de los días censados, el 21 de marzo de 1600, y las gráficas lumínicas son las que siguen:

---

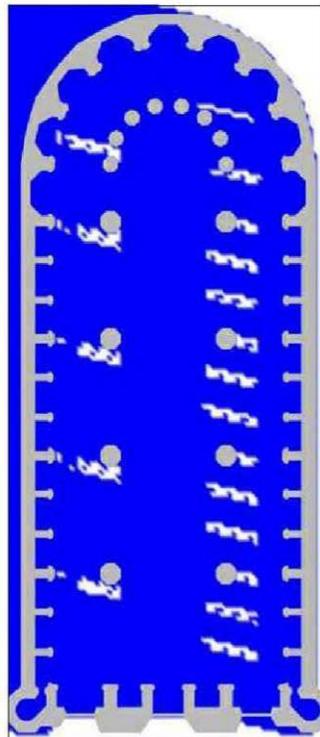
<sup>236</sup> CASSINELLO, M.J., “*Influencia de los terremotos históricos en la construcción de las catedrales góticas españolas*”, artículo publicado en la revista Annali di architettura, nº17/2005. p.11 y 12.

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA ENTRE MUESTRAS  
REPRESENTACIÓN DE LA INCIDENCIA SOLAR DIRECTA

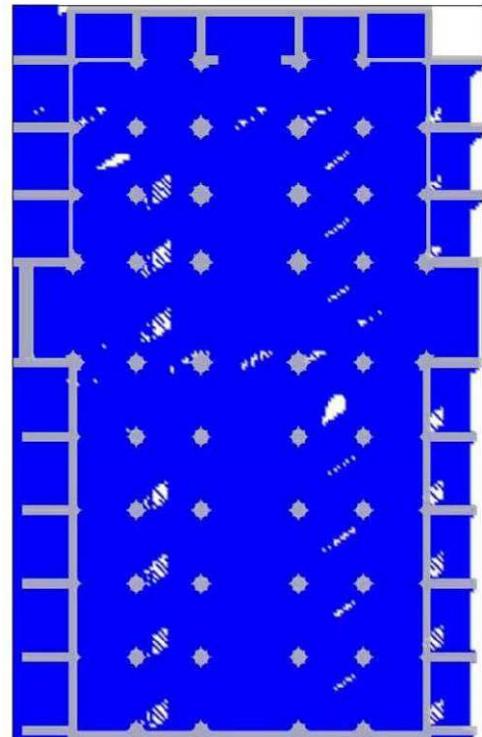
21 MARZO 10:00 AM



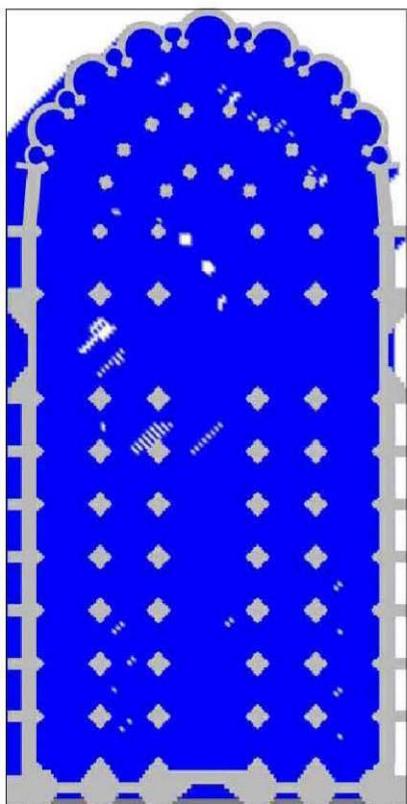
CATEDRAL DE GERONA



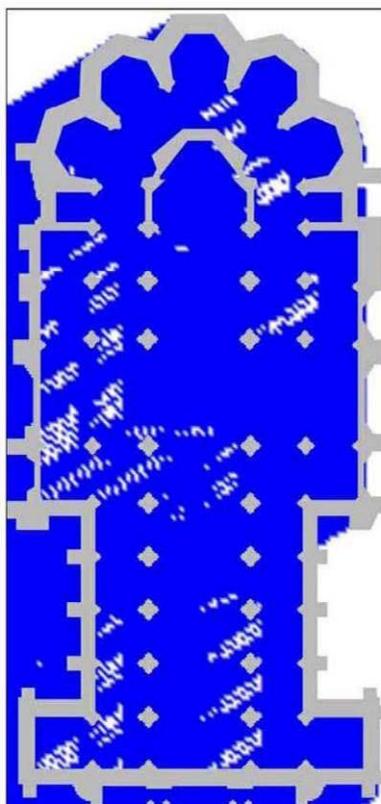
STA MARÍA DEL MAR



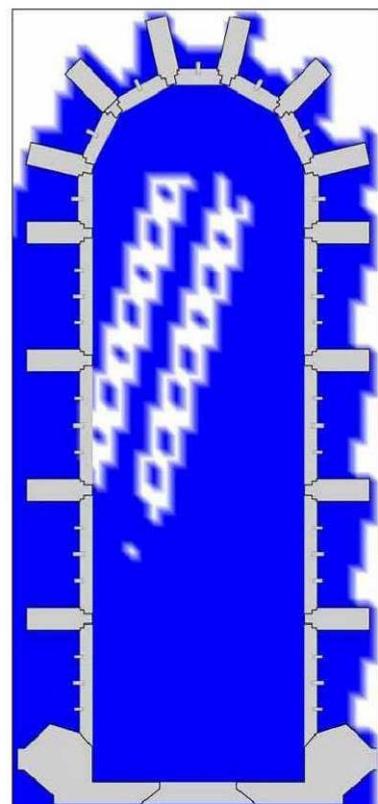
CATEDRAL DE SEVILLA



CATEDRAL DE TOLEDO



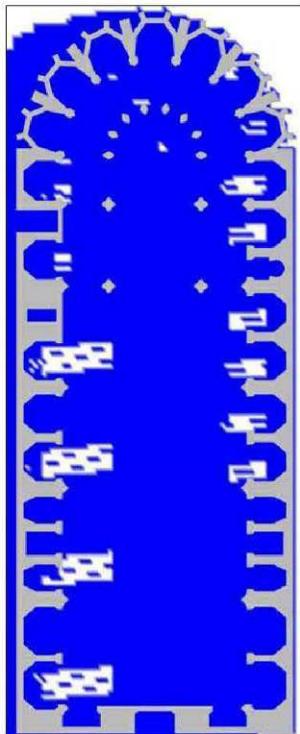
CATEDRAL DE LEÓN



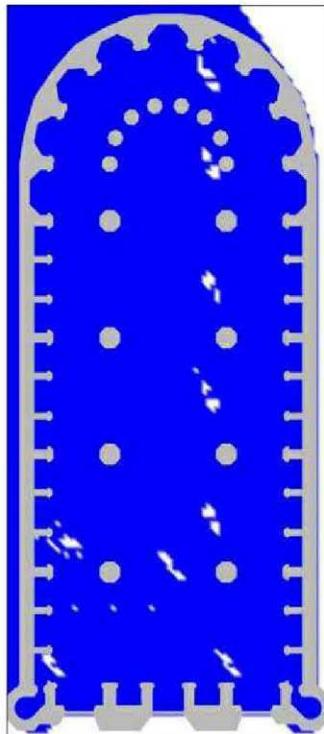
SAINTE CHAPELLE

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA ENTRE MUESTRAS  
REPRESENTACIÓN DE LA INCIDENCIA SOLAR DIRECTA

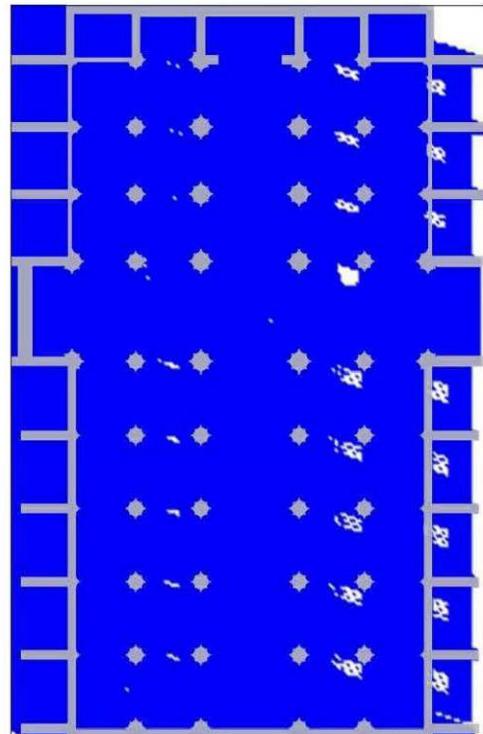
21 MARZO 12:00 AM



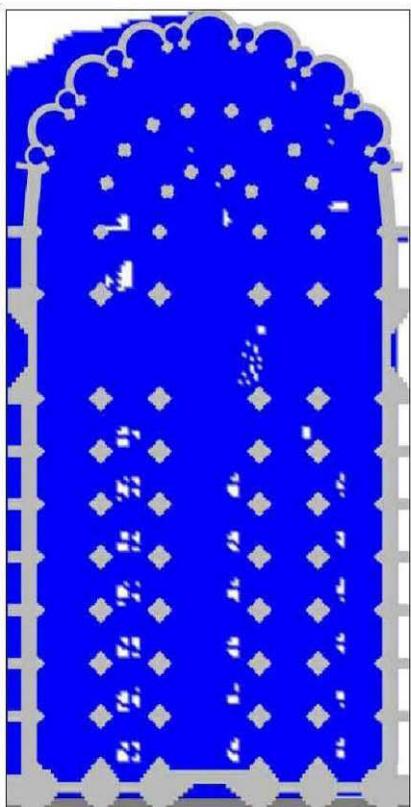
CATEDRAL DE GERONA



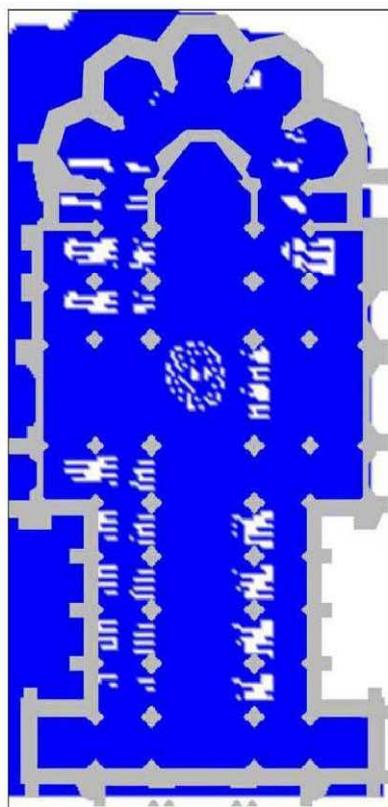
STA MARÍA DEL MAR



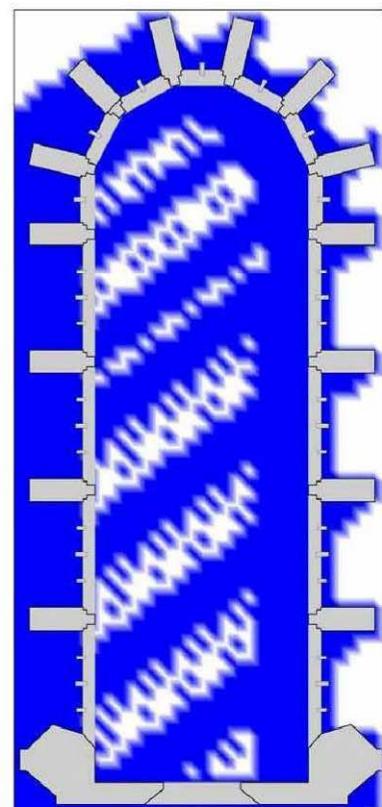
CATEDRAL DE SEVILLA



CATEDRAL DE TOLEDO



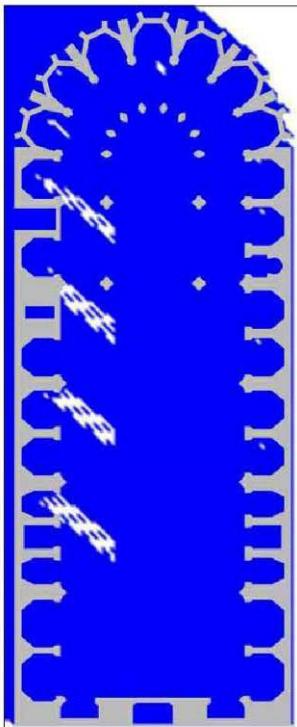
CATEDRAL DE LEÓN



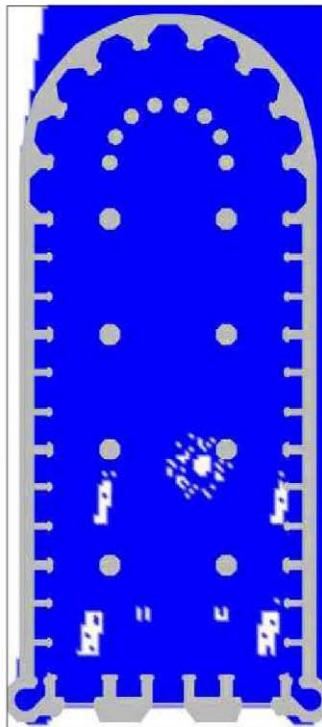
SAINTE CHAPELLE

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA ENTRE MUESTRAS  
REPRESENTACIÓN DE LA INCIDENCIA SOLAR DIRECTA

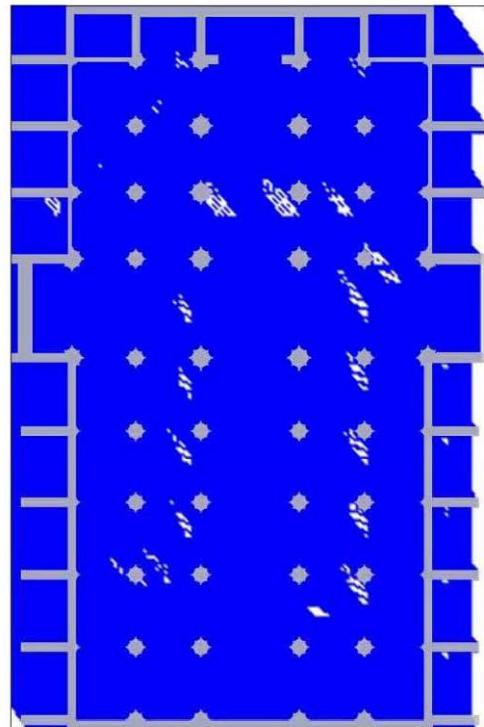
21 MARZO 14:00 AM



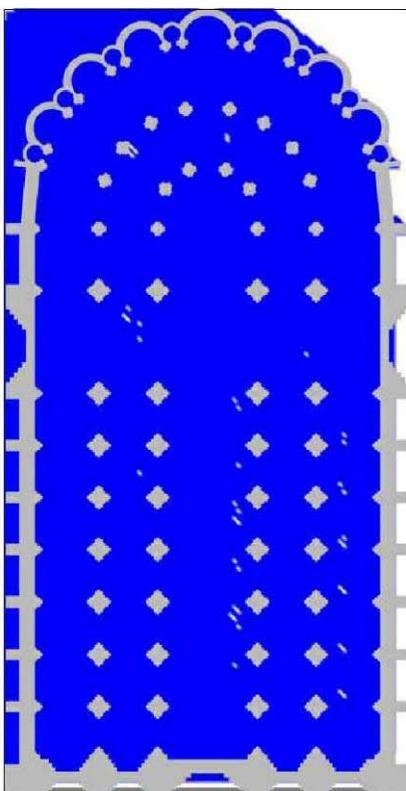
CATEDRAL DE GERONA



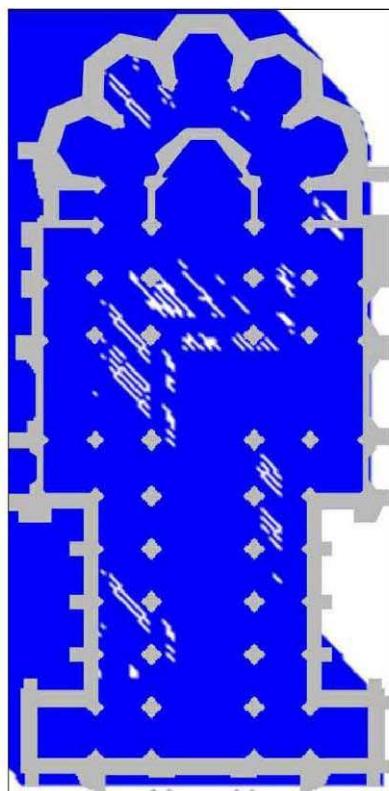
STA MARÍA DEL MAR



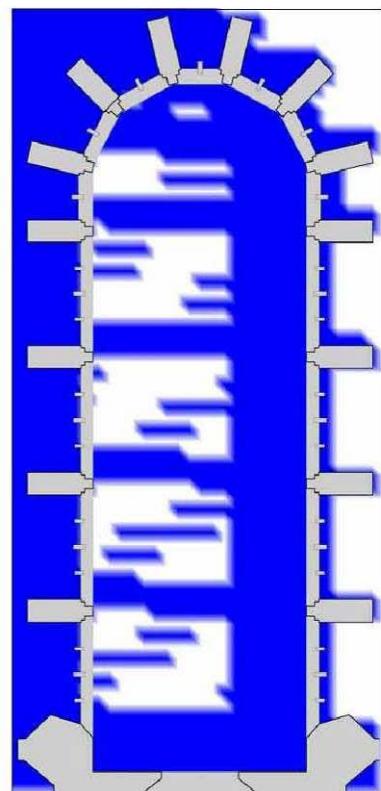
CATEDRAL DE SEVILLA



CATEDRAL DE TOLEDO



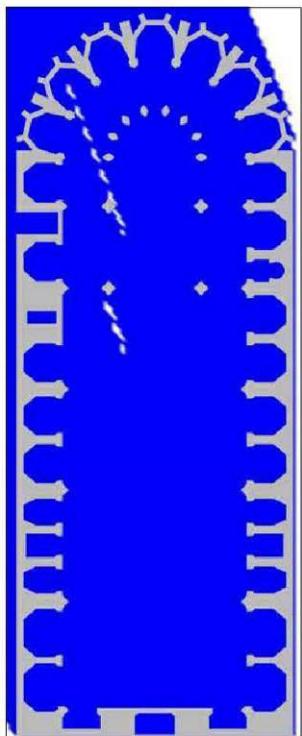
CATEDRAL DE LEÓN



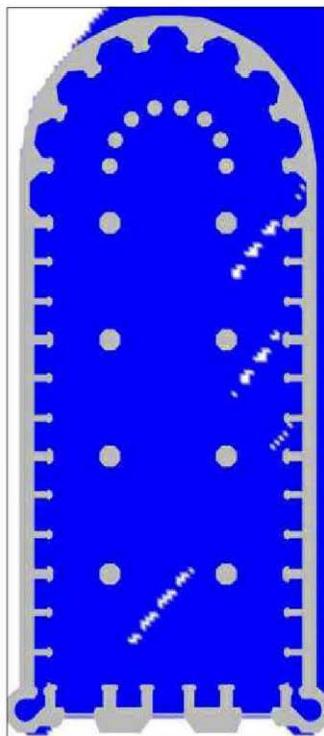
SAINTE CHAPELLE

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN DIRECTA ENTRE MUESTRAS  
REPRESENTACIÓN DE LA INCIDENCIA SOLAR DIRECTA

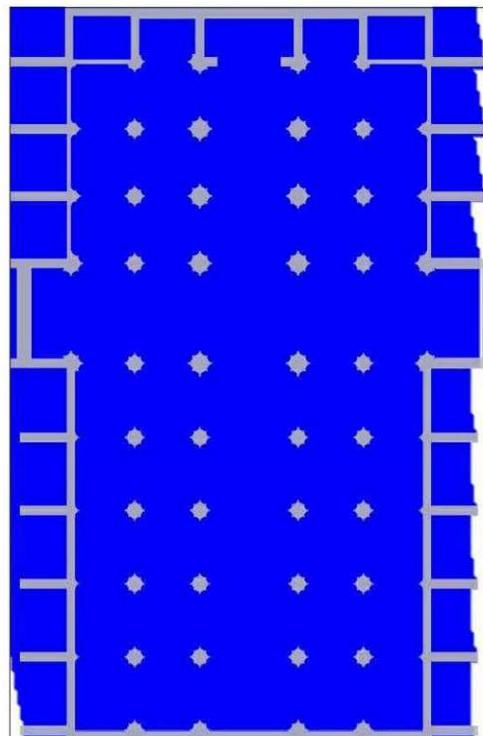
21 MARZO 16:00 AM



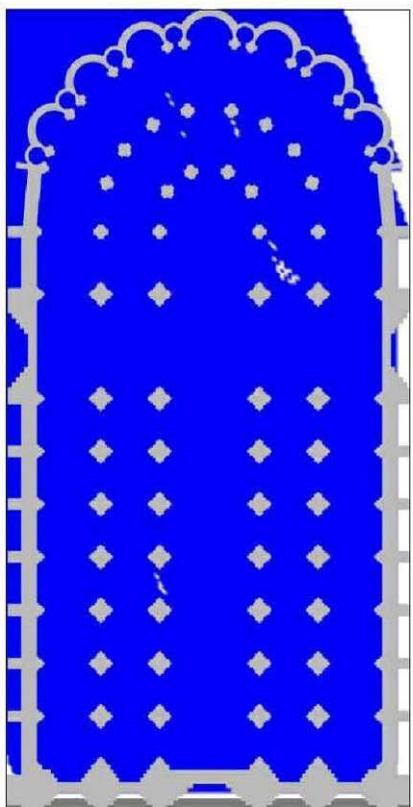
CATEDRAL DE GERONA



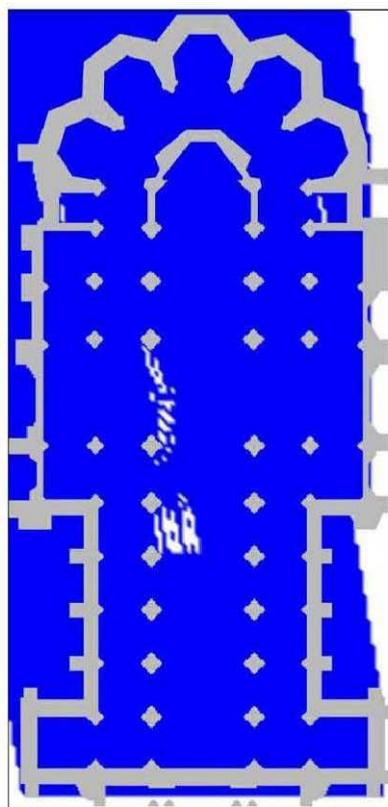
STA MARÍA DEL MAR



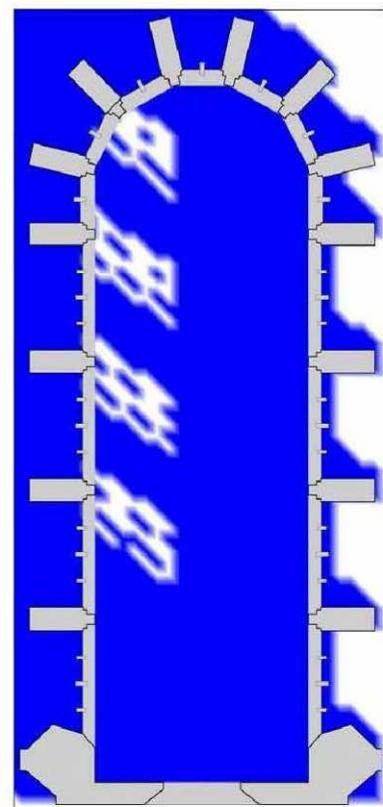
CATEDRAL DE SEVILLA



CATEDRAL DE TOLEDO



CATEDRAL DE LEÓN



SAINTE CHAPELLE

Estas gráficas se complementan con la medición exacta que sobre ellas se ha hecho de la cantidad de "blanco sobre azul" o lo que es lo mismo, la cantidad de impacto de luz directa en función de su superficie en planta (Fig. 7.13).

A esta relación la hemos denominado "**EXPRESIVIDAD**":

MUESTRA	MEDICIÓN LUZ DIRECTA SOBRE LA PLANTA (M2)					TOTAL LUZ POR MESES	SUPERFICIE PLANTA (m2)	LUZ/M2 (%)	RELACIÓN LUZ DIRECTA/M2 PLANTA. EXPRESIVIDAD
	10:00	12:00	14:00	16:00					
GERONA	Marzo	61,16	194,69	95,4	15,76	91,7525		3,86	3,35
	Junio	70,03	74,65	39,21	29,73	53,405		2,24	
	Septiembre	76,37	196,25	57,31	2,92	83,2125		3,50	
	Diciembre	30,2	240,87	91,06	0	90,5325	2380,00	3,80	
STA MARÍA DEL MAR	Marzo	144,70	44,84	77,01	43,87	77,605		3,47	3,24
	Junio	140,57	16,85	30,55	48,85	59,205		2,65	
	Septiembre	118,93	44,24	91,74	27,29	70,55		3,16	
	Diciembre	80,57	48,26	127,79	70,79	81,8525	2235,00	3,66	
SEVILLA	Marzo	199,33	183,48	163,85	0,00	136,665		1,68	1,38
	Junio	95,44	52,99	102,89	20,59	67,9775		0,84	
	Septiembre	146,02	97,00	141,70	0,00	96,18		1,18	
	Diciembre	233,34	304,50	50,56	0,00	147,1	8124,00	1,81	
LEÓN	Marzo	300,34	389,55	215,61	75,80	245,325		8,37	6,72
	Junio	320,64	265,71	153,82	136,60	219,1925		7,48	
	Septiembre	311,43	299,60	163,44	95,56	217,5075		7,42	
	Diciembre	128,26	148,26	138,11	7,05	105,42	2930,00	3,60	
TOLEDO	Marzo	75,35	13,27	22,99	14,87	31,62		0,61	1,40
	Junio	41,64	6,44	22,60	153,44	56,03		1,09	
	Septiembre	74,13	182,51	33,25	20,01	77,475		1,50	
	Diciembre	27,08	389,00	76,80	1,08	123,49	5164,00	2,39	
SAINTE CHAPELLE	Marzo	413,19	854,72	823,55	278,45	592,4775		119,69	78,31
	Junio	216,44	395,74	823,55	278,45	428,545		86,57	
	Septiembre	430,67	817,44	676,93	109,88	508,73		102,77	
	Diciembre	0,00	83,31	0,00	0,00	20,8275	495,00	4,21	

Fig. 7.13. Tabla comparativa de la incidencia de la luz directa sobre la planta de las distintas muestras. "Expresividad". Autor: Juan M. Medina.

Tal como se observaba de manera intuitiva y se corrobora con la tabla obtenida, la iluminación directa en la **Sainte Chapelle** es abrumadora. Con una **Expresividad de expresividad** de **78,31**, en algunos momentos del día es casi imposible esconderse del efecto luminoso sobre tu cabeza, pudiendo disfrutar a lo largo de la jornada de un recorrido solar que mueve el color y lo distribuye sobre los espectadores. (Fig. 7.14)

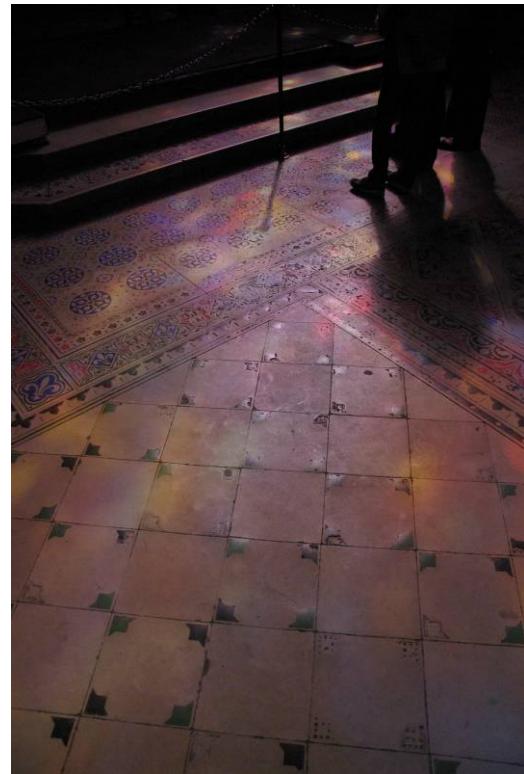


Fig. 7.14. Efectos luminosos sobre el suelo de la Sainte Chapelle de París. 21 de marzo de 2011 a las 12.00 horas. Fotografía: Juan M. Medina.

También vemos como la catedral de León consigue impactos similares que, aunque en menor proporción que la Sainte Chapelle, igualmente consiguen identificar los conjuntos de vidrieras sobre el suelo como si de una proyección en perspectiva se tratara. Es la iglesia con más “impactos” directos de las españolas. (Fig. 7.15 y Fig. 7.16)



Fig. 7.15. Rosetón de la catedral de León proyectado sobre el crucero. 21 de marzo de 2012. 12.00 horas. Fotografía: Juan M. Medina.

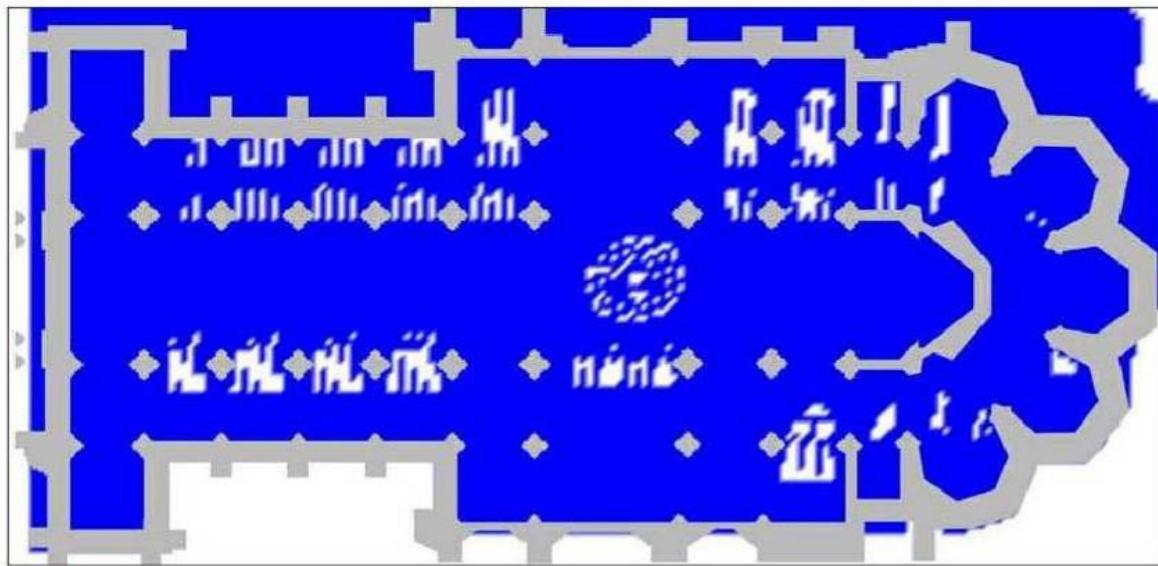


Fig. 7.16 Gráfica de iluminación directa sobre la catedral de León. 21 de marzo de 1600. 12.00 horas.  
Autor: Juan M. Medina.

Le siguen, según la importancia de su Expresividad, **Gerona** y **Santa María del Mar**, con expresividades de **3.35** y **3.24** respectivamente. Estos templos consiguen, gracias a su proporción y forma, gran cantidad de impactos luminosos sobre su planta, todo ello a pesar de su condición de iglesias de tipo “sísmicas” y de tener una transparencia de muro baja debido a sus limitaciones estructurales (Ftm de 15.44 y 11.48, respectivamente).

Por último tenemos las catedrales de **Sevilla** y **Toledo** que, debido a su forma, volumen y decalaje entre naves, no consiguen que sus vidrieras se expresen con su máximo esplendor, recayendo sobre la cabeza de los fieles. Estas dos catedrales de enormes dimensiones, quedan mudas en lo que se refiere a iluminación directa, con expresividades de **1,40** y **1,38** respectivamente.

Si bien se puede comprender el carácter “mudo” de la catedral de Sevilla, con un factor de transparecia de muro bajo ( $Ftm=10,47$ ), es especialmente significativo el caso de Toledo que, si bien es de tipo estructural “francés”, con una mayor libertad en la apertura de vanos en el muro (factor de transparecia de muro;  $Ftm=21.25$ ) consigue un 59% menos de impactos por unidad de superficie en planta que las “sísmicas” de Santa María del Mar y de Gerona.

Los factores detectados para la mayor o menor Expresividad en planta son:

- 1.- **Factor de transparencia Total (FtT)**: a mayor FtT, factor que relaciona vanos con volumen servido, mayor es la proyección solar en planta.

2.- **Factor de proyección lumínica (Fpl):** a mayor Fpl, factor que relaciona vanos con superficie en planta servida, mayor es la incidencia solar sobre el suelo.

3.- **Factor de altura de arranque de claristorio (Fhc):** cuanto más bajo es el arranque de los ventanales del claristorio, mayor es la incidencia en el suelo. (León 13 metros por los 25 metros de Sevilla)

Este análisis demuestra que algunas catedrales sísmicas, como son Santa María del Mar y Gerona, a pesar de tener limitada su capacidad de transparentar sus muros, son capaces de expresar su sentido gótico mejor que algunas catedrales francesas como es el caso de la catedral de Toledo.

### 7.2.5. COMPARATIVA DE ILUMINACIÓN ACTUAL. FACTOR DE DISTORSIÓN

En lo referente al estudio de la iluminación actual de cada catedral muestra, hemos detectado y cuantificado las distorsiones y efectos que, las sucesivas intervenciones han tenido sobre la distribución de la luz en cada muestra.

Si la luz gótica fue creada con un propósito concreto, el presente apartado trata de desentrañar cual es su situación actual ya que la arquitectura es, en definitiva, un reflejo de su luz y es ésta la que la modula y acota. Tal como describía Navarro “*Ceguemos con la imaginación, por un instante, los múltiples huecos de la bóveda central de Santa Sofía. Aún manteniendo su forma física, la arquitectura es otra. Los espacios interiores no son homogéneos desde el punto de vista lumínico. La entrada de energía produce anisotropía en el medio y ésta es la que verdaderamente configura la percepción del espacio.*”<sup>237</sup>

En este apartado queremos relacionar estos **factores de distorsión** de cada muestra para ponerlos en contexto y determinar si son más o menos agresivos con la iluminación gótica primitiva al compararlos entre sí. El resultado de esta comparativa lo tenemos en la gráfica siguiente: (Fig. 7.17).

FACTOR DE DISTORSIÓN		
	DISTORSIÓN NAVE CENTRAL	DISTORSIÓN TOTAL
CATEDRAL DE GERONA	1.91	1.27
STA MARÍA DEL MAR	1.15	1.32
CATEDRAL DE SEVILLA	2.56	3.08
CATEDRAL DE TOLEDO	2.75	3.16
CATEDRAL DE LEÓN	1.14	1.64
SAINTE CHAPELLE	1.03	1.03
CATEDRAL DE GERONA SIN LUCES ARTIFICIALES	1.01	1.01

Fig. 7.17. Cuadro de factores de distorsión para las distintas muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

<sup>237</sup> NAVARRO, Jaime, “*Sobre la iluminación natural en arquitectura*”. Texto resumido de la tesis doctoral del autor. Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1983. ISBN: 87-7405-268-8. p. 7

Esta tabla, así como la gráfica de barras que relaciona los grados de distorsión existentes entre las muestras (Fig. 7.18), nos muestran las diferencias existentes entre las distintas catedrales y como unas han sido más “respetuosas” con la iluminación gótica y otras menos.

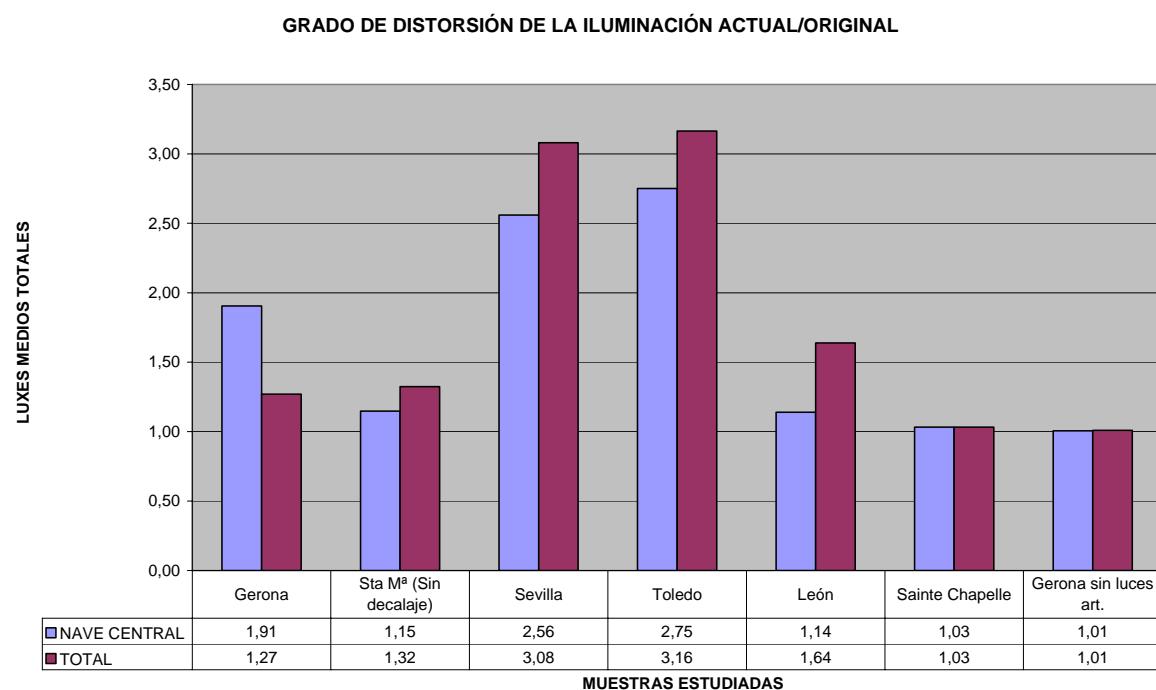


Fig. 7.18. Gráfica comparativa de los distintos grados de distorsión existentes en las muestras. Autor: Juan M. Medina.

Podemos comprobar como la muestra estudiada con el menor grado de distorsión es la **Sainte Chapelle**. Esta capilla, posee tal cantidad de luz, que la iluminación artificial puntual superpuesta (Fig. 7.19), apenas afecta dentro de los regímenes de iluminación general, obteniendo un factor de distorsión de **1,03**. Además, sus vidrieras se han restaurado con el principio de restitución manteniendo los colores de los vidrios. Tampoco existen otros efectos que puedan distorsionar la luz como puertas de acceso abiertas, lucernarios y demás, por lo que el estricto control sobre la iluminación hace que su realidad actual sea la misma que en sus orígenes góticos.



Fig. 7.19. Visión general de la iluminación artificial "difuminada" de la nave de la Sainte Chapelle. Fotografía: Juan M. Medina.

A continuación, y siguiendo con los grados de distorsión detectados, tenemos la Basílica de **Santa María del Mar** y la **catedral de León**. En ambos templos, con factores de distorsión de **1.32** y **1.64** respectivamente, la sensación que se obtiene como espectador nada más acceder a ellos es fundamentalmente gótica. La grandiosidad espacial queda enmarcada en unos regímenes lumínicos de muy baja intensidad, perfectamente controlados y con ligeros puntos de distorsión aislados.

Especialmente simbólica es la entrada a la catedral de León. Esta catedral es, tal como hemos visto anteriormente, la catedral más iluminada de las góticas españolas, con un factor de transparencia de muro de un 33% y un claristorio al nivel de los grandes conjuntos de vidrieras de las catedrales europeas más importantes. Sin embargo, la entrada en el templo produce en el espectador una sensación de oscuridad que sobrecoge de manera asombrosa. Es necesario acomodar la visión para poder asimilar la contundencia espacial y, casi como si de un imán se tratase, dirigir la mirada de manera intuitiva al conjunto de vidrieras coloreadas. Todo el simbolismo gótico se mantiene intacto (Fig. 7.22) y aunque existan distorsiones lumínicas, están son controladas y serían fácilmente rectificables.

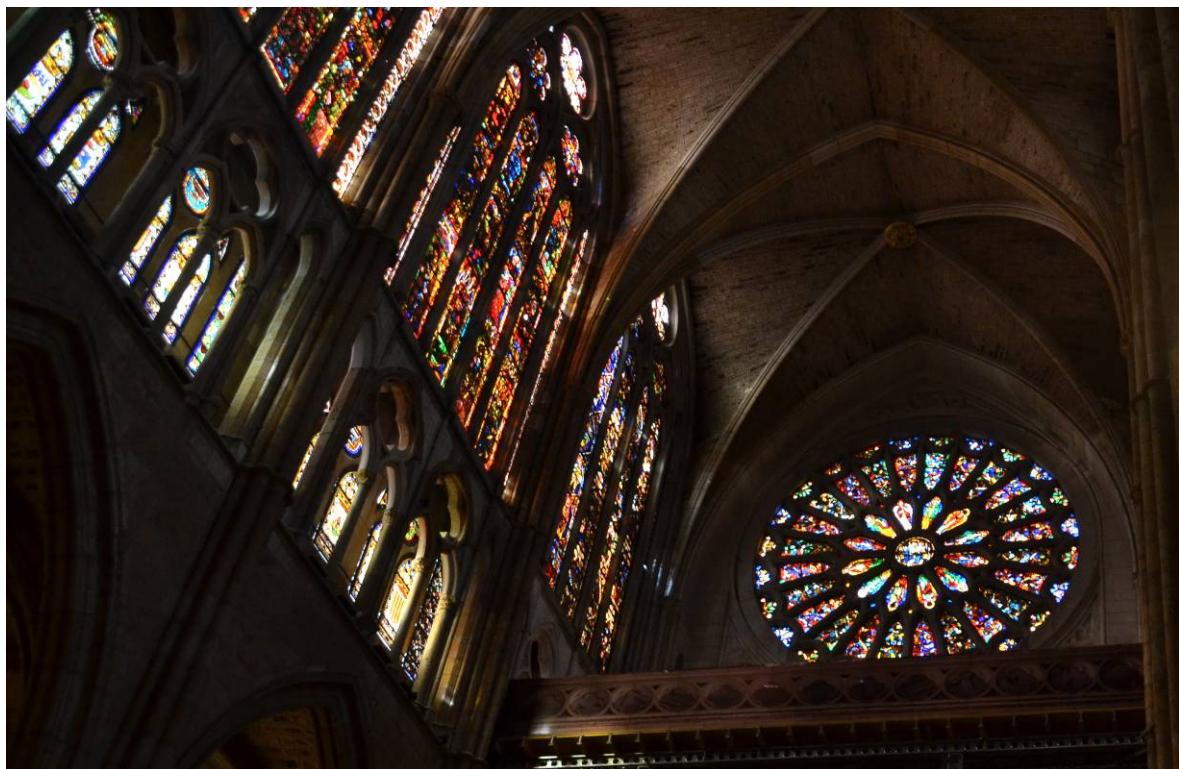


Fig. 7.22. Claristorio "retroiluminado" de la catedral de León. Fotografía: Juan M. Medina.

La siguiente muestra en distorsión sería la catedral de **Sevilla**, que, teniendo una distorsión de **3.08**, se encuentra con diferencias importantes de iluminación entre el estado original y el actual.

Esta distorsión general se produce, fundamentalmente, porque a las 11.00 se encienden unos potentes focos de iluminación amarilla, que iluminan desde el triforio hacia las bóvedas. Esto se hace para dar prestancia a la composición nervada de las bóvedas, y lo consigue, poniéndolas de manifiesto más que en ningún otro espacio gótico. Sin embargo, en lo referente al ambiente gótico, la luz queda en cierto modo desvirtuada ya que se pierde la percepción de las ventanas del claristorio, escondidas bajo la iluminación general de tonos amarillos de la bóveda, además de conseguir situaciones de iluminación hasta 3 veces más elevadas que las pretendidas según el proyecto gótico. (Fig. 7.20 y Fig. 7.21)

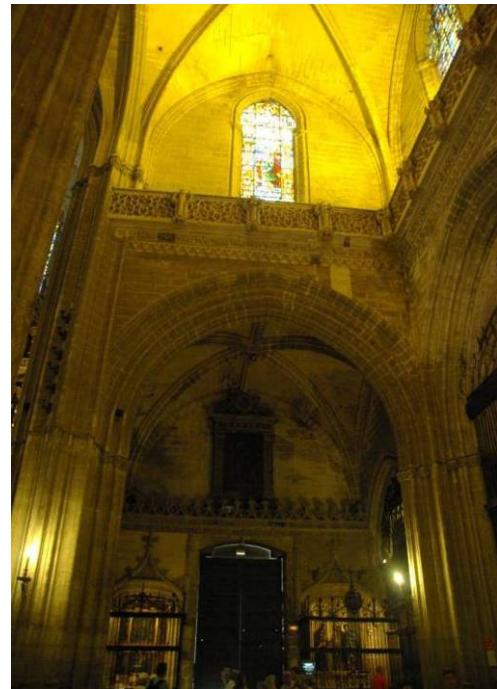
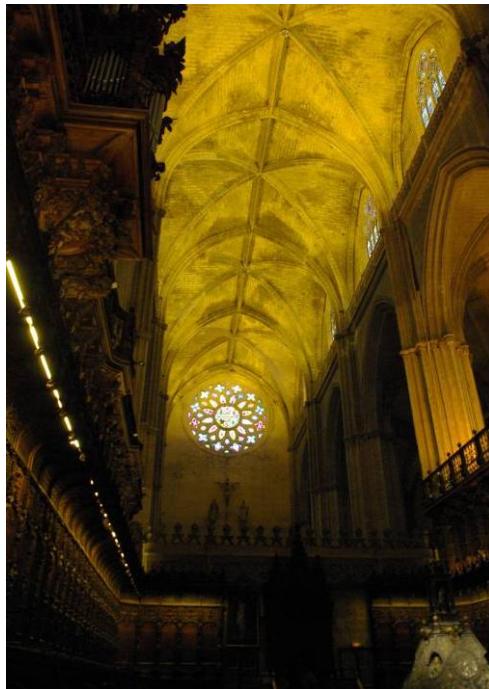


Fig. 7.20 y Fig. 7.21. Iluminación artificial sobre las bóvedas de la nave principal y capillas de la catedral de Sevilla. Fotografía: Juan M. Medina.

La catedral detectada con mayor distorsión de iluminación es la **catedral de Toledo**. En ella encontramos la mayor variedad de distorsiones lumínicas que, todas juntas, desvirtúan en gran medida la escenografía gótica general (factor de distorsión de 3.16). Así, gran parte de las vidrieras de la nave norte han sido sustituidas por vidrios translúcidos y además tiene la puerta de entrada por el crucero en su fachada norte permanentemente abierta. Otros factores detectados han sido interposiciones de iluminación artificial general en todas las naves y puntual en determinados puntos de la iglesia como son el coro, crucero, altar y esculturas,

Por último, el lucernario Barroco del deambulatorio, el transparente, ya descrito en el capítulo dedicado a la iluminación actual de la catedral de Toledo, ayuda a desvirtuar por completo la iluminación gótica general de la catedral. (Fig. 7.23 y Fig. 7.23.1).



Fig. 7.23. Iluminación proyectada sobre una columna con "lux vera". Catedral de León. Fotografía de Juan M. Medina.



Fig. 7.23.1 Iluminación sobre una columna con "lux natural". Deambulatorio de Toledo. Fotografías: Alberto Rodrigo y Miguel Ángel Valdivielso.

Pero sin duda, la catedral que, a nuestros efectos, más significativamente demuestra la importancia de conservar y controlar la iluminación gótica es la **catedral de Gerona**. Una vez detectados los posibles efectos distorsionadores sobre la catedral, se observó que en este templo, la única razón que pudiera desvirtuar la iluminación gótica era la iluminación artificial.

En aras de comprobar el modelo de estudio de distorsiones y para corroborar los datos que se estaban tomando, en esta catedral se realizaron dos mediciones simultáneas el mismo día, una con las luces encendidas y otra con ellas apagadas. En la primera, y tras compararla con la iluminación gótica obtenida en el modelo 3D, observamos distorsiones como las que se encuentran en el resto de catedrales, con un valor global de **1.27** y con un volar de **1,91** en la nave central (Fig. 7.17).

Estos valores, sin ser excesivamente elevados, denotan sobre todo en su tramo central, que la iluminación artificial está desvirtuando el recogimiento gótico.

Sin embargo, cuando comparamos la iluminación del modelo gótico 3D y de la medición sin luces artificiales, observamos como estas son prácticamente iguales, (factor de distorsión en este caso de **1,01**).

Esto demuestra, que el método de estudio comparativo empleado de situaciones original y actual es correcto y se observa como, si la catedral se muestra sin luz artificial, podemos

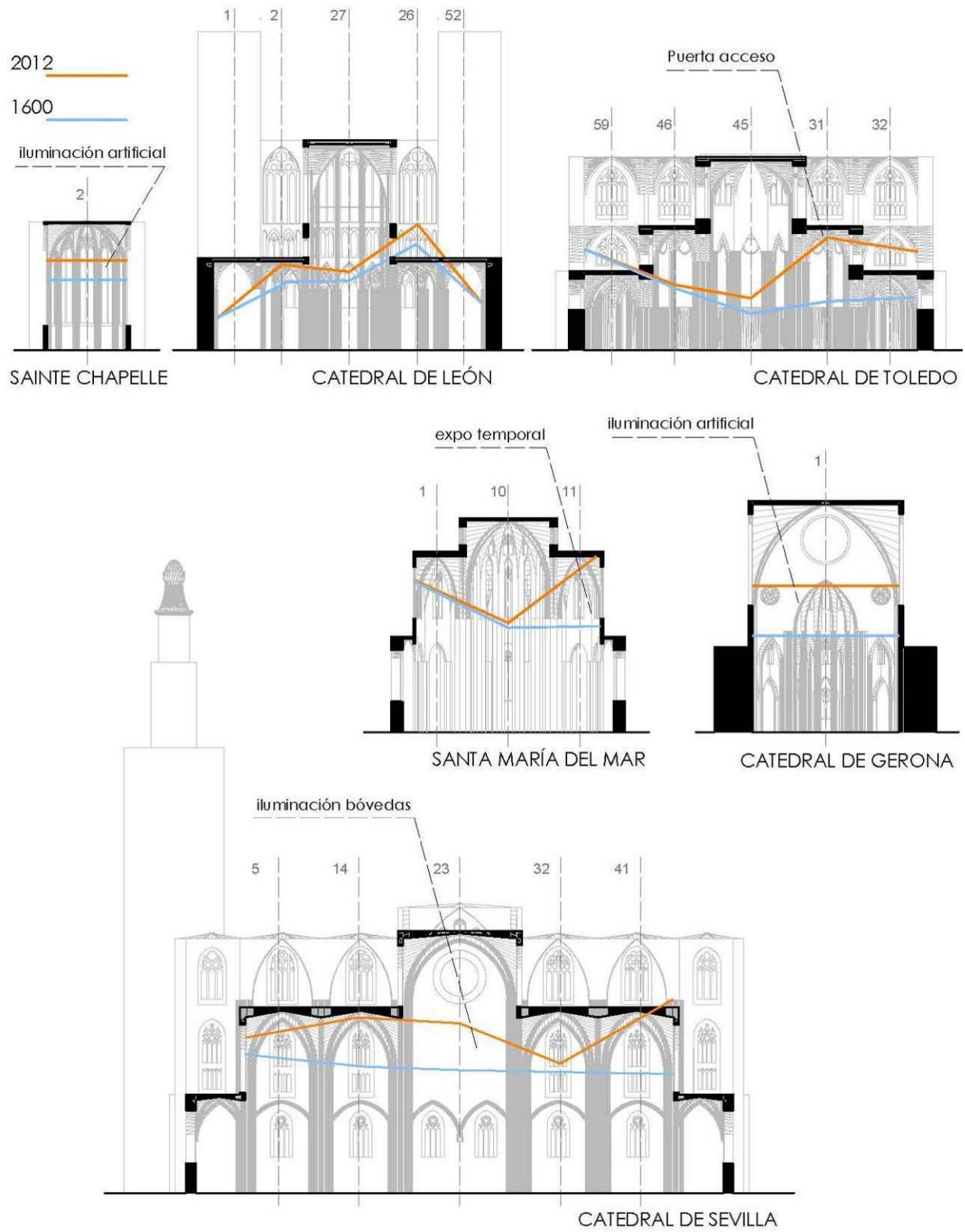
disfrutar de un espacio puramente gótico, cargado de simbolismo y de control lumínico en aras de conseguir un recogimiento absolutamente único.

El factor de distorsión se muestra como la suma de las distintas distorsiones parciales que se producen en el interior. Las distorsiones parciales más importantes detectadas son las siguientes:

- 1.- **Luz artificial:** Tanto general por naves como puntual por iluminación directa a esculturas, bóvedas, etc.
- 2.- **Sustitución de vidrios:** De los originales góticos coloreados a vidrios translúcidos o con gran contenido en grisalla.
- 3.- **Puertas de acceso al templo:** Disposición de las mismas y situación de apertura constante con entrada de iluminación natural sin control.
- 4.- **Elementos adicionales:** Ventanas, lucernarios y otros elementos constructivos que hayan sido incluidos en los muros primitivos y que aporten luz adicional al interior.
- 5.- **Obstrucciones solares:** Provenientes de edificios anexos o cercanos que proyecten sombra, o edificios adosados que hayan eliminado vanos originales.

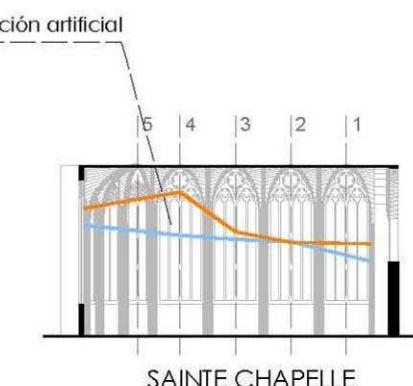
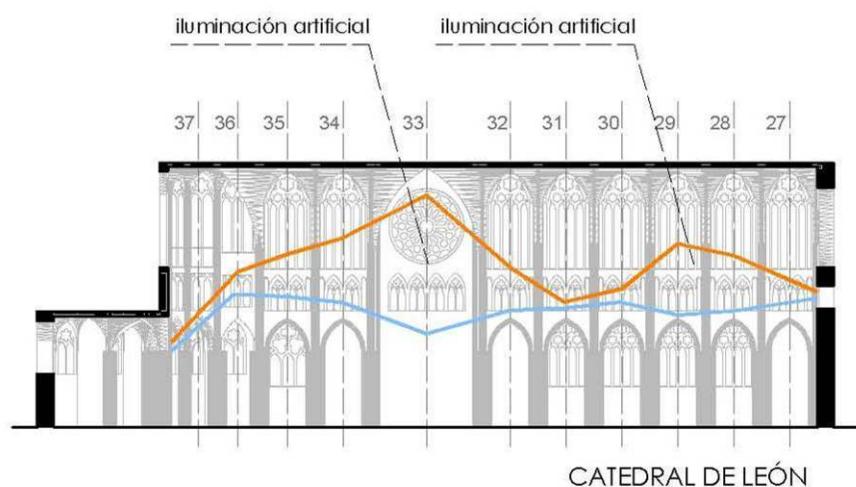
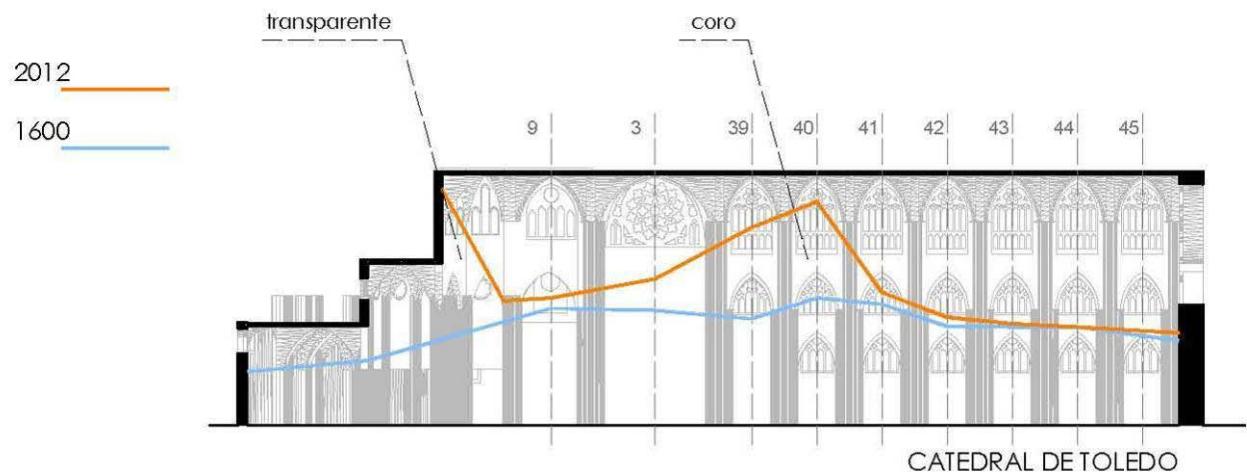
Por último, en este análisis comparativo de factores de distorsión, hemos querido ver las variaciones de manera gráfica. Para ello hemos relacionado las distintas secciones transversales y longitudinales de las muestras y su comportamiento entre el año 1600 y el 2012. Las figuras obtenidas son las siguientes:

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y FINAL ENTRE MUESTRAS.



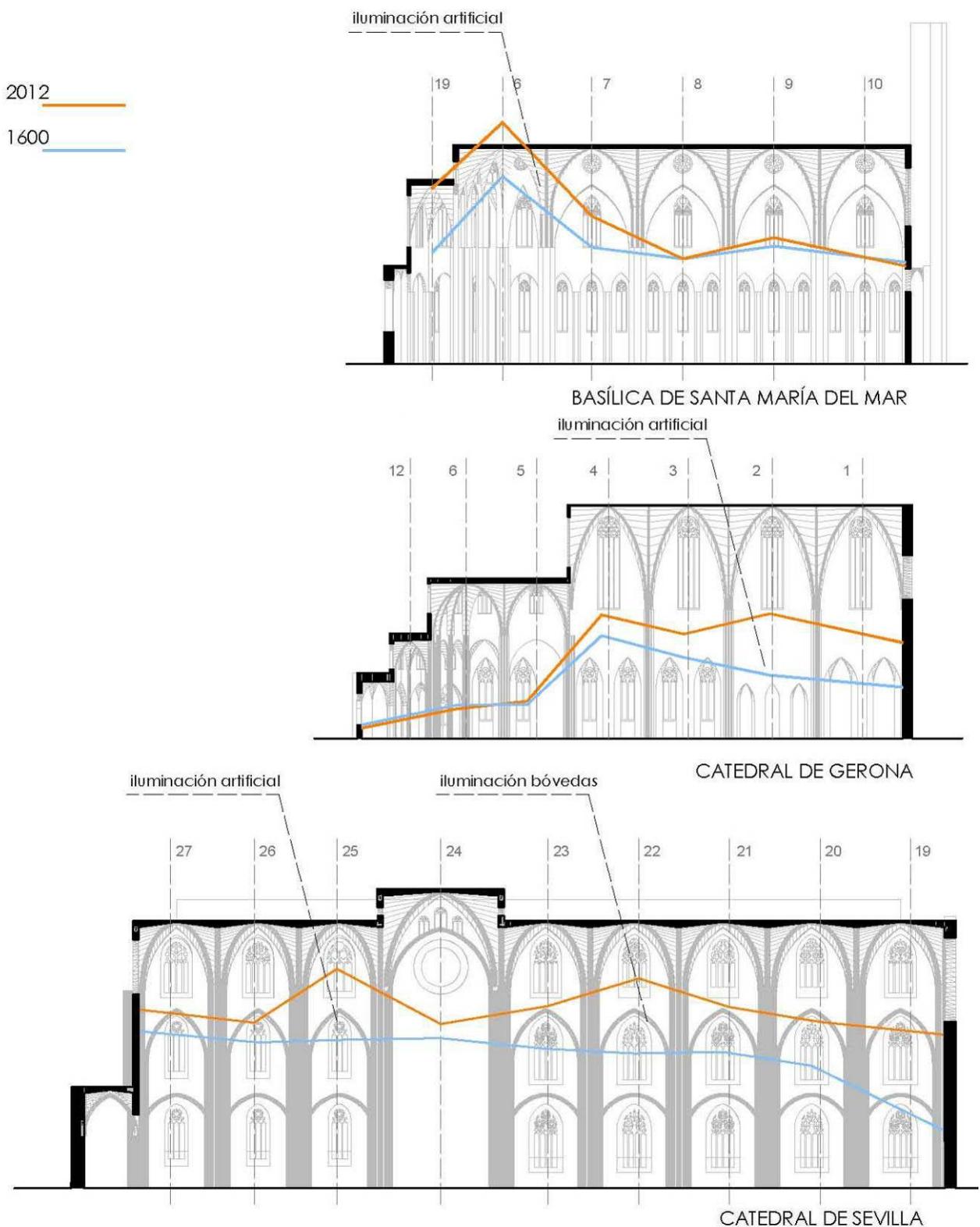
SECCIONES TRANSVERSALES POR LOS PIES DE LAS IGLESIAS 12:00 AM

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y FINAL ENTRE MUESTRAS.



SECCIONES LONGITUDINALES POR LA NAVE CENTRAL DE LAS IGLESIAS 12:00 AM

COMPARATIVA DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL Y FINAL ENTRE MUESTRAS.



SECCIONES LONGITUDINALES POR LA NAVE CENTRAL DE LAS IGLESIAS 12:00 AM

### 7.3. COMPARATIVA DE COLOR.



Fig. 7.24. Entrada de luz coloreada por un ventanal de la catedral de Sevilla. Fotografía: Juan M. Medina. 21 Junio 2011.

La comparativa de color entre distintas catedrales es, lógicamente, una comparativa que en todo momento queda incompleta. Para poder establecer un método riguroso del color en las catedrales, cuyo análisis hubiera arrojado conclusiones ciertas habría que haber censado la totalidad o gran parte de las vidrieras de las distintas muestras y estudiar sus coloridos. Tal empresa es imposible hoy día puesto que apenas existe un pequeño porcentaje de vidrieras originales en algunas de las muestras estudiadas, y las que hay, aún cuando en muchos casos responden al concepto gótico de distribución de cristales y emplomados, no lo son tanto en lo referente a las proporciones de color originales, puesto que con el tiempo muchas de ellas han sufrido intervenciones que las modificaron.

No obstante, se ha realizado un acercamiento al color gótico a través del estudio pormenorizado de vidrieras significativas de cada catedral que nos permite establecer algunas cualidades interesantes de las mismas. Las vidrieras estudiadas han sido buscadas entre las más antiguas de cada catedral (preferiblemente S. XII y S. XIII), y dentro de este tipo, las más representativas por su repetición, por su homogeneidad con respecto al conjunto general de vidrieras o por su homogeneidad de estilo.

El análisis realizado arroja una distribución de color que se explica en la gráfica siguiente (Fig. 7.25).

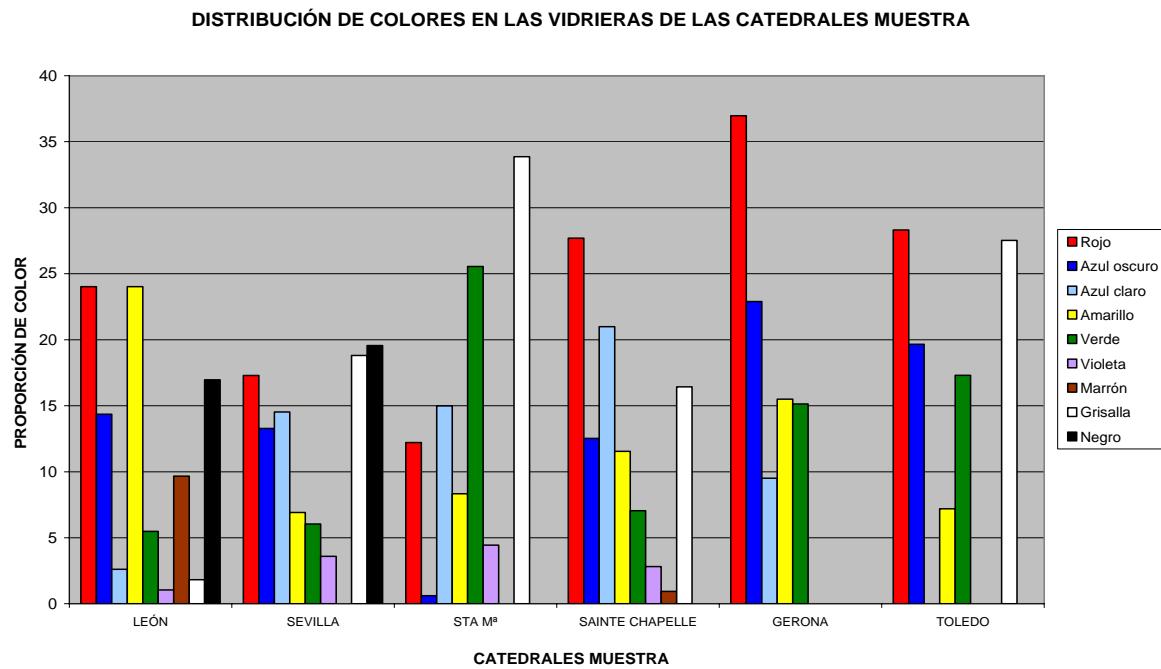


Fig. 7.25. Distribución de colores en las vidrieras estudiadas. Autor: Juan M. Medina

En la gráfica anterior se observa como es la distribución de colores de las distintas muestras, revelándonos como el **rojo** es el color de referencia, siendo el color más utilizado en León (junto con el amarillo), en la capilla de la Sainte Chapelle, Gerona y Toledo, siendo el segundo o tercero más utilizado en el resto de muestras. Esta gráfica se complementa con la que relaciona los porcentajes de color reales de cada vidriera (Fig. 7.26).

#### PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS COLORES DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

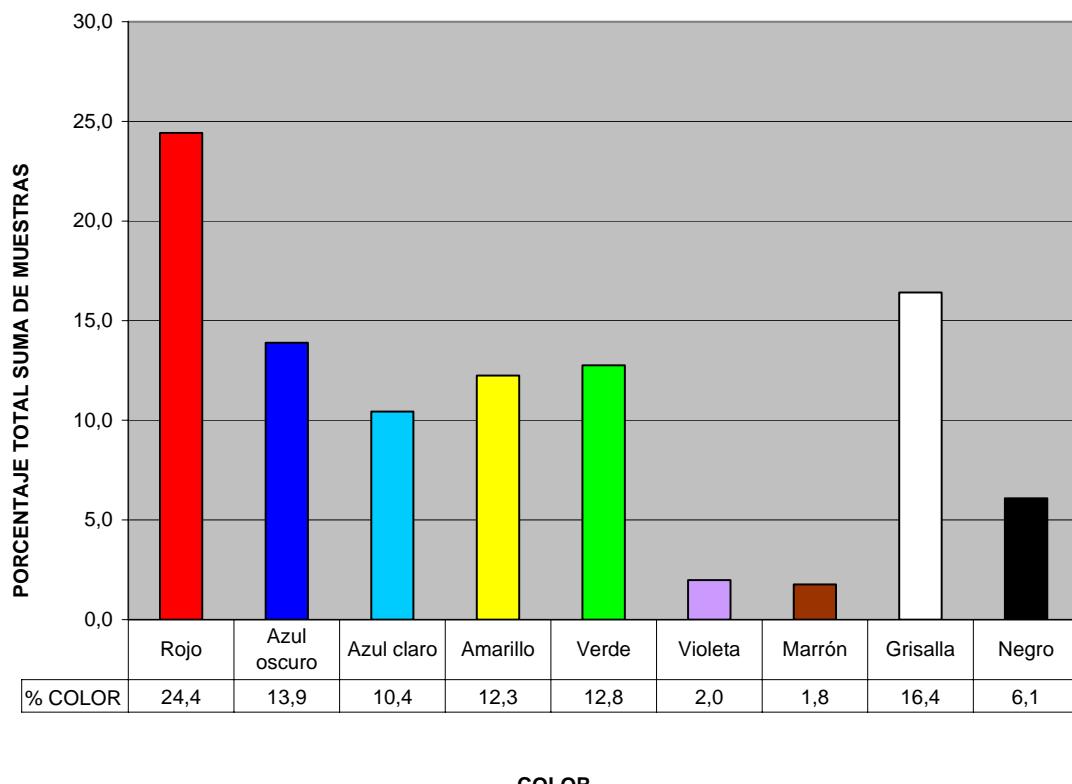


Fig. 7.26. Distribución de colores en porcentaje de las vidrieras estudiadas. Autor: Juan M. Medina

En esta se confirma como el **rojo** es, efectivamente, el color más utilizado con un 24,4 % sobre el total. El segundo color más utilizado es la **grisalla**, color blanquecino utilizado para resaltar volúmenes (16,4 %), seguido del **azul oscuro**, que sumado al **azul claro** alcanza las proporciones de utilización del rojo (24,3 %).

En un escalón inferior, tendríamos el **amarillo** y el **verde** que, en proporciones similares, se utilizan bastante menos que el rojo y el azul, en torno a un 50% menos (12,3 % de utilización).

Por último los colores negro, violeta y marrón, con un régimen de utilización mucho más bajo en general, con valores que apenas superan el 4 o 5 % de media.

Por tanto podemos concluir por el análisis realizado, y también apoyados por los estudios que previamente se han realizado sobre las vidrieras por Victor Nieto, que el **simbolismo gótico** se centraba en dos colores fundamentales, **el rojo y el azul oscuros**, (que en nuestro estudio suman un 48,7 % del total) combinados con el uso de la grisalla para resaltar algún volumen. Estos colores son los que, desde el inicio del planteamiento establecimos como

colores de máximo filtrado y control de iluminación. Ellos dos matizan la entrada de la luz de manera definitiva, más que ningún otro y por eso se usarán de manera sistemática en el gótico clásico. Posteriormente, y a medida que entremos en el renacimiento, su uso se hará más residual para, en su ausencia, poder introducir mayor cantidad de luz natural.

En segundo lugar, el amarillo y el verde se utilizan para completar el colorido y resaltar matices de las figuras, permitiendo a través de sus colores la entrada de rayos de luz directos que son los que inciden sobre el suelo, siendo los aspectos más importantes de la vidriera los que se percibían en estos colores, resaltando bajo el manto de fondo creado por los colores oscuros (rojo y azul). Es en estos colores donde la luz penetra, se define y, finalmente, impacta sobre el espectador. (Fig. 7.27)

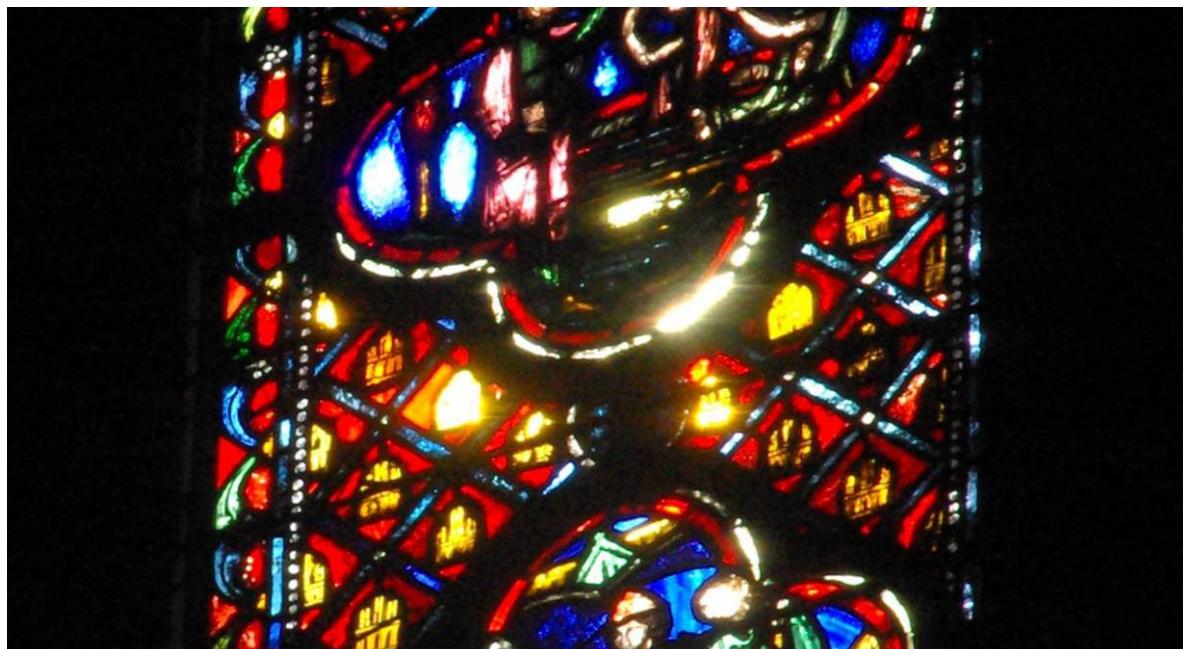


Fig. 7.27. Luz atravesando una vidriera sur de la Sainte Chapelle a través del amarillo y la grisalla.  
Fotografía: Juan M. Medina.

Por último, y para desentrañar la cantidad de vidrio que poseen las vidrieras estudiadas, se censaron los centímetros cuadrados de plomo con respecto al vidrio que poseía cada vidriera, estableciendo el número de lancetas, divisiones horizontales y emplomados simples de cada paño. Con este dato obtenemos valores sobre cuanto es capaz de filtrar la vidriera en función de la cantidad de vidrio por metro cuadrado de conjunto de vidriera final. (Fig. 7.28).

PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN DE LOS COLORES DE LAS MUESTRAS ESTUDIADAS

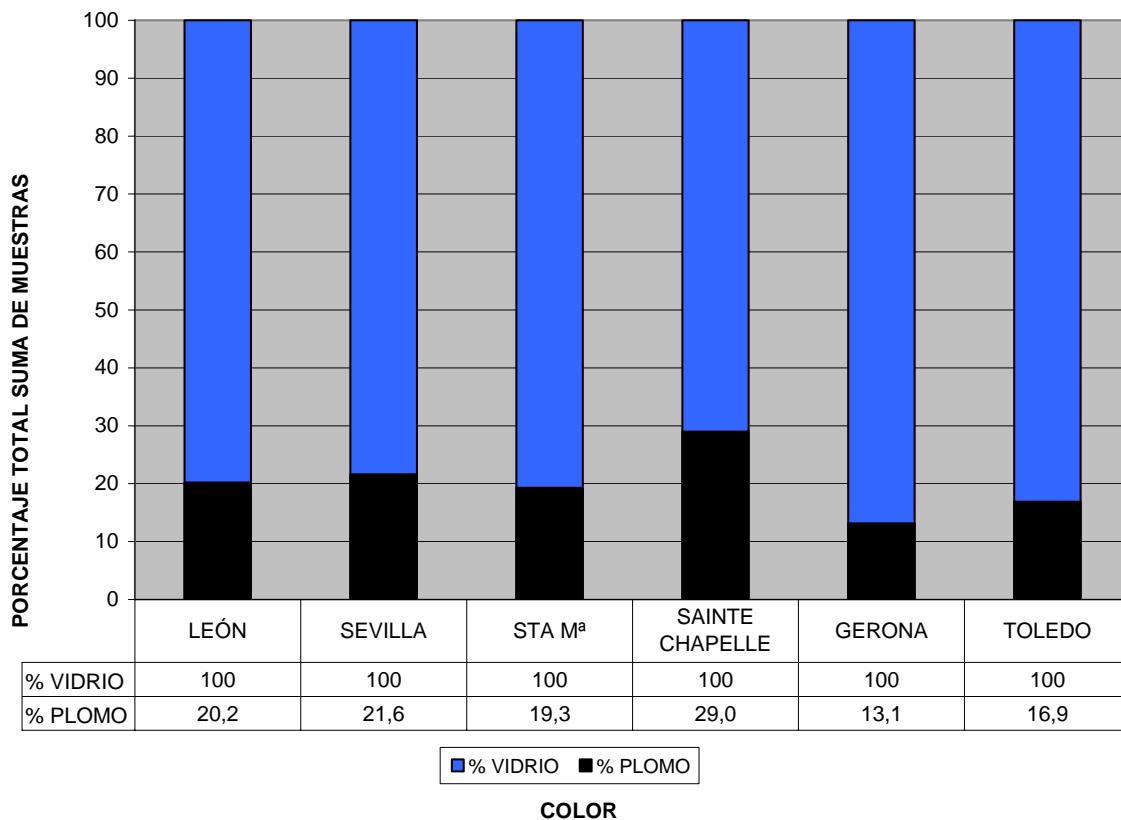


Fig. 7.28. Gráfica de distribución de vidrio y emplomado de cada vidriera. Autor: Juan M. Medina.

Es significativo el caso de la Sainte Chapelle, esta, debido a la gran magnitud de vidrieras, necesita una mayor partición de vanos para soportar el peso del vidrio, y por eso la proporción de vidrio respecto a plomo alcanza tan sólo el 71%.

En el resto de las catedrales españolas la proporción está cercana al 80% y llega hasta el 87% alcanzado en Gerona, proporciones ciertamente altas para la complicación que conllevaba la fabricación de vidrios tan pesados en la época de construcción de los ventanales (S XII y S XIII), con una utilización tan óptima del elemento sustentante: el plomo. La comparativa no arroja diferencias sustanciales que generen adjetivos o cualidades diferentes entre las distintas vidrieras en función de la cantidad de plomo que la sustenta.

## 8. DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE ILUMINACIÓN GÓTICA. FACTORES Y CUALIDADES.

### 8.1 DEFINICIÓN DE LAS CUALIDADES.

En este capítulo de la tesis vamos a proceder a la definición de las **cualidades** de la iluminación gótica, detectadas en función de los valores obtenidos por el modelo 3D y los medidos *in situ*, de la comparación y análisis de resultados y de una interpretación de los factores descubiertos en el proceso de investigación.

Si la luz es sensaciones, su realidad son cualidades. Para definir la realidad de la luz hay que definir “*consideraciones cualitativas*”<sup>238</sup>, tal como describía Navarro en 1983, para describir posteriormente estilos de luz, tal como solicitaba Jantzen en 1979.

Una vez definidas las cualidades, podremos obtener la pretendida clasificación según los distintos **tipos de iluminación gótica**.

Los factores determinantes para la clasificación y tal como hemos ido desgranando con anterioridad son: (Fig. 8.1)

- **Factor de Transparencia:**
  - Factor de transparencia de muro. (Ftm)
  - Factor de transparencia por volumen. (FtV)
  - Factor de proyección lumínica (Fpl)
- **Factor de Esbeltez:**
  - Factor de esbeltez nave central. (Fe1)
  - Factor de esbeltez naves laterales. (Fe2, Fe3)
- **Factor de altura de arranque del claristorio.** (Fhc)
- **Factor de Distorsión.** (Fd)
  - Factor de distorsión de la nave central.
  - Factor de distorsión total.
- **Factor de Color.** (Fc)

---

<sup>238</sup> NAVARRO, Jaime, “*Sobre la iluminación natural en arquitectura*”. Texto resumido de la tesis doctoral del autor. Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1983. ISBN: 87-7405-268-8. p. 7

CATEDRAL	FACTORES DE ESBELTEZ (%)			FACTORES DE TRANSPARENCIA (%)			FACTOR ALTURA ARRANQUE CLARIST.	FACTOR DE DISTORSIÓN	
	Fe1	Fe2	Fe3	Ftm	Fpl	FtT		Fhc	Central
	1,54			16,44	0,12	1,12		18,95	Total
Gerona	1,54			16,44	0,12	1,12	18,95	1,91	1,27
Sta M <sup>a</sup> (Sin decalaje)	1,14			11,88	0,09	0,66	17,22	1,15	1,32
Sevilla	2,28	2,23	2,44	10,47	0,04	0,37	25,66	2,76	3,01
Toledo	2,29	1,90	1,21	21,26	0,08	0,97	20,19	2,75	3,36
León	2,49	1,89		33,59	0,21	3,34	13,56	1,14	1,64
Sainte Chapelle	1,60			89,30	0,42	6,60	3,86	1,03	1,03

Fig. 8.1. Resumen de factores de las muestras estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

En función de estos factores y de la introducción de la muestra en el programa 3D hemos detectado las siguientes **CUALIDADES**:

### 8.1.1. EXPRESIVIDAD

Se define como la capacidad que tiene un espacio gótico de recibir impactos de iluminación directa coloreada sobre el espectador. La catedral será **MUY EXPRESIVA**, **EXPRESIVA** o **MUDA** en función de la cantidad de luz que las vidrieras proyectan sobre el suelo.

Depende de una combinación entre tres factores:

- Factor de transparencia total ( $FtT$ ) o superficie de vano por volumen servido.
- Factor de proyección lumínica ( $Fpl$ ) o superficie de vano por superficie en planta servida).
- Factor de altura de arranque de los ventanales del claristorio ( $Fhc$ ).

De ese modo, la catedral será más **EXPRESIVA** cuanto **mayor sea su  $FtT$** , **mayor sea su  $Fpl$**  y **menor su  $Fhc$** .

Así, León tiene el mayor factor de transparencia total ( $FtT = 3.34$ ) de las catedrales españolas y también el mayor  $Fpl$ . Esto, unido a que la altura de arranque de ventanales es muy baja ( $Fhc = 13,56$ ) hace, combinando los tres factores, que esta catedral sea la de mayor expresividad de las catedrales españolas estudiadas.

Sevilla, por el contrario, tiene el menor factor de transparencia total ( $FtT = 0.37$ ), como lo es también su factor de proyección lumínica ( $Fpl = 0,04$ ). Por último, la altura de arranque de ventanales es muy alta ( $hc = 25.66$ ). La combinación de estos tres factores le lleva a ser la catedral estudiada con menor expresividad.

Entre medias encontramos el resto de casos y la expresividad obtenida (Fig. 8.2), que ya fueron descritas en el capítulo anterior.

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> impactos/m <sup>2</sup> sup)
CATEDRAL DE LEÓN	6,72
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,24
CATEDRAL DE GERONA	3,35
CATEDRAL DE TOLEDO	2,00
CATEDRAL DE SEVILLA	1,38
SAINTE CHAPELLE	78,31

Fig. 8.2. Grados de expresividad de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

Para medir el peso que tiene cada uno de los factores que influyen en la calidad de la expresividad se han buscado los coeficientes de correlación de cada factor con respecto al valor final de expresividad obtenido.

Los valores obtenidos para la Sainte Cahpelle de París, tal como ya puede observar en la tabla de la figura 8.2, son desproporcionadamente elevados, por lo que su inclusión en el presente estudio de correlaciones podría dar distorsiones irreales en el modelo. Es por esta razón por lo que ha quedado excluido como valor desproporcionado.

De ese modo, y en primer lugar, se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.3) en la que se representan los valores de **expresividad** obtenidos junto a los **factores de transparencia total (FtT)** de cada muestra.

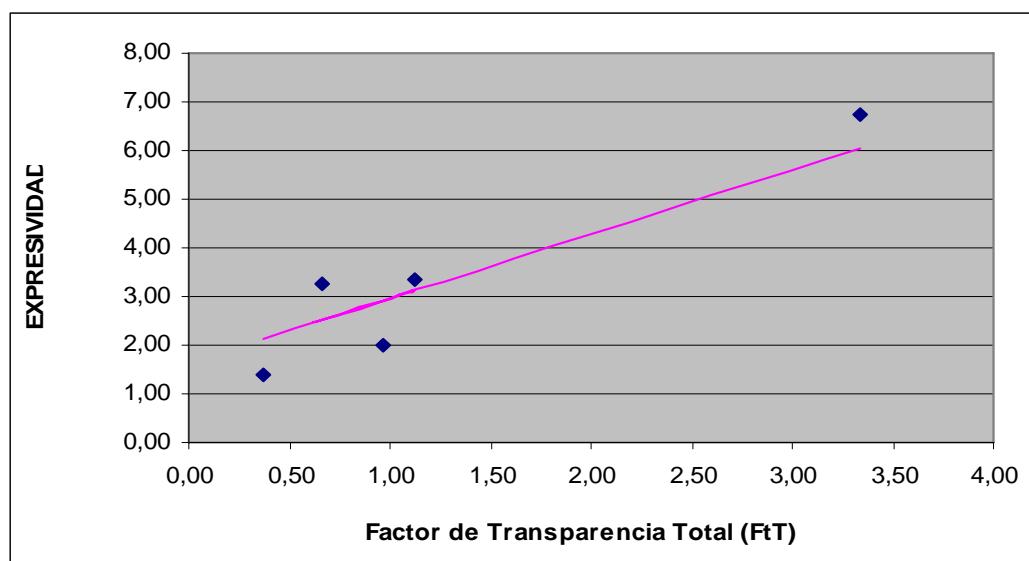


Fig. 8.3. Correlación del grado de expresividad en función del factor de transparencia total (FtT).  
Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la expresividad y FtT existe un **coeficiente de correlación de 0,76**. (Fig. 8.4).

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> impactos/m <sup>2</sup> sup)	FACTORES DIMENSIONALES				
			Fpl	FtT	Fhc	Regresión
CATEDRAL DE LEON	6,72		0,21	3,34	13,56	6,05
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,24		0,09	0,66	17,22	2,50
CATEDRAL DE GERONA	3,35		0,12	1,12	18,95	3,11
CATEDRAL DE TOLEDO	2,00		0,08	0,97	20,19	2,91
CATEDRAL DE SEVILLA	1,38		0,04	0,37	25,66	2,12
Media		3,34			1,29	
Covarianza		1,85				
Desviación típica lux		2,07				
Desviación típica FtT		1,18				
Coef. Correlación		0,76				
Recta regresión: Expresividad (según FtT)			Ex(FtT) = 1,32	FtT + 1,63		

Fig. 8.4. Coeficiente de correlación entre la Expresividad y FtT y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

En segundo lugar se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.5) en la que se representan los valores de **expresividad** obtenidos junto a los **factores de altura de arranque de claristorio (Fhc)** de cada muestra.

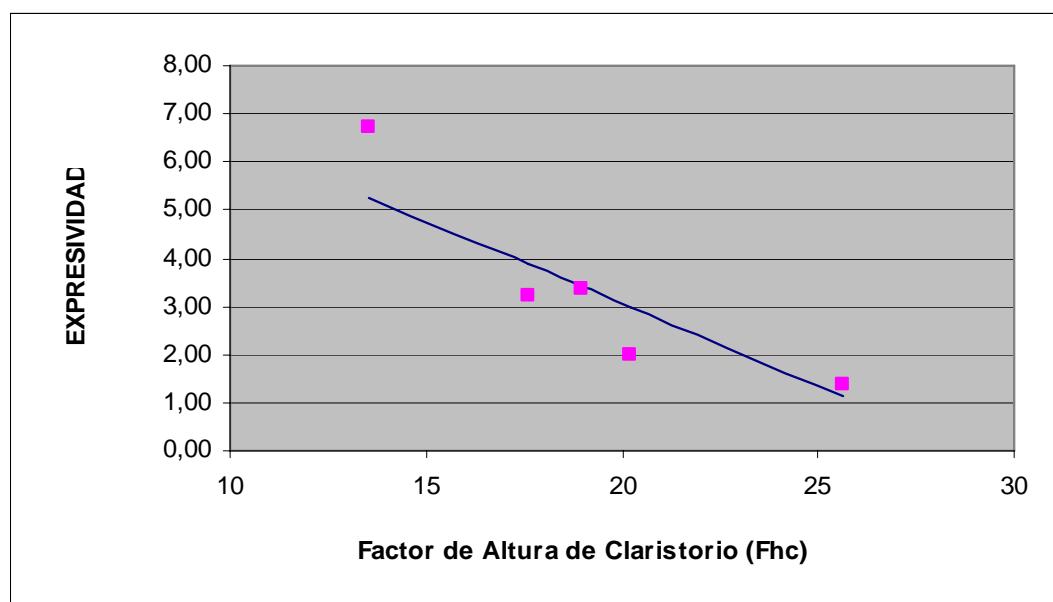


Fig. 8.5. Correlación del grado de expresividad en función del factor de altura de arranque del claristorio (Fhc). Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la expresividad y Fhc existe un **coeficiente de correlación de - 0,73**. (Fig. 8.6).

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> impactos/m <sup>2</sup> sup)	FACTORES DIMENSIONALES			
		Fpl	FtT	Fhc	Regresión
CATEDRAL DE LEÓN	6,72	0,21	3,34	13,56	5,26
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,24	0,09	0,66	17,6	3,88
CATEDRAL DE GERONA	3,35	0,12	1,12	18,95	3,42
CATEDRAL DE TOLEDO	2,00	0,08	0,97	20,19	3,00
CATEDRAL DE SEVILLA	1,38	0,04	0,37	25,66	1,13
		0,42	6,60	3,86	
Media		3,34			19,19
Covarianza		-6,58			
Desviación típica exp.		2,07			
Desviación típica FtT		4,39			
<b>Coef. Correlación</b>		<b>-0,73</b>			
Recta regresión: Expresividad (según Fhc)		$Ex(Fhc) = -0,34 \quad Fhc + 9,88$			

Fig. 8.6. Coeficiente de correlación entre la Expresividad y Fhc y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

En tercer y último lugar se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.7) en la que se representan los valores de **expresividad** obtenidos junto a los **factores de proyección lumínica (Fpl)** de cada muestra.

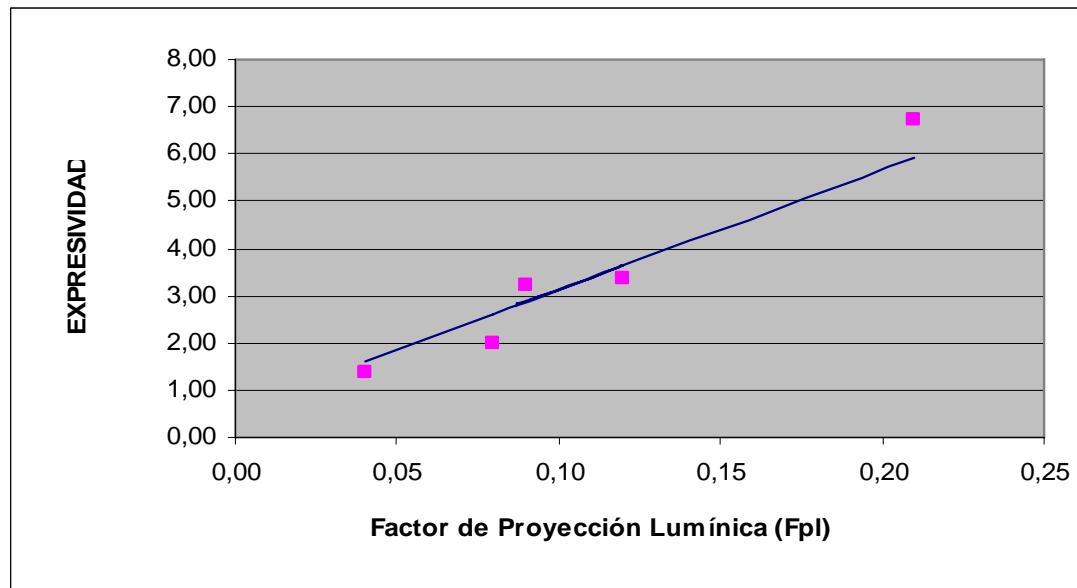


Fig. 8.7. Correlación del grado de expresividad en función del factor de proyección lumínica (Fpl). Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la expresividad y Fpl existe un **coeficiente de correlación de 0,79**. (Fig. 8.8).

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> impactos/m <sup>2</sup> sup)	FACTORES DIMENSIONALES			
		Fhc	FtT	Fpl	Regresión
CATEDRAL DE LEÓN	6,72	13,56	3,34	0,21	5,93
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,24	17,22	0,66	0,09	2,88
CATEDRAL DE GERONA	3,35	18,95	1,12	0,12	3,64
CATEDRAL DE TOLEDO	2,00	20,19	0,97	0,08	2,63
CATEDRAL DE SEVILLA	1,38	25,66	0,37	0,04	1,61
SAINTE CHAPELLE		3,86	6,60	0,42	
Media	3,34			0,11	
Covarianza	0,10				
Desviación típica exp.	2,07				
Desviación típica FtT	0,06				
<b>Coef. Correlación</b>	<b>0,79</b>				
Recta regresión: Expresividad (según Fpl)		<b>Ex(Fpl) = 25,43 Fpl + 0,59</b>			

Fig. 8.8. Coeficiente de correlación entre la Expresividad y Fhc y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

Una vez estudiados los factores se ve como estos son determinantes para la composición final de la expresividad de la catedral. Igualmente se ve que existe correlación directa entre los valores de los factores y su resultado final de expresividad.

Determinadas las rectas de regresión de cada factor hemos estudiado que factor tiene más peso en el resultado final de la expresividad en función de la correlación existente entre el factor y la expresividad resultante. Con estos datos obtenemos la **fórmula definitiva con reparto de pesos** para la obtención de la **expresividad esperada** de una catedral. (Fig. 8.9)

FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>EXPRESIVIDAD = Ex(FtT)*0,33 + Ex(Fhc)*0,32 + Ex(Fpl)*0,35</b>
Recta regresión: Expresividad (según FtT)	<b>Ex(FtT) = 1,32 FtT + 1,63</b>
Recta regresión: Expresividad (según Fhc)	<b>Ex(Fhc) = -0,34 Fhc + 9,88</b>
Recta regresión: Expresividad (según Fpl)	<b>Ex(Fpl) = 25,43 Fpl + 0,59</b>

Fig. 8.9. Fórmula para la obtención de la expresividad esperada de una catedral en función de sus factores determinantes con corrección por peso de los coeficientes de correlación. Autor: Juan M. Medina.

### 8.1.2. INTENSIDAD.

Se define como la capacidad que tiene un espacio gótico de admitir luz en su interior de manera indirecta, es decir, iluminación ambiente. La iglesia tendrá entonces niveles de iluminación **BAJA, MEDIA** o **ALTA** dependiendo de los siguientes factores:

- Factor de transparencia total (F<sub>tT</sub>).
- Factor de transparencia de muro (F<sub>tm</sub>).
- Factor de altura de arranque de los ventanales del claristorio (F<sub>hc</sub>).

De ese modo, la catedral será de intensidad **ALTA** cuanto **mayor sea su F<sub>tT</sub>** y en caso de Factores de transparencia totales parecidos, cuanto **mayor sea su F<sub>tm</sub> y menor su F<sub>hc</sub>**. También influye en menor medida un **menor decalaje**.

Así la Sainte Chapelle y León tienen los mayores F<sub>tT</sub> y eso determina que sean las de mayor iluminación media general (**ILUMINACIÓN ALTA**).

Toledo y Gerona tienen factores de transparencia totales similares (F<sub>tT</sub> = 0.97 y 1.12, respectivamente), siendo el F<sub>tm</sub> de Gerona algo menor que el de Toledo (16,44 frente a 21,26). Esto se corrige con una menor altura de arranque de claristorio (F<sub>hc</sub> = 18.95 frente a los 20,19 de Toledo) por lo que la iluminación final entre ambas es muy parecida. (**ILUMINACIÓN MEDIA**).

Por último podemos observar como el F<sub>tT</sub> de Sevilla condiciona su baja iluminación general (0,37), siendo la catedral de menor iluminación de las estudiadas (**ILUMINACIÓN BAJA**).

Entre medias encontramos el resto de casos y la intensidad de iluminación media total obtenida (Fig. 8.10), que ya fueron descritas en el capítulo anterior.

CATEDRAL	ILUMINACIÓN luxes medios totales
CATEDRAL DE SEVILLA	9,18
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	10,67
CATEDRAL DE TOLEDO	10,98
CATEDRAL DE GERONA	11,21
CATEDRAL DE LEÓN	19,29
SAINTE CHAPELLE	69,44

Fig. 8.10. Intensidad de iluminación media total de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

Para medir el peso que tiene cada uno de los factores que influyen en la calidad de la iluminación se han buscado los coeficientes de correlación de cada factor con respecto al valor final de iluminación obtenido.

Los valores obtenidos para la Sainte Cahpelle de París, tal como ya puede observar en la tabla de la figura 8.10, son desproporcionadamente elevados, por lo que su inclusión en el presente estudio de correlaciones podría dar distorsiones irreales en el modelo. Es por esta razón por lo que ha quedado excluido como valor desproporcionado.

De ese modo, y en primer lugar se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.11) en la que se representan los valores de **intensidad** obtenidos junto a los **factores de transparencia total (FtT)** de cada muestra.

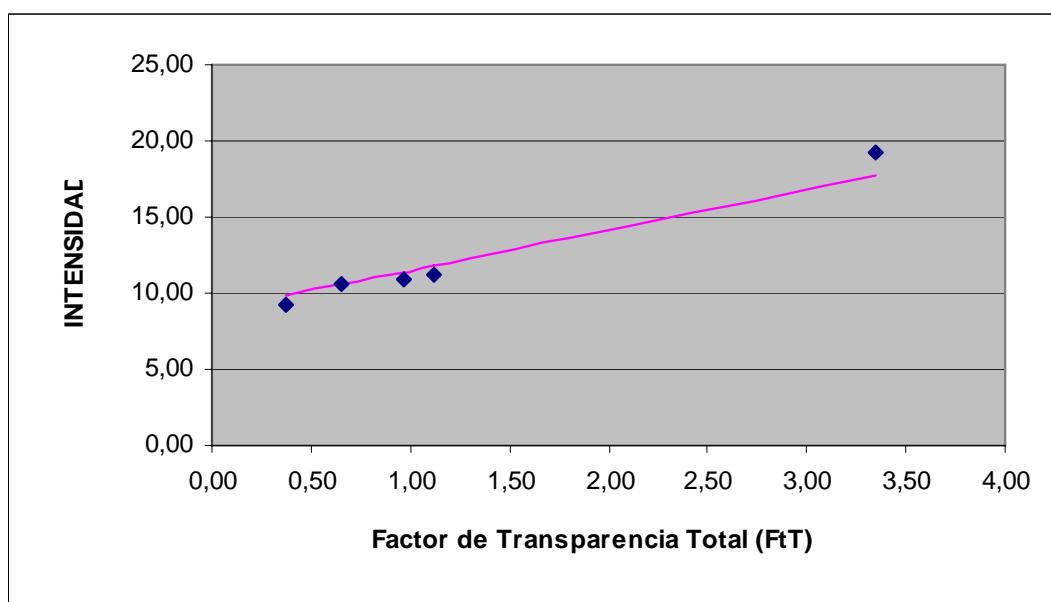


Fig. 8.11. Correlación del grado de intensidad de iluminación en función del factor de transparencia total (FtT). Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la intensidad y FtT existe un **coeficiente de correlación de 0,80**. (Fig. 8.12).

CATEDRAL	INTENSIDAD medios totales luxes	FACTORES DIMENSIONALES			
		Ftm	FtT	Fhc	Regresión
CATEDRAL DE SEVILLA	9,18		10,47	0,37	25,66
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	10,67		11,88	0,66	17,22
CATEDRAL DE TOLEDO	10,98		21,26	0,97	20,19
CATEDRAL DE GERONA	11,21		16,44	1,12	18,95
CATEDRAL DE LEÓN	19,29		33,59	3,34	13,56
Media		12,27		1,29	
Covarianza		3,77			
Desviación típica lux		4,01			
Desviación típica FtT		1,18			
Coef. Correlación		0,80			

Recta regresión: Intensidad (según FtT)	$IL(FtT) = 2,70 \quad FtT + 8,78$
--	-----------------------------------

Fig. 8.12. Coeficiente de correlación entre la Intensidad y FtT y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

En segundo lugar se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.13) en la que se representan los valores de **intensidad** obtenidos junto a los **factores de transparencia de muro (Ftm)** de cada muestra.

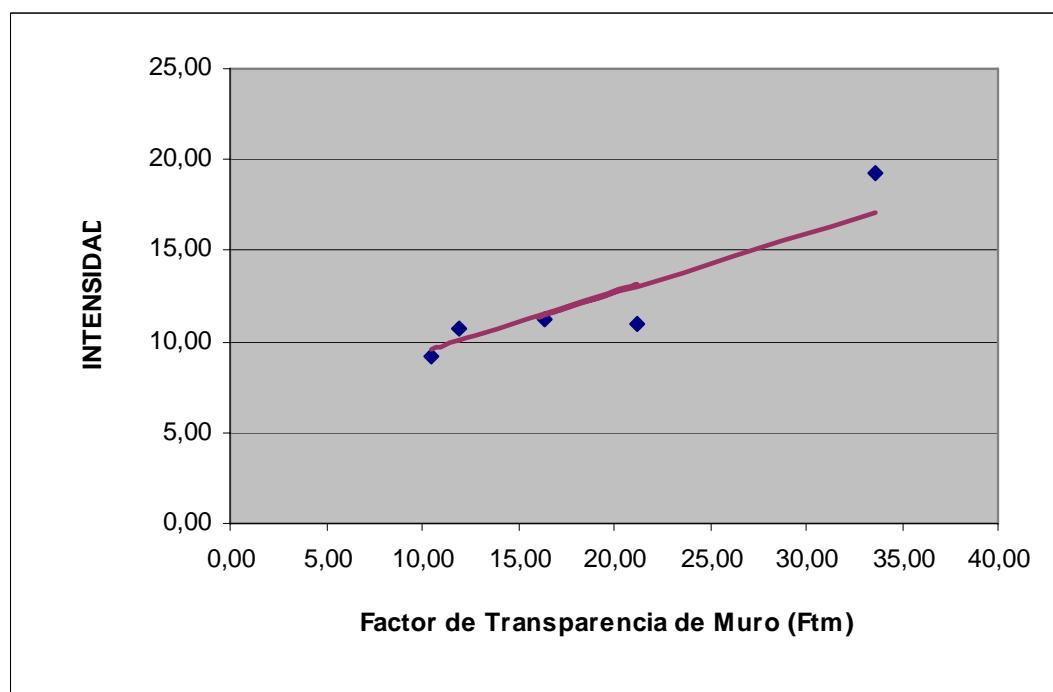


Fig. 8.13. Correlación del grado de intensidad en función del factor de transparencia de muro (Ftm). Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la intensidad y Ftm existe un **coeficiente de correlación de 0,75**. (Fig. 8.14).

CATEDRAL	INTENSIDAD medios totales luxes	FACTORES DIMENSIONALES			
		Ftm	FtT	Fhc	Regresión
CATEDRAL DE SEVILLA	9,18	10,47	0,37	25,66	9,61
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	10,67	11,88	0,66	17,22	10,06
CATEDRAL DE TOLEDO	10,98	21,26	0,97	20,19	13,08
CATEDRAL DE GERONA	11,21	16,44	1,12	18,95	11,53
CATEDRAL DE LEÓN	19,29	33,59	3,34	13,56	17,05
Media	12,27		18,73		
Covarianza	28,00				
Desviación típica lux	4,01				
Desviación típica Ftm	9,32				
Coef. Correlación	0,75				

Recta regresión: Intensidad (según Ftm)  $IL(Ftm)= 0,32 \quad Ftm + 6,23$

Fig. 8.14. Coeficiente de correlación entre la Intensidad y Ftm y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

En tercer y último lugar se ha proyectado una nube de datos (Fig 8.15) en la que se representan los valores de **intensidad** obtenidos junto a los **factores de altura de arranque de claristorio (Fhc)** de cada muestra.

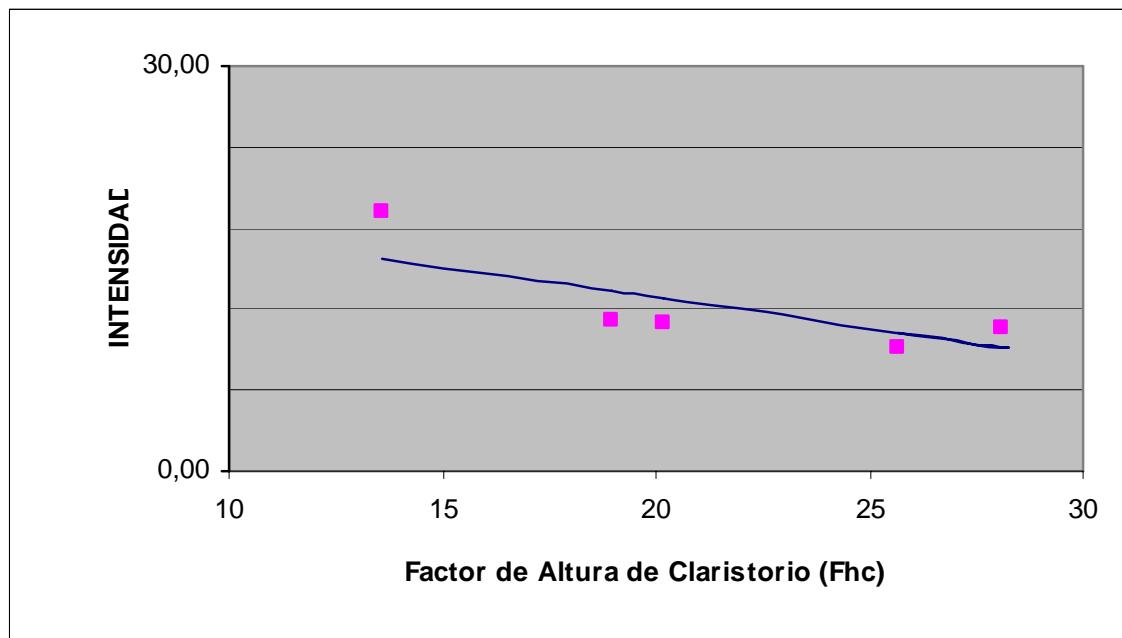


Fig. 8.15. Correlación del grado de intensidad en función del factor de altura de arranque del claristorio (Fhc). Autor: Juan M. Medina.

Tras encontrar la correspondiente recta de regresión, se ha obtenido que, entre la intensidad y Fhc existe un **coeficiente de correlación de -0,65**. (Fig. 8.16).

CATEDRAL	INTENSIDAD medios totales	luxes	FACTORES DIMENSIONALES			
			Ftm	FtT	Fhc	Regresión
CATEDRAL DE SEVILLA	9,18		10,47	0,37	25,66	10,29
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	10,67		11,88	0,66	28,1	9,18
CATEDRAL DE TOLEDO	10,98		21,26	0,97	20,19	12,77
CATEDRAL DE GERONA	11,21		16,44	1,12	18,95	13,33
CATEDRAL DE LEÓN	19,29		33,59	3,34	13,56	15,77
Media		12,27			21,29	
Covarianza		-14,95				
Desviación típica lux		4,01				
Desviación típica FtT		5,74				
<b>Coef. Correlación</b>		<b>-0,65</b>				

Recta regresión: Intensidad (según Fhc)  $IL(Fhc) = -0,45 Fhc + 21,92$

Fig. 8.16. Coeficiente de correlación entre la Intensidad y Fhc y fórmula de la recta de regresión correspondiente. Autor: Juan M. Medina.

Una vez estudiados los factores se ve como estos son determinantes para la composición final de la intensidad de iluminación de la catedral. Igualmente se ve que existe correlación directa entre los valores de los factores y su resultado final de intensidad.

Una vez determinadas las rectas de regresión de cada factor podemos ver que factor tiene más peso en el resultado final de la intensidad. Con estos datos obtenemos la **fórmula definitiva con reparto de pesos** para la obtención de la **intensidad esperada** de una catedral. (Fig. 8.17)

FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>INTENSIDAD = <math>IL(Ftm)*0,34 + IL(FtT)*0,36 + IL(Fhc)*0,30</math></b>
Recta regresión: Intensidad (según Ftm)	$IL(Ftm) = 0,32 Ftm + 6,23$
Recta regresión: Intensidad (según FtT)	$IL(FtT) = 2,70 FtT + 8,78$
Recta regresión: Intensidad (según Fhc)	$IL(Fhc) = -0,45 Fhc + 21,92$

Fig. 8.17. Fórmula para la obtención de la intensidad esperada de una catedral en función de sus factores determinantes con corrección por peso de los coeficientes de correlación. Autor: Juan M. Medina.

### 8.1.3. RECORRIDO

Se define como la cualidad que determina el sentido de crecimiento de la iluminación de la nave central, discriminando entre naves centrales **CRECIENTES** y **DECRECIENTES**. Esta depende de los siguientes factores:

- Cercanía del crucero al presbiterio.
- Disposición de naves.

El primero de los factores es el que más influye por lo que las naves serán **CRECIENTES** cuando se halle su **crucero cercano al presbiterio**, es decir, aquellos cuyo brazo central no avanza más allá de su intersección con la nave transversal o incluso que no posea tal nave. También influye que, los **ventanales al este y al oeste del crucero estén cerca** y sean capaces de iluminarlo, esto se dará con mayor facilidad en las catedrales de una sola nave o en aquellas que, aun teniendo nave transversal, esta sea corta.

De ese modo son **DECRECIENTES** Sevilla, Toledo y León, cuyos cruceros se hallan alejados 3 crujías del presbiterio debido a que la nave central avanza después de su intersección con el crucero a la vez que, al tener una nave transversal alargada (5 y hasta 7 crujías) la influencia de los rosetones este y oeste es menor.

Sin embargo son **CRECIENTES** las otras tres, Gerona, Santa María y la Sainte Chapelle, todo ello porque el crucero y el presbiterio prácticamente coinciden y además no existen brazos transversales que alejen las fachadas este y oeste del centro de la catedral.

#### 8.1.4. DISTORSIÓN

Se define como la cualidad que determina el estado actual de la iluminación en comparación con el estado inicial gótico. Se diferencian entre **DISTORSIONADAS** y **NO DISTORSIONADAS**, dependiendo de un único factor fundamental:

- Factor de distorsión: (Fd)

Este factor, como ya hemos descrito con anterioridad depende a su vez de las modificaciones que se hallan realizado en el templo a lo largo del tiempo, que resumidas pueden ser:

- 1.- **Luz artificial:** Tanto general por naves como puntual por iluminación directa a esculturas, bóvedas, etc.
- 2.- **Sustitución de vidrios:** De los originales góticos coloreados a vidrios translúcidos o con gran contenido en grisalla.
- 3.- **Puertas de acceso al templo:** Disposición de las mismas y situación de apertura constante con entrada de iluminación natural sin control.
- 4.- **Elementos adicionales:** Ventanas, lucernarios y otros elementos constructivos que hayan sido incluidos en los muros primitivos y que aporten luz adicional al interior.
- 5.- **Obstrucciones solares:** Provenientes de edificios anexos o cercanos que proyecten sombra, o edificios adosados que hayan eliminado vanos originales.

La catedral más DISTORSIONADA es la catedral de Toledo, que con un factor de distorsión  $Fd=3.16$ , recoge gran parte de estas modificaciones de manera general a lo largo de los distintos espacios de sus naves.

Como iglesia NO DISTORSIONADA tendríamos la Sainte Chapelle, que con un factor de distorsión  $Fd=1.03$ , resuelve la iluminación natural de manera casi exclusiva gracias a la luz que penetra por las vidrieras sin apenas aportación artificial.

### 8.1.5. COLOR

Es la cualidad que determina la simbología de la catedral estudiada y que matiza cómo es su luz interior. La variedad de colores incluidos en las diferentes vidrieras del gótico clásico es muy amplia pero en el presente estudio hemos agrupado los mismos y hemos descrito dos tipos de conjuntos de color, definidos como **COLOR GÓTICO** y **CÓLOR NO GÓTICO**.

Como ya hemos comentado con anterioridad, la determinación del entre distintas catedrales es, lógicamente, incompleta. Para poder establecer un método riguroso cuyo análisis hubiera arrojado conclusiones ciertas habría que haber censado la totalidad o gran parte de las vidrieras de las distintas muestras y estudiar sus coloridos. Tal empresa es imposible hoy día puesto que apenas existe un pequeño porcentaje de vidrieras originales en algunas de las muestras estudiadas, y las que hay, aún cuando en muchos casos responden al concepto gótico de distribución de cristales y emplomados, no así lo hacen en lo referente a las proporciones de color originales ya que muchos de estos han sido restaurados y variados.

La presente simplificación y agrupación de colores se basa en establecer como **COLOR GÓTICO** aquellas vidrieras que tengan más del 40% de color entre ROJOS y AZULES. Esto llevará implícito un nivel de filtrado de vidrieras similar al estudiado en la presente tesis y propio del S XII y XIII, y por tanto conllevará que la iluminación resultante es baja y constante.

Las catedrales de **COLOR NO GÓTICO** serán aquellas que en su composición no posean al menos un 40% de ROJOS y AZULES, por lo que su matización será menor. En estas se verá mayor cantidad del resto de colores (AMARILLO, VERDE, VIOLETA, MARRÓN, GRISALLA y NEGRO).

Aunque es una cualidad muy importante no puede ser referenciada de manera global en cada catedral sino que tendrá que estudiarse para cada vidriera de manera particular y el factor que determina su color es único:

- Factor de color:

O cantidad de color que posee el vano en función de su proporción global de vidrio.

## 8.2. CLASIFICACIÓN.

Una vez definidas y determinadas las **cualidades**, y establecidos los factores que las modulan hemos definido los siguientes **tipos de catedrales góticas en función de su iluminación**:

### 8.2.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EXPRESIVIDAD. CATEDRALES EXPRESIVAS Y MUDAS.

Primera clasificación que determina si las catedrales poseen **expresividad**, medida en proporción de m<sup>2</sup> de luz proyectada sobre el suelo (impactos) en función de la superficie total en planta de la catedral (m<sup>2</sup> impactos/m<sup>2</sup> planta), en tres niveles:

- MUY EXPRESIVAS:
- EXPRESIVAS.
- MUDAS.

Aplicando el método de estudio completo se establecen los siguientes rangos de expresividad (Fig. 8.18):

EXPRESIVIDAD		
MUY EXPRESIVA (ME)	EXPRESIVA (E.)	MUDA (M)
EX >4	2< EX <4	EX <2

Fig. 8.18. Rangos de expresividad en porcentaje de m<sup>2</sup> de proyección (impactos) en función de la superficie total en planta de la catedral Autor: Juan M. Medina.

Si aplicamos el cuadro de expresividades de las catedrales estudiadas (Fig. 8.19) se puede clasificar cada catedral en función de su expresividad.

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> impactos/m <sup>2</sup> sup)
CATEDRAL DE LEÓN	6,72
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,24
CATEDRAL DE GERONA	3,35
CATEDRAL DE TOLEDO	2,00
CATEDRAL DE SEVILLA	1,38
SAINTE CHAPELLE	78,31

Fig. 8.19. Grados de expresividad de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

De ese modo, de las muestras estudiadas son **MUY EXPRESIVAS** (Rango de impactos sobre planta de más del 4%) la capilla de la SAINTE CHAPELLE y la catedral de LEÓN. (Fig. 8.20)

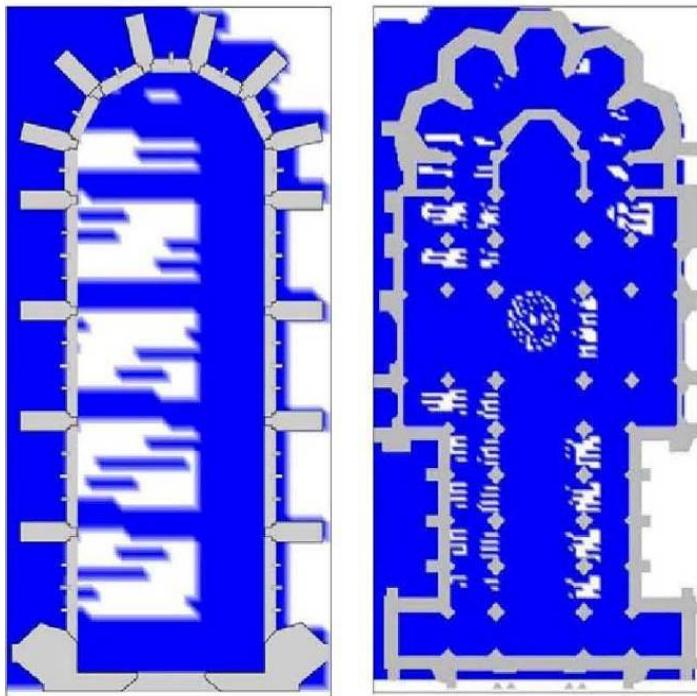


Fig. 8.20. Catedrales muy expresivas. Autor: Juan M. Medina.

En segundo orden son **EXPRESIVAS** (rango de impactos sobre planta entre 2 y 4%) la basílica de SANTA MARÍA DEL MAR y la catedral de GERONA (Fig. 8.21)

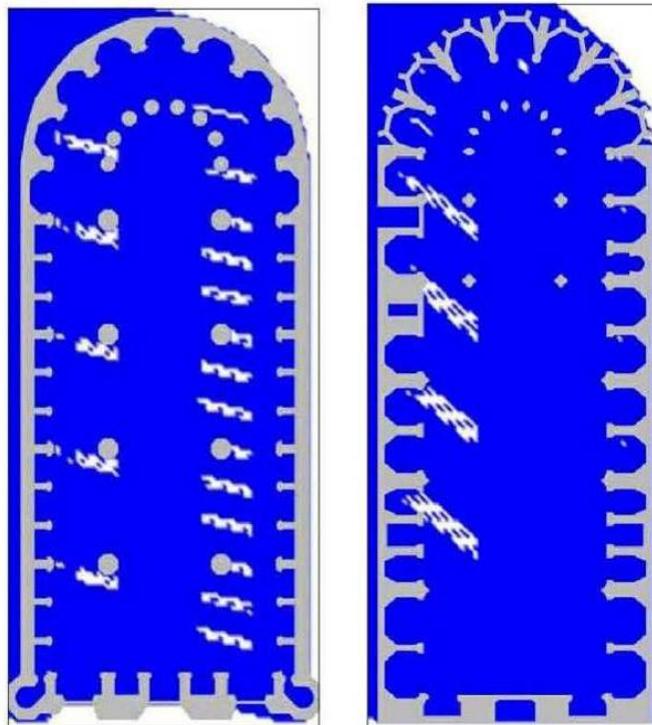


Fig. 8.21. Catedrales expresivas. Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas son **MUDAS** (rango de impactos sobre planta menor del 2%) la catedral de TOLEDO y la de SEVILLA. (Fig. 8.22)

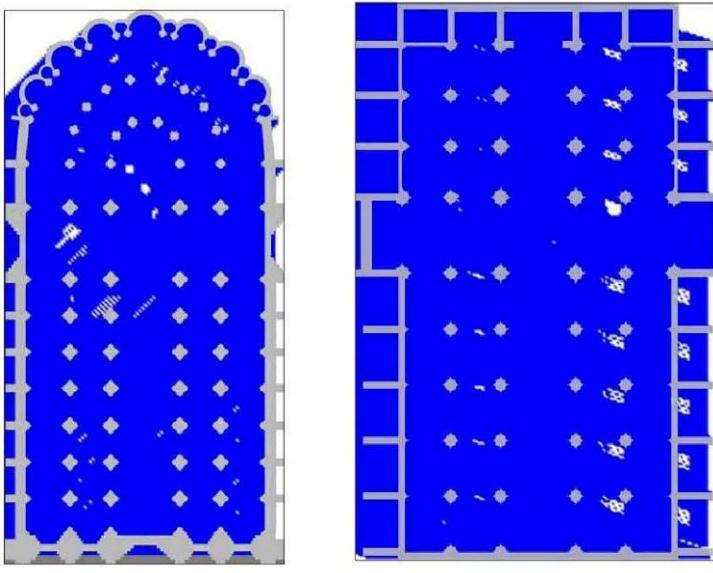


Fig. 8.22. Catedrales mudas. Autor: Juan M. Medina.

### 8.2.2. CLASIFICACIÓN SEGÚN LA INTENSIDAD. CATEDRALES LUMINOSAS Y OSCURAS.

Segunda clasificación que determina la **intensidad** de la iluminación indirecta del interior de las catedrales en:

- ALTA.
- MEDIA.
- BAJA.

Aplicando el método de estudio completo se establecen los siguientes rangos de intensidad de iluminación (Fig. 8.23), medidos en luxes medios totales sobre la totalidad de los puntos censados y promediados entre las distintas horas del día y distintos días del año:

INTENSIDAD		
ALTA I	MEDIA II	BAJA III
IL >15	10< IL <15	IL <10

Fig. 8.23. Rangos de intensidad. Autor: Juan M. Medina.

Si aplicamos el cuadro de intensidades de iluminación de las catedrales estudiadas (Fig. 8.24) se puede clasificar cada catedral en función de su intensidad.

CATEDRAL	INTENSIDAD luxes medios totales
CATEDRAL DE SEVILLA	9,18
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	10,67
CATEDRAL DE TOLEDO	10,98
CATEDRAL DE GERONA	11,21
CATEDRAL DE LEÓN	19,29
SAINTE CHAPELLE	69,44

Fig. 8.24. Grados de intensidad de iluminación media total de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

Aplicando el método de estudio, de las muestras estudiadas son de **INTENSIDAD ALTA** (más de 15 luxes medios totales) la catedral de **LEÓN** y la **SAINTE CHAPELLE DE PARÍS**. (Fig. 8.25)

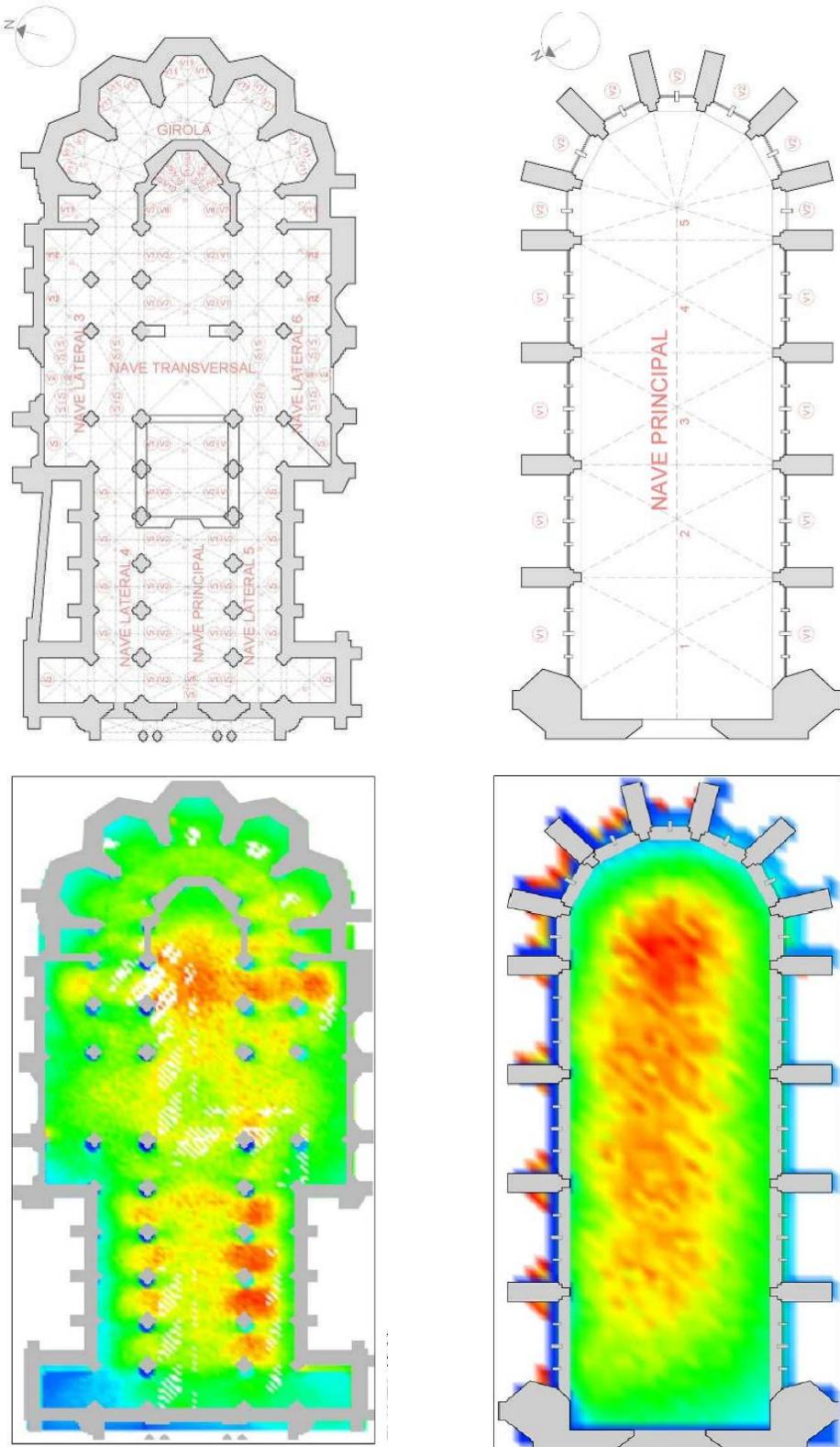


Fig. 8.25 Catedrales con intensidad de iluminación alta. León y la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas son de **INTENSIDAD MEDIA** (entre 10 y 15 luxes medios totales) la catedral de **TOLEDO**, la basílica de **SANTA MARÍA DEL MAR** Y la catedral de **GERONA**. (Fig. 8.26).

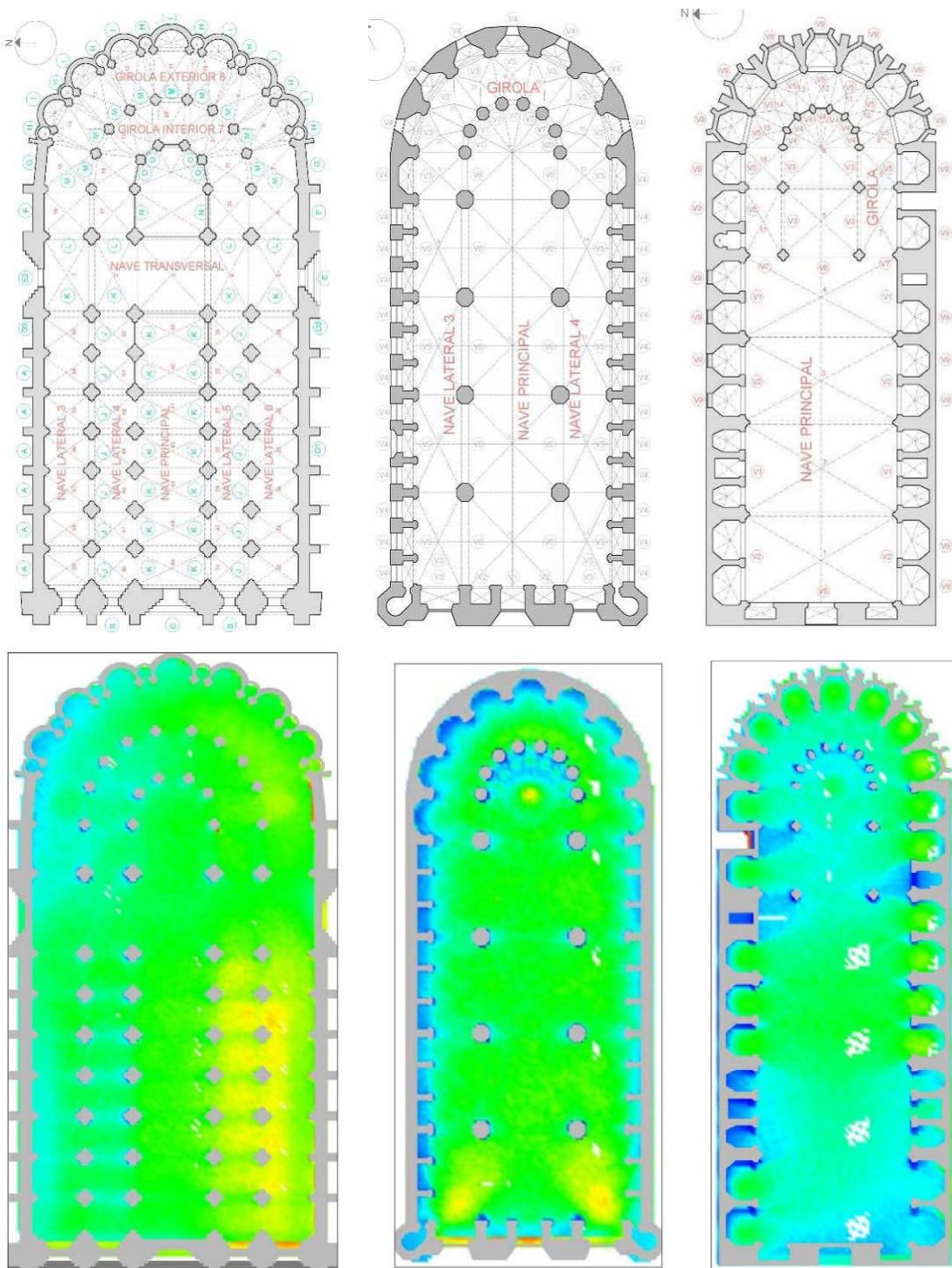


Fig. 8.26 Catedrales con intensidad de iluminación media. Toledo, Santa María del Mar y Gerona.  
 Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas es de **INTENSIDAD BAJA** (menos de 10 luxes medios totales) la catedral de **SEVILLA** (Fig. 8.27)

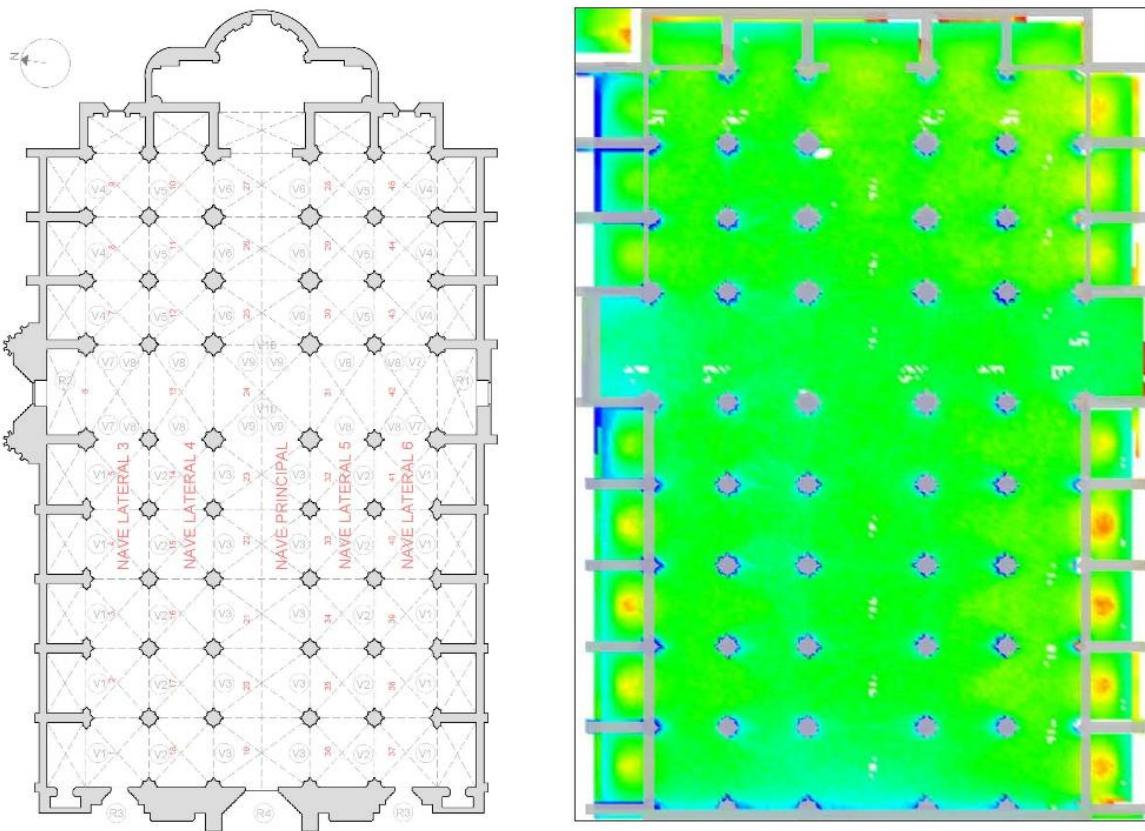


Fig. 8.27. Catedrales con intensidad de iluminación baja. Sevilla. Gráfica de iluminación del 21 de junio a las 12:00 horas. Autor: Juan M. Medina.

### 8.2.3. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL RECORRIDO LUMÍNICO DE SU NAVE CENTRAL. CATEDRALES CRECIENTES Y DECRECIENTES.

Tercera clasificación que determina si el recorrido de la iluminación en la nave central de las catedrales **crece** o **decrece** en su desarrollo desde los pies hasta el crucero.

Aplicando el método de estudio, de las muestras estudiadas son **crecientes** la catedral de GERONA, la basílica de SANTA MARÍA DEL MAR y la Sainte Chapelle de París. (Fig. 8.28)

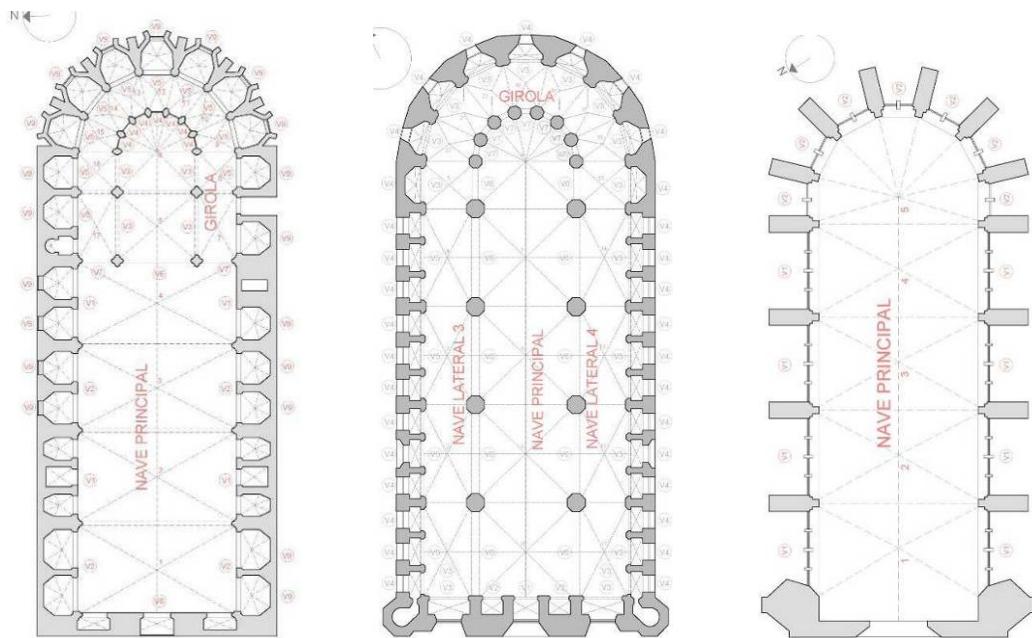


Fig. 8.28 Catedrales crecientes. Gerona, Sta María y la Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas son **decrecientes** las catedrales de SEVILLA, TOLEDO Y LEÓN. (Fig. 8.29)

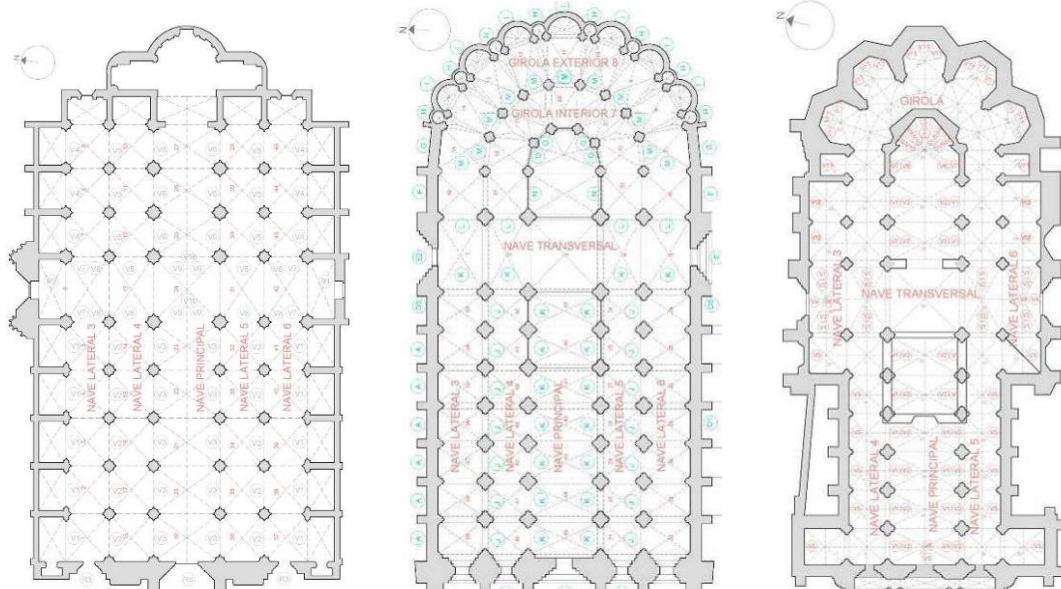


Fig. 8.29 Catedrales decrecientes. Sevilla, Toledo y León. Autor: Juan M. Medina.

#### 8.2.4. CLASIFICACIÓN SEGÚN SU DISTORSIÓN. CATEDRALES DISTORSIONADAS Y NO DISTORSIONADAS.

Cuarta clasificación que determina si la iluminación actual de las catedrales se encuentra **distorsionada** con respecto a la iluminación original en dos niveles:

- DISTORSIONADA.
- NO DISTORSIONADA.

Aplicando el método de estudio completo se establecen los siguientes rangos de distorsión (Fig. 8.30), en función de la proporción de iluminación actual con respecto a la original:

DISTORSIÓN	
DISTORSIONADA (D)	NO DISTORSIONADA (ND)
Fd >1,5	Fd <1,5

Fig. 8.30. Rangos de distorsión. Autor: Juan M. Medina.

De ese modo, una catedral se considera distorsionada si existe más de un 50% de sobre iluminación media en la actualidad con respecto a la que existía en un inicio ( $F_d > 1.5$ ) y se considera no distorsionada en caso de que la sobreiluminación actual no supere ese 50% ( $F_d < 1.5$ ).

Si aplicamos el cuadro de iluminaciones de las catedrales estudiadas (Fig. 8.31) se puede clasificar cada catedral en función de su distorsión..

CATEDRAL	FACTOR DE DISTORSIÓN	
	CENTRAL	TOTAL
GERONA	1,91	1,40
SANTA MARÍA DEL MAR	1,15	1,35
SEVILLA	2,76	3,01
TOLEDO	2,75	3,36
LEÓN	1,14	1,32
SAINTE CHAPELLE	1,03	1,03

Fig. 8.31. Grados de distorsión de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

Aplicando el método de estudio, de las muestras estudiadas están **DISTORSIONADAS** las catedrales de TOLEDO y SEVILLA. (Fig. 8.32)

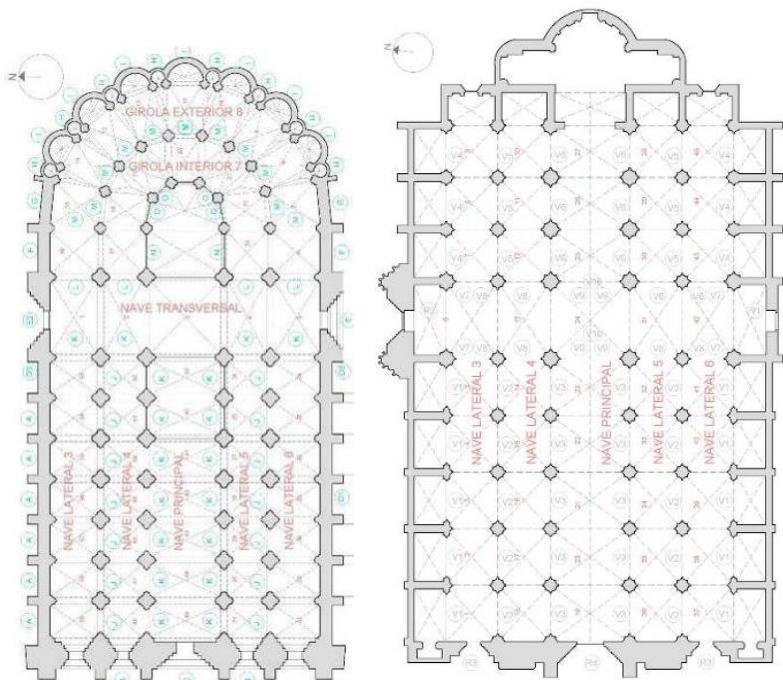


Fig. 8.32 Catedrales distorsionadas. Toledo, Sevilla y León. Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas son **NO DISTORSIONADAS** las catedrales de GERONA, SANTA MARÍA DEL MAR, LEÓN Y la SAINTE CHAPELLE. (Fig. 8.33)

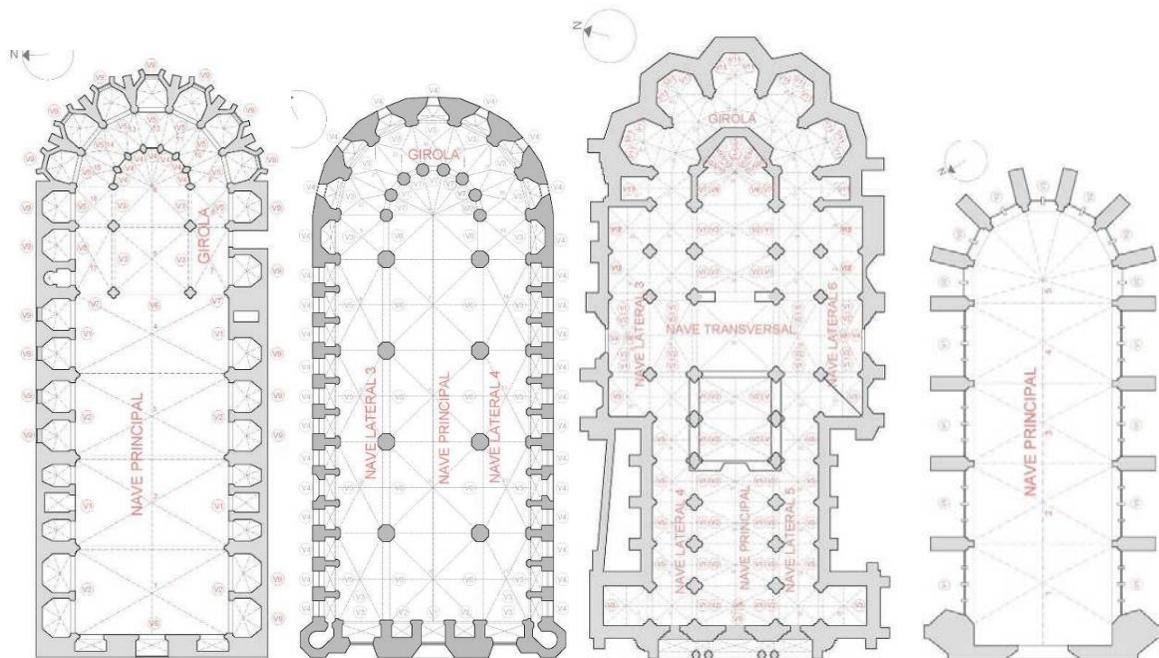


Fig. 8.33 Catedrales no distorsionadas. Gerona, Sta María, León y Sainte Chapelle. Autor: Juan M. Medina.

### 8.2.5. CLASIFICACIÓN SEGÚN EL COLOR DE LAS CATEDRALES.

Quinta clasificación que determina el **color** dominante en la iluminación gótica de la catedral en dos niveles:

- COLOR GÓTICO.
- COLOR NO GÓTICO.

Aplicando el método de estudio completo se establecen los siguientes rangos de color (Fig. 8.34):

COLOR	
GOTICO	NO GÓTICO
ROJO+AZUL >40%	ROJO+AZUL <40%

Fig. 8.34. Rangos de color. Autor: Juan M. Medina.

Como se ha explicado con anterioridad, esta clasificación no se puede establecer de manera global en la catedral puesto que requeriría de un estudio de todas las vidrieras en su composición inicial, cuestión que es imposible en determinados espacios ya que no contamos con los vidrios originales.

Aún así se ha realizado un acercamiento a las catedrales muestra estudiadas para comprobar cuales son los colores predominantes en las vidrieras que sí se han podido estudiar.

El resultado es que todas las vidrieras estudiadas propias de la época gótica de los siglos XII a XIV tienen más del 40% de rojos y azules excepto la Basílica de Santa María del Mar, cuya reconstrucción de vidrieras ha dado porcentajes de rojo y azul en menor proporción.

De las muestras estudiadas son de color **GÓTICO**: GERONA, TOLEDO LEÓN, SEVILLA y la SAINTE CHAPELLE. (Fig. 8.35)

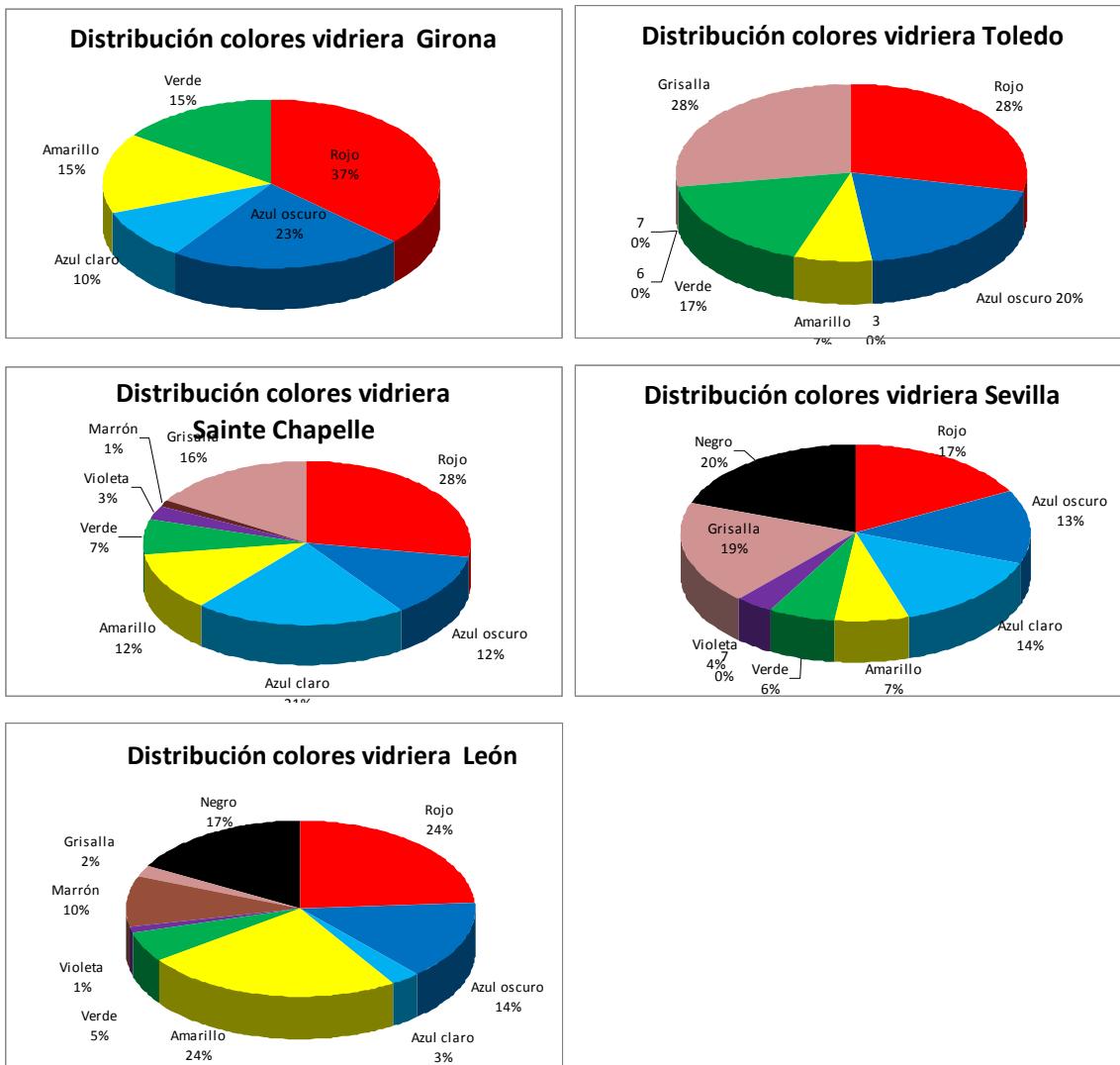


Fig. 8.35 Distribución de colores en las vidrieras estudiadas de Gerona, Toledo, Sainte Chapelle, Sevilla y León. Catedrales de Color gótico. Autor: Juan M. Medina.

De las muestras estudiadas es de color **NO GÓTICO**: SANTA MARÍA DEL MAR. (Fig. 8.36)

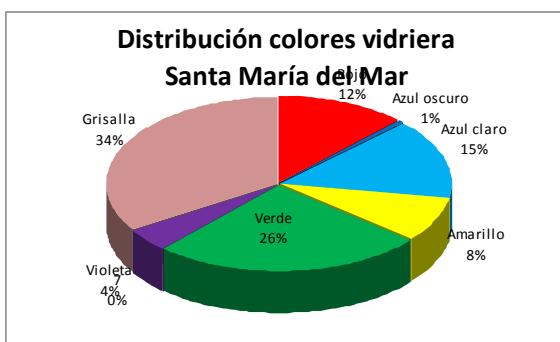


Fig. 8.36. Distribución de color en las vidrieras estudiadas de Santa María del mar. Color no gótico, Autor: Juan M. Medina.

### 8.3. RESUMEN DE LA CLASIFICACIÓN.

Como resumen de cualidades se establece el siguiente cuadro clasificatorio de las catedrales estudiadas (Fig. 8.37) con su correspondiente cuadro de denominaciones (Fig. 8.38):

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> luz proyec / m <sup>2</sup> planta)			INTENSIDAD (m <sup>2</sup> luxes medios totales)			RECORRIDO (según puntos nave central)		DISTORSIÓN (Ilum. 2012/ Ilum. 1600)		COLOR (% rojo y azul)	
	MUY EXP (ME)	EXPR. (E.)	MUDA (M)	ALTA (I)	MEDIA (II)	BAJA (III)	CREC (C.)	DECRR (DC)	DIST (D)	NO DIST (ND)	GOTICO	NO GOTICO
	EX >4	2< EX <4	EX <2	IL >15	10< IL <15	IL <10	SI / NO	SI / NO	Fd >1,5	Fd <1,5	R+A >40%	R+A <40%
CATEDRAL DE GERONA		X			X		X			X	X	
STA MARÍA DEL MAR		X			X		X			X		X
CATEDRAL DE SEVILLA			X			X		X	X			X
CATEDRAL DE TOLEDO			X		X			X	X			X
CATEDRAL DE LEÓN	X			X				X	X			X
SAINTE CHAPELLE	X			X			X			X	X	

Fig. 8.37. Cuadro de clasificación de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

CATEDRAL	DENOMINACIÓN
CATEDRAL DE GERONA	TIPO E-II-C-ND-GÓTICO
STA MARÍA DEL MAR	TIPO E-II-C-ND-NO GÓTICO
CATEDRAL DE SEVILLA	TIPO M-III-DC-D-GÓTICO
CATEDRAL DE TOLEDO	TIPO M-II-DC-D-GÓTICO
CATEDRAL DE LEÓN	TIPO ME-I-DC-D-GÓTICO
SAINTE CHAPELLE	TIPO ME-I-C-ND-GÓTICO

Fig. 8.38. Cuadro de denominaciones de las catedrales en función de su clasificación. Autor: Juan M. Medina.

#### 8.4. ACERCAMIENTO A LA ILUMINACIÓN DE CATEDRALES. PROCEDIMIENTO ABREVIADO APROXIMADO

Si el estudio pormenorizado de muestras a través del **método** presentado en la tesis nos permite clasificar las catedrales en función de su iluminación según acabamos de describir, existe la posibilidad de generar un acercamiento a las mismas a través de un **procedimiento abreviado aproximado**.

Si tenemos en cuenta cada cualidad y el factor o factores que influyen en su definición, tal como hemos descrito en el capítulo anterior, podemos asimilar que si encontramos los **factores de nuevos espacios góticos** y se los aplicamos en su conjunto, podremos acercarnos a sus **cualidades de iluminación**.

Para ello, tan sólo tenemos que tener una sencilla sección de la catedral para encontrar los factores que determinan las cualidades y con ellos alcanzaremos al menos tres de las mismas, la **expresividad**, la **intensidad** y el **recorrido**. Siempre en términos aproximados como "**cualidad esperada**", que lógicamente deberá ser corroborada con la aplicación del método completo si se quiere profundizar específicamente.

Para alcanzar conocimiento sobre la **distorsión** y el **color** es irremediable el estudio pormenorizado de la muestra en cuestión según el método que se ha empleado en la presente tesis.

Las fórmulas a emplear para la detección de la "**Expresividad esperada**" son las siguientes (Fig. 8.39):

FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>EXPRESIVIDAD = Ex(FtT)*0,33 + Ex(FhC)*0,32 + Ex(Fpl)*0,35</b>
Recta regresión: Expresividad (según FtT)	$Ex(FtT) = 1,32 \quad FtT + 1,63$
Recta regresión: Expresividad (según Fhc)	$Ex(Fhc) = -0,34 \quad Fhc + 9,88$
Recta regresión: Expresividad (según Fpl)	$Ex(Fpl) = 25,43 \quad Fpl + 0,59$

Fig. 8.39. Fórmula para la obtención de la expresividad esperada de una catedral en función de sus factores determinantes con corrección por peso de los coeficientes de correlación. Autor: Juan M. Medina.

Las fórmulas a emplear para la detección de la “**Intensidad esperada**” son las siguientes (Fig. 8.40):

FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>INTENSIDAD = IL(Ftm)*0,34 + IL(FtT)*0,36 + IL(Fhc)*0,30</b>
Recta regresión: Intensidad (según Ftm)	$IL(Ftm) = 0,32 \quad Ftm + 6,23$
Recta regresión: Intensidad (según FtT)	$IL(FtT) = 2,70 \quad FtT + 8,78$
Recta regresión: Intensidad (según Fhc)	$IL(Fhc) = -0,45 \quad Fhc + 21,92$

Fig. 8.40. Fórmula para la obtención de la Intensidad esperada de una catedral en función de sus factores determinantes con corrección por peso de los coeficientes de correlación. Autor: Juan M. Medina.

Para el “**recorrido esperado**” de la iluminación en la nave central de la muestra a estudiar, se utilizarán los factores descritos en la calidad de “recorrido”, que son la cercanía del crucero al presbiterio y la disposición de naves.

El primero de los condicionantes es el que más influye por lo que las naves serán CRECIENTES cuando se halle su **crucero cercano al presbiterio**, es decir, aquellos cuyo brazo central no avanza más allá de su intersección con la nave transversal o incluso que no posea tal nave. También influye que, los **ventanales al este y al oeste del crucero estén cerca** y sean capaces de iluminarlo, esto se dará con mayor facilidad en las catedrales de una sola nave o en aquellas que, aun teniendo nave transversal, esta sea corta.

De ese modo, y para demostrar el procedimiento, se ha realizado un ejercicio de obtención de **expresividad esperada** y de **intensidad esperada** para las muestras estudiadas como si estas sólo hubieran pasado por el **procedimiento abreviado**. Para ello se han introducido los **factores** obtenidos de las secciones de cada muestra (Fig. 8.41) dentro de las fórmulas antes reflejadas (Fig.8.39 y 8.40) con los siguientes resultados (Fig. 8.42 y 8.43).

CATEDRAL	FACTORES DIMENSIONALES		
	Ftm	FtT	Fhc
CATEDRAL DE SEVILLA	10,47	0,37	25,66
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	11,88	0,66	17,22
CATEDRAL DE TOLEDO	21,26	0,97	20,19
CATEDRAL DE GERONA	16,44	1,12	18,95
CATEDRAL DE LEÓN	33,59	3,34	13,56

Fig. 8.41. Factores que influyen en la fórmula de la intensidad esperada. Autor: Juan M. Medina

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD ESPERADA	EXPRESIVIDAD REAL	DESVIACIÓN
	procedimiento abreviado	método completo	porcentaje de error
CATEDRAL DE LEON	5,75	6,72	-16,77
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	3,08	3,24	-5,35
CATEDRAL DE GERONA	3,40	3,35	1,37
CATEDRAL DE TOLEDO	2,40	2,00	16,67
CATEDRAL DE SEVILLA	1,62	1,38	15,07

**DESVIACIÓN MEDIA DEL PROCEDIMIENTO ABREVIADO (%)** 11,05

Fig. 8.42. Valores de expresividad esperada obtenidos por el procedimiento abreviado comparados con los de expresividad real obtenidos por el método completo. Autor: Juan M. Medina

CATEDRAL	INTENSIDAD ESPERADA	INTENSIDAD REAL	DESVIACIÓN
	procedimiento abreviado	método completo	porcentaje de error
CATEDRAL DE SEVILLA	9,87	9,18	6,96
BASÍLICA STA MARÍA DEL MAR	9,99	10,67	-6,82
CATEDRAL DE TOLEDO	12,36	10,98	11,19
CATEDRAL DE GERONA	12,15	11,21	7,76
CATEDRAL DE LEÓN	16,96	19,29	-13,75

**DESVIACIÓN MEDIA DEL PROCEDIMIENTO ABREVIADO** 9,30

Fig. 8.43. Valores de intensidad esperada obtenidos por el procedimiento abreviado comparados con los de intensidad real obtenidos por el método completo. Autor: Juan M. Medina

Se puede comprobar como los **valores esperados** obtenidos a través de las fórmulas de expresividad e intensidad son muy parecidos a los obtenidos por el método completo, con desviaciones medias de entre un 9 y un 11 %.

Estas fórmulas, por tanto, son válidas como acercamiento a un dimensionamiento previo de la iluminación de la catedral en lo que se refiere a su expresividad y a su intensidad y nos permite, sin necesidad de recrear en 3D ni seguir el azaroso **método completo** de análisis presentado en este documento, obtener valores muy certeros con los que afrontar

cualquier restauración o intervención en una catedral con conocimiento previo de cual es su iluminación gótica y como respetarla.

Para completar el predimensionado de otras catedrales del panorama español se han introducido los factores detectados en su fisionomía.

La preclasificación de estas catedrales sería la siguiente: (Fig. 8.44).

CATEDRAL	FECHA CONST. GÓTICA	NAVES Y DECALAJE	CLASIFICACIÓN
BURGOS	1221	3-hHh	E-II-DC
LEÓN	1253	3-hHh	E-III-DC
PALMA DE MALLORCA	1253	3-hHh	M-II-C
BARCELONA	1298	3-HHH	M-II-DC
SANTA MARÍA DEL MAR	1328	3-HHH	E-II-C
GERONA	1312	1	E-II-C
PAMPLONA	1397	3-hHh	M-II-C
PALENCIA	1321	3-hHh	M-II-DC
SEVILLA	1403	5-hhHhh	M-I-DC
TOLEDO	1227	5-hhHhh	M-II-DC
SEGOVIA	1523	3-hHh	M-II-DC
ÁVILA	1190	3-hHh	E-III-DC
ZAMORA	1176	3-hHh	E-I-C
BURGO DE OSMA	1232	3-hHh	E-II-DC
VITORIA	S.XIII	3-hHh	M-II-DC
TARRAGONA	S.XII	3-hHh	M-I-DC

Fig. 8.44. Clasificación de catedrales no estudiadas en la presente tesis doctoral según su iluminación por el procedimiento abreviado. Autor: Juan M. Medina

#### LEYENDA:

##### CUALIDAD I:

- Muy Expresiva: **ME**.
- Expresiva: **E**
- Muda: **M**.

##### CUALIDAD II:

- ILUMINACIÓN BAJA: **I**.
- ILUMINACIÓN MEDIA: **II**.
- ILUMINACIÓN ALTA: **III**.

##### CUALIDAD III:

- DESARROLLO CRECIENTE: **C**.
- DESARROLLO DECRECIENTE: **DC**.

##### CUALIDAD IV:

- DISTORSIÓNADA: D
- NO DISTORSIONADA: ND. Según estudio de cada catedral.

CUALIDAD V:

- COLOR GOTICO
- COLOR NO GÓTICO: Según composición de cada catedral.

## 9. CONCLUSIONES.

Las conclusiones alcanzadas en esta Tesis Doctoral son las que se derivan de responder a los **objetivos planteados**, planteados estos, a su vez en función de la **hipótesis fundamental de partida**. Las conclusiones obtenidas son las siguientes:

### 9.1. CONCLUSIÓN 1

Deriva del **primerº de los apartados** de la hipótesis principal que rezaba lo siguiente: "LA ARQUITECTURA GÓTICA NO SÓLO BUSCA INTRODUCIR LUZ EN LOS ESPACIOS SINO CONTROLARLA Y MANIPULARLA".

La arquitectura gótica, como evolución de un sistema arquitectónico completo, consigue de manera magistral introducir la luz en el interior de los espacios definidos por su arquitectura a través de la apertura de grandes vanos en su piel exterior. Sin embargo, tal como estimo haber demostrado de manera teórica a través de los estudios previos del estado del arte, los arquitectos medievales no buscaban tan solo introducir luz en el interior de los espacios góticos, trataban además de atraparla y transformarla para, una vez transfigurada,保护arla sobre el espectador o "la escena" en forma de color. Por ello, las iglesias góticas no son un canto a la luz, son un canto al simbolismo del color.

Este simbolismo se articula a través de un único elemento constructivo; **la vidriera**. Este elemento constructivo y su "tecnología" de filtrado, era ya conocido en el románico, sin embargo no se utiliza de manera sistemática hasta bien entrado el gótico clásico, finales del S.XII, S.XIII y principios del S.XIV.

Esta utilización sistemática de vidrios coloreados que fundamentalmente utiliza rojos y azules oscuros responde a una voluntad expresa de matización y filtrado de la luz. Tanto en la arquitectura románica previa como en la posterior renacentista, la utilización de la vidriera se hace de manera radicalmente distinta porque el mensaje que se busca es también diferente y en ellas podemos ver altas proporciones de colores claros y grisalla que permiten, en gran medida, el paso de la luz hacia el interior.

La demostración empírica de este hecho se ha determinado en la presente tesis con las mediciones de iluminación *in situ* de espacios románicos, góticos y renacentistas y el posterior análisis comparativo de los resultados obtenidos. Estos demuestran como la

arquitectura gótica es una arquitectura eminentemente oscura, de luz matizada, manipulada y coloreada.

## 9.2. CONCLUSIÓN 2

Versa sobre el **segundo de los apartados** de la hipótesis fundamental: “LAS CATEDRALES GÓTICAS SON CLASIFICABLES EN FUNCIÓN DE SU LUZ”.

El grado de sensibilidad alcanzado por los maestros góticos en lo que se refiere al manejo de la luz matizada y coloreada permitió que, con regímenes bajos de iluminación, ésta se materialice de un modo **cambiante e identificable** a lo largo de los diferentes espacios que conforman las catedrales y las diferentes catedrales entre sí. Esto permite **cuantificar y cualificar** estos espacios catedralicios en función de su iluminación y, por tanto, **clasificarlos**.

La presente tesis doctoral propone un método analítico completo a partir del cual se establece una **clasificación** en función de las distintas **cualidades** encontradas en los espacios góticos originales.

Esta clasificación determina que las catedrales son, en función de su **EXPRESIVIDAD**, “**Expresivas o Mudas**” según es su recorrido de vidrieras y la intensidad y calidad del impacto lumínico de las vidrieras sobre el espectador, su luz directa proyectada.

También las ordena en función de la **INTENSIDAD** de la iluminación indirecta de su interior, obteniendo así catedrales de iluminación “**Baja, Media o Alta**” según rangos identificables.

En tercer lugar las clasifica en función del **RECORRIDO** de la iluminación de su nave central, siendo estas “**Crecientes o Decrecientes**” según la forma de su arquitectura y si la iluminación se manifiesta con más intensidad a los pies o en el crucero de la nave.

Establece también su grado de **DISTORSIÓN**, y resalta en que medida su iluminación actual ha sido manipulada en referencia a la iluminación original gótica, quedando las catedrales divididas en dos tipos según esta cualidad; “**Distorsionadas y No Distorsionadas**”.

Por último determina cómo es el **COLOR** de sus espacios a través del estudio de la composición cromática de sus vidrieras. Una vez determinados en el presente estudio

cuales son los colores dominantes del gótico, rojo y azul oscuro, este clasifica las catedrales en función de si su color es “**Gótico o No Gótico**”. El ámbito de este análisis alcanza hasta donde lo permiten las limitaciones de la falta de fidelidad cromáticaa de algunas de las vidrieras que no han llegado hasta nuestros días y que en la actualidad han sido sustituidas por vidrios de colores diferentes a los primitivos.

Según las cualidades descritas, el cuadro clasificatorio resultante del estudio de las muestras de esta tesis doctoral es el siguiente:

CATEDRAL	EXPRESIVIDAD (m <sup>2</sup> luz proyec / m <sup>2</sup> planta)			INTENSIDAD (m <sup>2</sup> luxes medios totales)			RECORRIDO (según puntos nave central)		DISTORSIÓN (Ilum. 2012/ Ilum. 1600)		COLOR (% rojo y azul)	
	MUY EXP (ME)	EXPR. (E.)	MUDA (M)	ALTA (I)	MEDIA (II)	BAJA (III)	CREC (C.)	DECRR (DC)	DIST (D)	NO DIST (ND)	GOTICO	NO GOTICO
	EX >4	2< EX <4	EX <2	IL >15	10< IL <15	IL <10	SI / NO	SI / NO	Fd >1,5	Fd <1,5	R+A >40%	R+A <40%
CATEDRAL DE GERONA		X			X		X			X	X	
STA MARÍA DEL MAR		X			X		X			X		X
CATEDRAL DE SEVILLA			X			X		X	X			X
CATEDRAL DE TOLEDO				X		X		X	X			X
CATEDRAL DE LEÓN	X			X				X	X			X
SAINTE CHAPELLE	X			X			X			X	X	

Fig. 9.1. Cuadro de clasificación de las catedrales estudiadas. Autor: Juan M. Medina.

CATEDRAL	DENOMINACIÓN
CATEDRAL DE GERONA	TIPO E-II-C-ND-GÓTICO
STA MARÍA DEL MAR	TIPO E-II-C-ND-NO GÓTICO
CATEDRAL DE SEVILLA	TIPO M-III-DC-D-GÓTICO
CATEDRAL DE TOLEDO	TIPO M-II-DC-D-GÓTICO
CATEDRAL DE LEÓN	TIPO ME-I-DC-D-GÓTICO
SAINTE CHAPELLE	TIPO ME-I-C-ND-GÓTICO

Fig. 9.2. Cuadro de denominaciones de las catedrales en función de su clasificación. Autor: Juan M. Medina.

Para clasificar las nuevas catedrales deben seguirse los pasos establecidos en la presente tesis no obstante, la misma aporta un procedimiento abreviado por el que pueden conocerse “**cualidades esperadas**” de nuevos espacios góticos en función de los factores volumétricos que los definen, tal como se define en la conclusión 3.

### 9.3. CONCLUSIÓN 3

Versa sobre el tercer apartado de la **hipótesis principal**: "EXISTEN RELACIONES ENTRE VOLUMETRÍAS, FORMA Y ESTRUCTURA Y SU RESULTADO LUMINOSO".

Se han descubierto, a lo largo del análisis de estudio metodológico, indicadores inéditos fundamentales que influyen en la luminosidad de las catedrales góticas.

Estos factores engloban aspectos muy variados de la morfología de las catedrales pero fundamentalmente se engloban en 3 familias. La primera sería la de los **FACTORES DE TRANSPARENCIA**, como son el "**factor de transparencia de muro**" ( $F_{tm}$ ), que mide la relación entre hueco y macizo de los cerramientos, el "**factor de transparencia por volumen**" ( $F_{tV}$ ), que determina una relación entre vanos abiertos y volumen total servido, y el "**factor de proyección lumínica**" ( $F_{pl}$ ), que relaciona la cantidad de vano de un muro respecto a la superficie en planta servida. Todos ellos significan una mayor o menor capacidad captación solar de la luz exterior hacia el interior.

La segunda familia es la compuesta por los **FACTORES VOLUMÉTRICOS** determinantes, como son el "**factor de esbeltez**" ( $F_e$ ), de las naves y el "**factor de altura de arranque del claristorio**" ( $F_{hc}$ ), que modifican los ángulos de entrada de la luz directa y condicionan los comportamientos lumínicos en el interior de los espacios, conformando el denominado "recorrido de vidrieras".

Por último existe un factor propio de cada catedral, es el **FACTOR DE COLOR** de las vidrieras ( $F_c$ ), que determina la capacidad de filtrado de la luz directa al interior a través de las vidrieras y por supuesto su simbolismo de color gótico.

Todos estos factores influyen de manera determinante en la iluminación y, combinados de manera adecuada, nos facilitan la comprensión de las cualidades lumínicas de las catedrales. Pero si bien el método completo descrito en la presente tesis doctoral nos garantiza el conocimiento cierto de la iluminación gótica de cualquier catedral que estudiemos, el presente estudio aporta a su vez un **procedimiento abreviado** que nos facilita datos tempranos aproximados de la realidad lumínica de la misma. Estos factores se pueden obtener de una sencilla sección de la catedral y los **valores esperados** que nos arroja el procedimiento son de alto valor aproximativo a una realidad que, posteriormente, pueden ser completados con la aplicación del **procedimiento completo**, el empleado en la presente tesis.

Las fórmulas que permiten ese acercamiento cercano a las “**cualidades esperadas**” más importantes como son la **expresividad e iluminación** son: (Fig. 9.3)

FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>EXPRESIVIDAD = Ex(FtT)*0,33 + Ex(Fhc)*0,32 + Ex(Fpl)*0,35</b>
Recta regresión: Expresividad (según FtT)	$Ex(FtT) = 1,32 \quad FtT + 1,63$
Recta regresión: Expresividad (según Fhc)	$Ex(Fhc) = -0,34 \quad Fhc + 9,88$
Recta regresión: Expresividad (según Fpl)	$Ex(Fpl) = 25,43 \quad Fpl + 0,59$
FÓRMULA FINAL (pesos según coef. de correlación):	<b>ILUMINACIÓN = IL(Ftm)*0,34 + IL(FtT)*0,36 + IL(Fhc)*0,30</b>
Recta regresión: Iluminación (según Ftm)	$IL(Ftm) = 0,32 \quad Ftm + 6,23$
Recta regresión: Iluminación (según FtT)	$IL(FtT) = 2,70 \quad FtT + 8,78$
Recta regresión: Iluminación (según Fhc)	$IL(Fhc) = -0,45 \quad Fhc + 21,92$

Fig. 9.3. Fórmulas para la obtención de la **expresividad esperada** y de la **iluminación esperada** de una catedral en función de sus factores determinantes con corrección por peso de los coeficientes de correlación. Autor: Juan M. Medina.

Estas fórmulas nos acercan a la realidad de la iluminación gótica de cualquier catedral que necesitaremos estudiar con un margen de error aproximado en lo referente a su **intensidad y expresividad** de  $\pm 10\%$ .

Según las fórmulas y los criterios de acercamiento descritos para las cualidades restantes, la clasificación extendida al resto de espacios góticos sería la siguiente: (Fig. 9.4):

CATEDRAL	FECHA CONST. GÓTICA	NAVES Y DECALAJE	CLASIFICACIÓN
BURGOS	1221	3-hHh	E-II-DC
LEÓN	1253	3-hHh	E-III-DC
PALMA DE MALLORCA	1253	3-hHh	M-II-C
BARCELONA	1298	3-HHH	M-II-DC
SANTA MARÍA DEL MAR	1328	3-HHH	E-II-C
GERONA	1312	1	E-II-C
PAMPLONA	1397	3-hHh	M-II-C
PALENCIA	1321	3-hHh	M-II-DC
SEVILLA	1403	5-hhHhh	M-I-DC
TOLEDO	1227	5-hhHhh	M-II-DC
SEGOVIA	1523	3-hHh	M-II-DC
ÁVILA	1190	3-hHh	E-III-DC
ZAMORA	1176	3-hHh	E-I-C
BURGO DE OSMA	1232	3-hHh	E-II-DC
VITORIA	S.XIII	3-hHh	M-II-DC
TARRAGONA	S.XII	3-hHh	M-I-DC

Fig. 9.4. Clasificación de catedrales no estudiadas en la presente tesis según su iluminación por el procedimiento abreviado. Autor: Juan M. Medina

#### 9.4. CONCLUSIÓN 4

Versa sobre la **cuarta hipótesis**: "EXISTEN EFECTOS DISTORSIONADORES DE LA LUZ "REPARABLES" EN LAS CATEDRALES. ESTADO ACTUAL DE LA ILUMINACIÓN".

Por último, en el capítulo de la realidad lumínica de los espacios actuales góticos, existe un último factor que aglutina el conjunto de modificaciones aplicadas sobre las catedrales a lo largo del tiempo que alteran de alguna manera la iluminación gótica original, el "**factor de distorsión**", ( $F_d$ ), que mide la relación porcentual de iluminación original gótica respecto a la que existe en la actualidad y que nos habla del grado de autenticidad de la iluminación que hoy día podemos entender en un espacio gótico.

Este factor mide la realidad lumínica y responde a distorsiones como son la sustitución de vidrieras por vidrios translúcidos o transparentes, la apertura de nuevos huecos de iluminación en muros o lucernarios y la introducción de iluminación artificial puntual, entre otros. La suma de todas estas distorsiones impide, en cierta medida, que podamos disfrutar de una iluminación gótica auténtica.

La mayoría de estas alteraciones son, analizadas convenientemente y, tras un estudio preciso de cada una de ellas, perfectamente **reversibles**. Conocer como era su iluminación primitiva y cual es la influencia negativa que estas distorsiones ejercen sobre el espacio gótico, nos ayudaría a recuperar un valor esencial de la historia de la arquitectura y la razón de ser fundamental del gótico: "**su luz**".

La luz estuvo presente en el diseño de las catedrales y debería permanecer viva en ellas de la manera más fiel a su estado original "probable", su conocimiento preciso nos permite no sólo revertir situaciones distorsionadoras de la luz en la actualidad, sino afrontar las futuras intervenciones con garantías de no alterar lo que en los inicios fue motor de cambio del propio estilo arquitectónico y factor determinante del proyecto gótico.

## 10. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

El autor de la presente tesis doctoral entiende que el conocimiento pormenorizado de la iluminación en las Catedrales Góticas es fundamental para el entendimiento de su espacio arquitectónico.

El **método** aplicado en la presente tesis permite una **clasificación** de catedrales en función de su iluminación y aporta un valor cualitativo indispensable a la realidad gótica, diferenciando los espacios de manera singular, **antes no explorada**. Este método es aplicable a cualquier otro espacio gótico, por lo que la herramienta creada permite extender el conocimiento a todos los espacios configurados según este estilo arquitectónico.

Además, en España de manera particular, su adecuada comprensión contiene otra derivada, que es la de la relación obtenida entre los **condicionantes estructurales y su reflejo en la iluminación**. La pretendida clasificación pone en valor cómo, catedrales de concepción estructural tan complejas como son las que están sometidas a cargas dinámicas producidas por viento o sismo, han conseguido salvar un aspecto tan importante como es su iluminación interior, y cuales lo han conseguido con mayor acierto.

Los **factores y las cualidades** inéditos que propone el estudio, muestran cómo se iluminan las catedrales, cómo se colorean, cómo se matizan y, en definitiva, **cómo hablan**, a través del complejo y apasionante recorrido de sus vidrieras y de la diversa composición de sus espacios.

Por último el autor del presente trabajo sostiene que, el **entendimiento del comportamiento de la luz en las catedrales góticas, aporta una herramienta práctica para abordadar lo que, a su juicio debiera ser un condicionante ineludible a tener en cuenta a la hora de restaurarlas**, en un intento por que las intervenciones futuras no sólo no desvirtúen lo que en un inicio fue algo pretendido y buscado con ahínco, sino que también permita, en la medida de lo posible, la restitución a valores iniciales de aquello que **forma parte de la más relevante esencia de la Catedral Gótica**, y que en la actualidad, carece de la importancia precisa por el simple hecho de tratarse de un aspecto desconocido, **su luz**.

## 11. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

El camino abierto por la clasificación de la profesora Cassinello en torno a las catedrales góticas en función de su **concepción estructural**, se prolonga ahora con la clasificación de esas mismas catedrales en función de su **concepción lumínica**. Estas clasificaciones abren multitud de vías de investigación acerca de la distribución espacial de las catedrales góticas y sus cualidades intrínsecas.

El comportamiento de la iluminación en los espacios religiosos no es patrimonio exclusivo del gótico. Desde los orígenes de la arquitectura, la luz y su utilización como motor de expresión metafísica han caminado unidos. La presente clasificación se podría extender a épocas anteriores y posteriores en el tiempo, que podría generar un hilo conductor propio de entendimiento de los edificios religiosos: la distribución y cualificación de su luz.

Otra vía de investigación factible sería aquella que profundizara en el diagnóstico sistemático de las catedrales en función de su iluminación actual y que, puestas en comparación con su iluminación original, permitieran establecer los efectos distorsionadores de las mismas. Este condicionante, "desconocido" a la hora de interpretar las intervenciones en el patrimonio arquitectónico antiguo, aportaría un valor fundamental a cualquier restauración y evitaría "arañazos" arquitectónicos indeseables que modificaran la otrora excepcional iluminación simbólica gótica.

Por último se entiende que, en un camino de lo general a lo particular, la apreciación y puesta en valor de la iluminación en las catedrales en general puede ampliarse y profundizarse hasta cada uno de los espacios góticos en particular, pudiendo introducirse los conceptos planteados en esta tesis para cualquier plan director o estudio profundo de una catedral gótica.

## 12. BIBLIOGRAFÍA DESTACADA.

### 12.1 BIBLIOGRAFÍA SOBRE ARQUITECTURA GÓTICA. INTRODUCCIÓN, ESTADO DEL ARTE Y CONCLUSIONES.

- ACKERMAN, R., COMBE, W. *"The History Of the Abbey Church of St Peter's Westminster"*, 2 vols. London, 1.812.
- ACKERMAN, J. *"Ars sine sciencia nihil est, Gothic Theory of Architecture at the Cathedral of Milan"*. *The Art Bulletin*, 1949.
- ADELL, Josep M<sup>a</sup>. *"Tratado de rehabilitación"*. Editorial Munilla-Lería. ISBN 978-84-89150-23-2.
- ALBERTI, Leon Battista. Tratado: *"De Re Aedificatoria"*. (Editado por primera vez en el año 1.485) Traducción de Javier Fresnillo Núñez, con prólogo de Javier Rivera. Ediciones Akal S.A, Madrid, 1.991, ISBN 13: 978-84-7600-924-6.
- ALBERTI, León Battista. *"Los Diez Libros de Arquitectura"* 1 Edición, Ed: Albatros Ediciones, Madrid, 1977. ISBN 13: 978-84-7274-008-2.
- AL-IDRISI, "Descripción de España". Reproducción facs. De la ed. Madrid, Imprenta Real, 1799. Ed: Maxtor Librería, Madrid, 2008. ISBN 13: 978-84-9761-513-6 .
- ÁLVAREZ-BUYLLA, M. "El tratamiento moderno de la restauración". En *"La catedral de Santa María de Cuenca. Tres décadas de intervenciones para su conservación"*, Ed: Fundación ACS, Madrid, 2009. p. 25-52.
- ALONSO, Adolfo, MARTÍNEZ, Arturo, "Diagnóstico sobre el comportamiento estructural de la cúpula de las Escuelas Pías de Valencia", Ed: Restauración & rehabilitación, 2003, ISSN 1134-4571, Nº 74, p. 54-57.
- ALONSO, Adolfo, MARTÍNEZ, Arturo, "Técnicas de diagnóstico estructural en las estructuras históricas. Análisis de la cúpula de San Miguel de los Reyes (Valencia)", Ed: Loggia: arquitectura y restauración, 2002, ISSN 1136-758X, Nº 14-15, p. 162-171.
- ÁLVAREZ, Rosa M. *"Catedrales de España"* Ed: Aqualarga editores, S.L., Madrid, 1997. ISBN 13: 978-84-88959-39-3.
- AZCÁRATE, José M<sup>a</sup>. *"Arte Gótico en España"*. Ed. Cátedra, Madrid, 1990. ISBN 978-84-376-0894-5.
- LASAGABASTER, J.I., "La Catedral de Santa María de Vitoria-Gasteiz", I Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas, 20-23 mayo, Vitoria. ISBN 13: 978-84-7821-464-8.
- ALBARDONERO, Antonio, "Fuentes escritas para el conocimiento de la construcción medieval", en: *La técnica de la arquitectura medieval*, Coords. /Eds: Amparo Graciani

- García, Secretariado de publicaciones, Universidad de Sevilla, 2000, ISBN/D.L.: 84-472-0573-8.
- ARAUJO, Ramón, "Rehabilitación de la arquitectura moderna", Ed: Tectónica. N°33, Madrid, 2010. ISBN: 1136-0062.
  - BAEZA, Juan, MALDONADO, Luis, "Técnicas de intervención en edificios históricos": memoria del curso académico 2001-2002. Mairea Libros, 2002. ISBN 978-84-932367-7-9
  - BARNES, C. "Le probleme Villard de Honnecourt. Les batissurs des cathedrals gothiques". Museés de la Ville de Strasbourg, París, 1989.
  - BARRAQUER, C. "Las casas de religiosos en Cataluña durante el primer tercio de siglo XIX". Vol. I, Edición: F.J. Altés y Alabart, Barcelona, 1906. Open Library OL23747462M.
  - BAYON, Damien, "L'architecture en Castille au XVI siecle. Commande et réalisations" París, 1967, ISBN 13: 9782252009192.
  - BASSEGODA, Buenaventura, "algunos ensayos sobre técnica Edificatoria", Ed. Universidad Politécnica de Barcelona, Barcelona, 1975. ISBN 10: 8460064948.
  - BASSEGODA, Buenaventura, "La bóveda catalana", Ed: Institución Fernando el Católico, colección Énfasis, 5, Barcelona, 1997. ISBN 13: 978-84-7820-344-4.
  - BECHMANN, Roland. "Les racines des cathédrales". Paris, Payot, 1981. ISBN: 2-228-90651-4.
  - BECCHÍ A. "Heteronomía y autonomía del conocimiento en el estudio de la arquitectura gótica". Primer Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gasteiz, mayo 1.998.
  - BLASCO, V. "La catedral", Ed: Ayuntamiento de Valencia, Valencia, 2001. ISBN 13: 978-84-8484-003-9.
  - BLONDEL, J.F. "Cours d'Architectura, ou Traité de la distribution et construction des batiments", Paris Chez le Veuve Desaint, 1.771-77 (BEC).
  - BRANNER, R. "Paris and the origins os rayonnat gothic architecture down to 1240". The Art Bulletin 44, n.º 1, 1962. p. 39-51.
  - BRANNER, R. "Villard de Honnecourt, Archimedes and Chartres". Journal of the Society of Architectural Historians, 1960. www.jstor.org.
  - BROGIOLO, G. P. "Arqueología estratigráfica y restauración". Informes de la Construcción 46, n.º 435, Madrid, 1995. p. 31-36.
  - BROGIOLO, G. P. "Dall'analisi stratigrafica degli elevati all'archeologia dell'architettura". Archeologia della Architettura 2, 1997. p. 181-184.
  - BURCKHARDT, Titus, "Chartres y el nacimiento de la Catedral", Ed: Medievalia, José J. de Olañeta, editor, Palma de Mallorca, 1999. ISBN: 84-7651-770-x.
  - BUTCHER, F. "Architector. The Lodge Books and Sketchbooks of Medieval Architects". Ed: Abaris Books, New York, 1979. ISBN: 978-0913870471
  - BRUYNE, "Estudios de estética medieval", Editorial Gredos, Madrid, 1958, tres volúmenes.

- CALAMA, José M. "La restauración de la construcción medieval. El caso español (1800-1936)", en: *La técnica de la arquitectura medieval*, Coords./Eds: Amparo Graciani García, Secretariado de publicaciones, Universidad de Sevilla, 2000, ISBN/D.L.: 84-472-0573-8.
- CALAVERA, J. "Estructuras Edificación". Publicaciones de INTEMAC.
- CAMINO, Mª Soledad, "La reconstrucción del cuerpo principal del templo de Santa María de la Antigua de Valladolid, a principios del siglo XX" *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*: Burgos, 2007. ISBN: 978 84 7790 446 5. p. 177-182.
- CASTRO, Antonio, "Historia de la construcción medieval. Aportaciones" 1ª edición, Barcelona, ediciones UPC, S.L. Quaderns dárquitectes, 15, 1996, ISBN: 8483011735 ISBN-13: 9788483011737.
- CASINELLO, Mª J. "Trazado y estabilidad de la arquitectura gótica". Tesis doctoral inédita, Universidad Politécnica de Madrid, 2003.
- CASSINELLO, Mª J. ed. "La construcción de la luz. Rastro de reflexiones y reflejos". Colección Textos académicos. Mairea Libros, Madrid 2011. ISBN 978-8492641-73-4.
- CASSINELLO, F. "Arcos de ladrillo". Instituto Eduardo Torroja .Madrid 1964.
- CASSINELLO, F. "Bóvedas y Cúpulas de fábrica". Instituto Eduardo Torroja. Madrid 1.964.
- CATENEY, Pietro, "I quattro primi libri di Architettura". Venecia. 1.554 (BN ER/2520) (INTEMAC).
- CENNINI, Cennino, "Il libro dell'Arte", Edición Franco Brunello, Vincenza, 1971.
- CHOISY, A. "Historia de la Arquitectura". 2 vols. 1ª Parte. Editorial Victor Lelu, Traducción completa de S. Gallo de la edición original, 2899, París.
- CHUECA, Fernando. "Historia de la arquitectura española, edad antigua y edad media". Fundación Cultural Santa Teresa, Madrid, 1965. ISBN 978-84-923918-4-4
- CHUECA, Fernando, "Invariantes castizos de la arquitectura española", Editorial Dossat, Madrid, 1947, ISBN: 84-23704-59-9.
- CIRICI, A. "Arquitectura Gótica Catalana". Editorial Lumen, Barcelona, 1.968. ISBN 13: 978-84-264-2805-9.
- MAS-GUINDAL, Antonio, "Criterios de intervención y recomendaciones de diseño a sismo en las estructuras de patrimonio histórico". Ed: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, s. f. <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>
- CROCI, G. "El comportamiento estructural de las catedrales góticas". Primer Congreso Europeo sobre restauración de catedrales góticas, Vitoria-Gastéiz, 1.998.
- CURRY, Ian, "Restorations and repairs to the fabric of Durham Cathedral", 1.777 to 1.803, in Medieval Art and Architecture at Durham Cathedral. BAA CT, 1.980, III, 130-139.
- DA VINCI, Leonardo, "Tratado de pintura", edición A. González García, Madrid, 1976, ISBN: 84-276-1311-3.

- D'AGOSTINO S., FRUNZIO, G. "Consequences of small earthquakes on the artistic Heritage", IABSE symposium, Rome, 1993.
- D'ASDIA, P. "Analysis of the seismic response of masonry structures", IABSE symposium, Rome, 1993.
- DIAZ-PINÉS, Mateo F., "Catedral de Palencia". 1º Congreso Internacional Sobre restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gastéiz, mayo 1.998.
- DUBY, Georges, "La época de las catedrales. Arte y sociedad. 980-1420". Ed: Cátedra, Madrid, 1997, ISBN: 84-376-1179-2.
- ENLART, C. "Les origines de l'architecture gothique en Espagne et en Portugal". *Bulletin Arquéologique*, 1894. p 168-188.
- ERLANDE-BRANDENBURG, A. "Du Moyen Age à la Renaissance. IVe siècle-début XVIIe siècle", Paris, Mengés, caise nationale des monuments historiques et des sites, 1995. ISSN: 2856203671.
- ERLANDE-BRANDENBURG, A. "La cathédrale", Editorial Akal, Paris, 1993. ISBN : 978-84-460-0219-2.
- ERLANDE-BRANDENBURG, A., R. Penoud, J. Gimpel, y R. Bechmann. "Carnet de Villard de Honnecourt, XIIIe siècle", Paris, 1986.
- ESCRIG, Félix. "La estructura gótica. O de cómo las fuerzas encontraron su camino", en: *La técnica de la arquitectura medieval*. Coords./Eds: Amparo Graciani García, Secretariado de publicaciones, Universidad de Sevilla, 2000, ISBN/D.L.: 84-472-0573-8.
- ESCRIG, Félix y PÉREZ, Juan. "La modernidad del gótico. Seis puntos de vista sobre la arquitectura medieval", 1ª edición, Secretariado de publicaciones, Universidad de Sevilla, 2004, ISBN: 9788447208371.
- ESSELBORN, Carlos, BASSEGODA, Buenaventura. "Tratado General de Construcción", Ed: Gustavo Gili, Barcelona, 1952.
- ESTEBAN CHAPAPRÍA, J. "Las restauraciones de la Catedral de Valencia". 1º Congreso Internacional sobre restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gastéiz, mayo 1.998.
- FEILDEN, Bernard M. "Restorations and repairs afther World Ward II", en "Norwich Cathedral", Ed Hambledon Press, Ohio, EEUU, 1996. ISBN: 1 85285 134 1.
- FERRER, Bartolomé. "Curiosidades útiles; Aritmética, Geometría y Archiectura, Regla de Oro aritmética", Ed: Eusebio Fernandez de la Huerta, Madrid, 1.719, (BN 2/35047); BCA XVIII-61.
- FREIRA-PEREIRA, J. "Estimación de Incertidumbre en Canales de Prueba Navales". Director: Pérez Rojas, L. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Superior de Ingenieros Navales. Departamento de sistemas Oceánicos.
- FITCHEN, J. "Building construction before mechanization". MIT Press, Chicago, EEUU, 1986. ISBN: 0-262-06102-3.
- FITCHEN, J. "The construction of Gothic cathedrals: a study of medieval vault erection". University of Chicago Press, Londres, 1961. ISBN: 0-226-25203-5.

- FITCHEN, J. "A comment on the function of the upper flying buttress in french gothic architecture". *Gazette des Beaux-Arts* 45 (1.955).
- FITCHEN, J. "The construction of gothic catedrals". Oxford: Clarendon Press, 1.962.
- FRANKL, P. "The gothic, literary sources and interpretations through eight centurias". Princeton University Press, 1.960.
- FRICK, Otto. "Construcciones de edificios". Parte I: Construcción en piedra y ladrillo,. Editorial Labor, Buenos Aires, 1.947 (BN).
- GARCÍA, A. FREIRE, Antonio "La técnica de la arquitectura medieval". Ed: Universidad de Sevilla Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2002. ISBN 13: 978-84-472-0573-8.
- GARCÍA, Alfonso, ADELL, J.Mº, "Gaudí y las bóvedas de las Escuelas de la Sagrada Familia". En Informes de la Construcción. IETCC. Vol. 57 Nº 496. Págs 31-45. Marzo/Abril 2005. CSIC. ISSN 0020-0883.
- GARCÍA, Juan. "Verdadera práctica de Resoluciones de Geometría sobre las tres dimensiones para un perfecto arquitecto", Ed: Imprenta de Lorenzo Francisco Mojados, Madrid, 1.747, BN 3/50118; BCA XVIII.
- GARCIA LOPEZ, Marcelino. "Manual del constructor". Editorial Viuda e Hijos de D. J. Cuesta, Madrid, 1.864 (BN 1/67126).
- GILSON, Etienne, "La philosophie de Saint Bonaventure", Ed : Vrin, Collection Études de philosophie médiévale, Paris, 1924. ISBN: 978-2-7116-0291-9.
- GONZÁLEZ, Julio. "El Reino de Castilla en la época de Alfonso VIII" Ed: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Escuela de Estudios Medievales, Madrid, 1960. ISBN: 978-84-00-00618-1.
- GONZÁLEZ-VARAS, I. "La Catedral de León: historia y restauración". Ed: Universidad de León. Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales, León, 1993. ISBN: 978-84-7798-116-9.
- GONZÁLEZ-VARAS, I. "La catedral de Sevilla (1881-1990): el debate sobre la restauración monumental". Ed: Diputación Provincial de Sevilla. Servicio de Publicaciones, Sevilla, 1995. ISBN 13: 978-84-7798-116-9.
- GONZÁLEZ, José Luis, "El caso de los arbotantes de la cabecera de la iglesia gótica de Castelló d'empuries (la llamada catedral del Ampurdán)", en: Actas del quinto congreso nacional de historia de la construcción, Burgos, 7-9 Junio 2007, ISBN 978-84-7790-446-5.
- GOTTI, José. "Cálculo práctico de la Fuerzas Mecánicas y Animadas", Ed: Imprenta de Juan Roger, Barcelona, 1.856, (BN 1/40510).
- GRODECKI, Louis, "Arquitectura gótica". Ed: Aguilar, Colección Historia Universal de la Arquitectura, Madrid, 1977. ISBN 13: 978-84-03-33022-1.
- GRODECKI, Louis, "Le vitrail et l'architecture au XIle et au XIIIle siècles", Gazette des beaux-arts, Paris, 1949, II, p. 5-24. OCLC. 25759067.

- GRODEKI, Louis, "Fontions spirituelles", en "Le vitrail français", Paris, 1958.
- HEYMAN, Jacques y HUERTA, Santiago. "Análisis de estructuras. Un estudio histórico". Instituto Juan de Herrera, 2004. ISBN 13: 978-84-9728-112-6.
- HEYMAN, J Jacques, HUERTA, Santiago. y LÓPEZ, G. "El esqueleto de piedra". Instituto Juan de Herrera, 1999. ISBN 13: 978-84-89977-73-0.
- HEYMAN J Jacques, "The rubber vaults of the middle ages". 1974 JSAH.
- HEYMAN J Jacques, "The Safety of masonry arches". 1969. int. journal of mech.sc. Pergamon Press.
- HEYMAN J Jacques, "La ciencia de las estructuras". Instituto Juan de Herrera, 1999. ISBN 13: 978-84-95365-98-9.
- HEYMAN J Jacques, "Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica". Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, Madrid, 1995. ISBN 13: 978-84-7790-213-3.
- HEYMAN J Jacques, "The Stone skeleton". International journal solids and structures. Ed : Cambridge University Press, Londres, 1967. ISBN-13: 978-0521629638.
- HEYMAN, J Jacques, "Teoría, historia y restauración de Estructuras de Fábrica". Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. 1995. ISBN 13: 978-84-920297-1-6.
- HEYMAN J Jacques, "Reparación de catedrales". Primer Congreso Europeo Sobre restauración de catedrales góticas. Vitoria-Gasteiz; mayo 1.998.
- HUERTA, Santiago, "Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica". Textos sobre teoría e historia de las construcciones. Instituto Juan de Herrera, Madrid. 2004. ISBN 84 9728 129 2.
- HUERTA, Santiago, "Diseño Estructural de Arcos, Bóvedas y Cúpulas en España c.a 1.500 - ca. 1.800". Dirigida por Ricardo Aroca Hernández-Ros 1.990. Politécnica de Madrid. ETSAM.
- HUERTA, Santiago, "La teoría del arco de fábrica: desarrollo histórico" Obra Pública, (Número especial sobre Ingeniería e Historia) (38). (1996). pp. 18-29. ISSN 0213-4195.
- HUERTA, Santiago, "Geometry and equilibrium: The gothic theory of structural design", Structural Engineer, 84 (2), 2006. pp. 23-28. ISSN ISSN: 1466-5123.
- HUERTA, Santiago, "The Analysis of Masonry Architecture: A Historical Approach", Architectural Science Review, 51 (4), 2008. pp. 297-328. ISSN 0003-8628.
- HUERTA, Santiago, "The medieval 'scientia' of structures: the rules of Rodrigo Gil de Hontañón", en: Towards a History of Construction. Between Mechanics and Architecture. Birkhäuser Verlag, Basel, Suiza, 2002. pp. 567-585. ISBN 3 7643 6880 2.
- HUERTA, Santiago, Mecánica de las bóvedas de la catedral de Gerona. In: Seminari sobre l'estudi i la restauració estructural de les catedrals gòtiques de la corona Catalano-Aragonesa. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona, Girona, España, 2004, pp. 179-204. ISBN 84 8458 198 5.

- HONNECOURT, Villard, "Cuaderno", a partir del manuscrito conservado en la Biblioteca Nacional de París (n.19093) presentado y comentado por Erlande-Brandenburg, Alain, Pernoud, Regine, Gimpel, Jean y Bechmann, Roland, Editions Stock, 1986 para estudios introductorios y Ediciones Akal, 1991, 2001 para los países de habla hispana, Madrid, 2001. ISBN: 84-460-1776-8.
- JANTZEN, Hans, "La arquitectura gótica", 1ª Edición, ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, 1979, ISBN: 950-602-110-4.
- JORDÁ, Carmen, "Eduardo Torroja: La vigencia de un legado" Ed: Servicio de Publicación de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, 2002, ISBN: 9788477219712
- KARGE, «Die königliche Zisterzienserinnenabtei Las Huelgas de Burgos und die Anfänge der gotischen Architektur in Spanien."». En *Gotische Architektur in Spanien: Akten des Kolloquiums der Carl Justi-Vereinigung und des Kunstgeschichtlichen Seminars der Universität Göttingen, 4-6 February*, 13-40, 1994.
- KIMPEL, D., SUCKALE, R. HIRMER, A. ERNSTMEIER-HIRMER, I. y NEU, F. *L'Architecture gothique en France 1130-1270*. Flammarion, 1990.
- KLEIN, Bruno, "El gótico, Arquitectura, escultura, pintura", Ediciones H.F.Ullman, Rolf Toman, Madrid, 2007. ISBN: 978-3-8331-4658-9.
- LAMBERT, E. "El arte gótico en España en los siglos XII y XIII". Madrid: Ed. Cátedra, 1977.
- VIOLLET-LE-DUC, Eugene, "Dictionnaire raisonné de l'architecture française", Capítulo "Architecture Religieuse".
- LECOY, A. "Oeuvres Complètes de Suger", 1ª Edición, ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 2004, Madrid. ISBN: 84-376-2179-8.
- MACCHI, G. y VVAA. Seminario di Studi Pisa 8-9 luglio 1.999 — Il Restauro della Torre Pendente di Pisa: Situazione Attuale e Prospettive. Quaderno n° 15 Bandecchi y Vivaldi PONTEDERA junio 2001 (B. INTEMAC).
- MACKAULAY, David. "Cathedral: The Story of its Construction". Ed: Library of Congress Cataloging in Publication Data, Nueva York, 1973. ISBN: 0-395-17513-5.
- MALDONADO, Luis, "El plan director como articulador de los estudios previos en el campo de la restauración arquitectónica". En *Los Estudios preliminares en la restauración del patrimonio arquitectónico*. Madrid: Mairea, 2005. ISBN 978-84-933877-5-4.
- MALDONADO, Luis, y MONJO, Juan. "Redacción de proyectos de intervención arquitectónica". Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid. ISBN 978-84-7740-091-2.
- MALDONADO, Luis, RIVERA, D. y VELA, F. "Los Estudios preliminares en la restauración del patrimonio arquitectónico", Mairea, Madrid, 2005. ISBN 978-84-933877-5-4
- MARK, Robert, "Light Wind, and Structure: The mystery of the Master Builders", New Liberal Arts Series, MIT Press, Cambridge, Mass, and London, 1990, ISBN: 026213246X.

- MARK, Robert, "Experiment in gothic structures" Ed: The MIT press, Chicago, EEUU, 1984. ISBN-13: 978-0262630955.
- MARK, R. Clarck W. "Le gothique: une architecture empirique". n 871985 pour la science.
- MARK, R., PRENTKE A. "Model analysis of gothic structures".
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "El patrimonio cultural como método científico". En *Jornadas sobre Restauración y Conservación de Monumentos: Madrid, 24 y 25 de abril de 1989*, 13–22, 1991.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Aproximación al estudio de patologías mecánicas en estructuras cupuliformes a través de instrumentación y modelos: Ejercicio práctico en la iglesia de San Sebastián de Villacastín, Segovia". En *Apuntes del curso Procedimientos y Técnicas Constructivas del Patrimonio*. Alcalá de Henares: Master de Restauración y Rehabilitación del Patrimonio, 2004.
- MAS-GUINDAL, Antonio J., C. Clemente, G. Cases, y J. L Quintana. "Támara. Seguimiento y diagnóstico de un monumento". *Informes de la construcción* 39, n.º 393 (1988): 17–36.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Conservación del patrimonio catedralicio". Madrid: Ministerio de Cultura. Publicaciones, 1994. ISBN 978-84-7483-971-5
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Criterios de intervención y recomendaciones de diseño a sismo en las estructuras de patrimonio histórico". *Informes de la construcción* 48, n.º 443 (1996): 5–14.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "El Plan Nacional de Catedrales, perspectiva institucional". En *La conservación del patrimonio catedralicio*, 9–11, 1993.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Los métodos informáticos en el diagnóstico de edificios antiguos: el Acueducto de Segovia". 1. ed. Madrid: Ministerio de Cultura, 1992.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Mecánica de las estructuras antiguas". Editorial Munilla-Lería, Madrid, 2011. ISBN 978-84-89150-90-4.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Conservación del patrimonio catedralicio". Editorial Ministerio de Cultura. Publicaciones, Madrid, 1993. ISBN 13: 978-84-7483-971-5
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Mecánica de las estructuras antiguas: o cuando las estructuras no se calculaban", Editorial Munilla Lería, Madrid, 2011. ISBN 978-84-89150-90-4.
- MAS-GUINDAL, Antonio J. "Procedimientos y técnicas constructivas del patrimonio". [Madrid]: Editorial Munilla Lería, Madrid, 1999.
- MAS-GUINDAL, M. "La arquitectura monástica. Historia y contexto cultural actual". *Restauración & rehabilitación*, n.º 12, 1998. 29.
- RORICZER, Mathes y SCHMUTTERMAYER, Hanns. Manuscrito siglo XV. Edición, traducción e introducción realizada por Lon R. Shelby: "Gothic Design Techniques - The Fifteentl 1 - Century, Design Booklets Of Mathes Rociczer and Hanns Schmuttermayer", Southern Illinois University Press, 1.977, (B.INTEMAC). ISBN 3-8228-1699-X

- MONJO, Juan, y VILLANUEVA, Luis. "XI Master en restauración arquitectónica". Mairea Libros, Madrid, 2001. ISBN 978-84-930860-9-1
- MONJO, Juan, MALDONADO, Luis, "Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas", Ed: Munilla Lería, 2001. ISBN: 9788489150478.
- MONJO, Juan, "La intervención en los edificios, una actuación arquitectónica" Ed: Restauro: Revista internacional del patrimonio histórico, 2008, N, ISSN 1889-0628. p. 30-32.
- NAVASCUÉS, Pedro. "Las catedrales de España", Ed: Espasa libros, Madrid, 2003. ISBN 13: 978-84-670-1297-2.
- NAVASCUÉS, Pedro, "La restauración monumental como proceso histórico: el caso español, 1800-1950". En *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, 285-329. COAM, 1987.
- NIETO, Víctor, "La luz, símbolo y sistema visual. El espacio y la luz en el arte gótico y del renacimiento", 1ª edición, ediciones Cátedra (Grupo Anaya), Madrid, 1978, ISBN: 978-84-376-0125-0.
- ORTEGA Y GASSET, J., "La deshumanización del arte", Editorial Castalia, Madrid, 2009, pp. 101 al 103, ISBN 13: 9788497402774.
- PALLADIO, Andrea. "I quattro libri dell'Architettura Di Andrea Palladio", Venecia, Dominico de Franceschi, 1.570.
- PALLADIO, Andrea. "Libro primero de Arquitectura". Traducido del toscano al castellano por el arquitecto Francisco de raves, Valladolid, Ivan Lasso, 1.625.
- PANOFSKY, Erwin, "Arquitectura gótica y pensamiento escolástico", 1ª edición, Las ediciones de la Piqueta, Madrid, 1986, ISBN: 8474430410, ISBN-13: 9788474430417.
- PANOFSKY, Erwin, "El Abad Suger. Sobre la abadía de Saint-Denis y sus tesoros artísticos", 1ª Edición revisada por Panofsky-Soergel, Gerda, ediciones Cátedra (Grupo Anaya, S.A.), 2004, Madrid. Título original de la obra: "Abbot Suger. On the abey church of St.-Denis and its art treasures" ISBN: 84-376-2179-8.
- PLO Y CAMIN, Antonio, "El arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor" (tres libros). Libro segundo; "Práctica de hacer y medir toda clase de bóvedas y edificios de arquitectura", Antonio Espinosa, Madrid, 1.793.
- PONZ, Antonio, "Viaje fuera de España", Edición en la imprenta de la viuda de Ibarra. Segunda edición, Madrid, 1785. t. X, carta 8ª.
- RABASA, Enrique y HUERTA, Santiago, "La Construcción Medieval"- El artículo Construcción del Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XI au XVI Siecle. Ed: CEHOPU, CEDEX, Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 1.996.
- ROSENTHAL, Earl E. "La Catedral de Granada: Un estudio sobre el Renacimiento Español", Editorial: Universidad de Granada, Granada, 1990, ISBN: 9788433811042.
- ROSENBERG, G. "The functional aspect of the gothic style", Journal of the Royal Institute of British Architects 43, London, 1.936.

- SANCHO, A. Director Jornadas Conferencia Episcopal. "Las Catedrales de España" 1.997.
- SCHMIDT, W. "Las Catedrales góticas como objetos de conservación". Primer Congreso Europeo sobre restauración de Catedrales góticas. Vitoria-Gasteiz; mayo 1.998.
- SCOTT, R. "The Gothic Enterprise: A Guide to Understanding the Medieval Cathedral". Ed: University of California Press, California, EEUU, 2006. ISBN-13: 978-0520246805.
- SIMSON, Otto Von, "La catedral gótica". 1ª edición, Alianza Editorial, S.A, Madrid, 1993, ISBN: 8420670103 ISBN-13: 9788420670102.
- SIMSON, Otto Von, "The Gothic Cathedral: Origins of Gothic Architecture and the Medieval Concept of Order". ED: Textbook Publishers, 2003. ISBN: 0758166958, 9780758166951.
- SUGER, Abbot, "Liber de rebus in administratione sua gestis. Libellus de consecratione ecclesiae s. Dionysii", 1.144- 1.145, Saint Denis.
- SUGER, Abbot, "Liber de rebus in administratione sua gestis. Segunda parte", 1.148- 1.149, Saint Denis.
- THEOPHILUS, "De Diversis artibus. The various Arts", ED: C.R. Dodwell, Edimburgo, 1961; "On Diver Arts. The treatise of Theophilus", ED: J.G. Harthorne y C.S. Smith, Chicago, 1963. ISBN: 0-520-03566-6.
- TOMAS DE AQUINO, "Summa Theologiae", I, 39. en "Medieval Aesthetics" de Coomaraswany, A.K. 1935.
- TORROJA, Eduardo, "Razón y ser de los tipos estructurales" Ed: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid, 2008, ISBN: 9788438003701
- TORROJA, Eduardo, "Las estructuras" Ed: Ministerio de Fomento, Madrid, 1999 ISBN: 9788449804304.
- TORVISO, B. "Arquitectura gótica". Historia de la arquitectura española 2 (1985): 409- 687.
- VANDELVIRA, Alonso de, "Tratado de cortes de fábrica". Exposición y declaración sobre el Tratado de cortes de fábricas que escribió Vandelvira por el maestro de arquitectura don Bartolomé de Sombigo y Salcedo, maestro mayor de la Santa Iglesia de Toledo. Biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. (BETSAM).
- VANDELVIRA, Alonso de, "Tratado de Arquitectura de Alonso de Vandelvira". Edición y transcripción de G. Barbé-Coquelin. Confederación Española de Cajas de Ahorros, Albacete, 1.977, ISBN 84-7292-401
- VITRUVIO, Marco, Tratado "De Architectura", dividido en diez libros, traducidos del latín al castellano por el arquitecto Miguel de Urrea. Ed: Juan Gracián, Alcalá de Henares, 1.582 (R/25536) (CEYDE).
- VITRUVIO, Marco, "Los Diez Libros de Arquitectura", Traducción directa del latín al castellano del profesor Agustín Blánquez, Universidad Politécnica de Barcelona. Editorial IBERIA S.A, Barcelona, 1.997.

- VASARI, Giorgio, "Le vite de piu eccellenti pittori, scultori et architetti...", Florencia, 1968.
- WILSON, Christopher, "The Gothic Cathedral". Ed: Thames and Hudson, London, 2005.  
ISBN-13: 978-0500276815.
- WOTTON, Henry. "The Elements of Architecture". John Bill, 1.624, London, 1903

## 12.2 BIBLIOGRAFÍA SOBRE INDICADORES Y SELECCIÓN DE LAS MUESTRAS.

- ACLAND, James. "Medieval structure: the gothic vault". Toronto University Press, 1972. ISBN 13: 9780802018861.
- AYDINLY, S. JUSTUS, C.G. y VVAA "Solar Spectral Irradiance", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE, 1989, ISBN: 978 3 900734 22 0.
- ARNDT, W. DOGNIAUX, R. y VVAA "Daylight", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE, 1970, ISBN: 978 3 901906 66 4.
- ANTA, Ignacio, VALIENTE, Mercedes, ALGARÍN, Raquel, "La infografía en el levantamiento de planos de las obras de arquitectura. Aplicación a la obra de Tadao Ando". Actas del IX Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica, A Coruña, 2002. ISBN: 84-9749-019-3.
- ANTA, Ignacio, "Uso de programas informáticos para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios, mediante una adecuada elección del acristalamiento de vidrio". Actas de la I Jornada de Investigación en la Edificación, Madrid, 2006. ISBN: 84-689-9324-7.
- PÉREZ, Salvador, y VV AA, "Proyectos de intervención en edificios y recintos históricos", Ed: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1987.
- PÉREZ, Salvador, MORA, Susana, "Proyecto de restauración del Monasterio de Carracedo", Ed: Diputación provincial de León, León, 1987.
- BARRAL, Xavier, "L'art du vitrail XI<sup>a</sup>-XVI<sup>a</sup> siècles", Ed : Traducción del español, Lunwerg Editores, Barcelona, 2003, par Christiane de Montclos, París, Editions Menges, 2004, 288 p. ISBN: 2-8562-0440-6.
- BAKER, N. FRANCHIOTTI, A. STEEMERS, K. "Daylighting in Architecture: A European Reference Book". Ed: James & James, Londres, 1993. ISBN: 1 873936 21 4.
- BENAVENT, F. y MAGRO, J. V. "Evolución de los sistemas de cubierta sobre la construcción abovedada en la arquitectura religiosa de la Comunidad valenciana, entre los siglos XIV y XVII". En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 85-90, 1996.
- BENITO, M. A. "Análisis estructural del cimorro de la catedral de Ávila". En *Actas del Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 93-108. Burgos: I. Juan de Herrera, SEdHC, CICCP, CEHOPU, 2007.
- BENVENUTO, E. "An introduction to the History of structural mechanics". Ed: Springer, New York, 1981. ISBN-13: 978-0387971872.
- BEDOYA, Cesar, NEILA, Javier, "Acondicionamiento y energía solar en arquitectura", Ed: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1986, ISBN: 9788485572960.
- BODART, M. DENAYER, A. DE HERDE, A. WOUTERS, P. "A guide for building Daylight Scale Models", Architectural Science Review. Vol 50.1, 2006, pp. 31-36.

- CABALLERO, L. "El método arqueológico en la comprensión del edificio. (Sustrato y estructura)". En *Curso de Mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, Ed: COAM, 3-58, Madrid, 1987.
- CASSINELLO, M. J. "Bóvedas góticas españolas". En *Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 129-138, 1996.
- CASSINELLO, M. J. "Influencia de los terremotos históricos en la construcción de las catedrales góticas españolas", Annali di architettura, nº17 (2005), ISSN: 1124-7169.
- CASSINELLO, M. J. ed. "La construcción de la luz. Rastro de reflexiones y reflejos". Colección Textos académicos. Mairea Libros, Madrid 2011. ISBN 978-8492641-73-4.
- CASSINELLO, M. J. Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid ETSAM- Septiembre 1.996 Comunicación: Bóvedas Góticas españolas. Influencia de la configuración constructiva actual en su estabilidad.
- CASSINELLO, M. J. Bóvedas Góticas - Problemática de la modelización de su realidad constructiva. Primer Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gasteiz, mayo 1.998.
- CASSINELLO, M. J. "Influencia del espesor de la junta de mortero en la deformabilidad de las fábricas pétreas medievales". *Materiales de construcción*, n.º 284 (2006): 69.
- CASSINELLO, M. J. "Racionalidad sísmica en la arquitectura ojival". En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 1:249-258, 2005.
- CASSINELLO, M. J. "Trazado y estabilidad de la arquitectura gótica". *Cuadernos INTEMAC*, n.º 53 (2004): ISSN 1133-9365. Pag. 1-46
- CERADINI, Vittorio. "Modellazione e sperim per lo studio della struttura muraria storico". Thése de doctorat Roma. 1992.
- CONRAD, G. "El arquitecto medieval". Universidad Complutense. Departamento de Arte medieval., 1976.
- CONRAD, G. "La catedral de Toledo y la concepción del volumen en la estructura gótica". Estudios e Investigaciones, n.º 4 (1976).
- CONRAD, G. "La Famille Monumentale de la Cathédrale de Tolède et L'Architecture Gothique Contemporaine". Melanges de la Casa de Velázquez, 1975.
- CONRAD, G., ORTIZ, R. GARCÍA, A. y METARIRIE, G. "Problemas arquitectónicos de la catedral de Toledo". *Revista del COAM*, 1981.
- DE LAS CASAS, José María, GONZÁLEZ, Rafael, PUENTE, Raquel, "Curso de Iluminación integrada en la arquitectura", Ediciones del Servicio de Publicaciones del Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 1991. ISBN: 84-7740-044-X.
- DEREFLDT, G. SWARTLING. T. BERGGRUND. U. BODROGI. P. "Cognitive Colour", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE 2005, ISBN: 978 3 902842 38 1.
- DESCOTTES, Herve, RAMOS. Cecilia, "Architectural Lighting: Designing with Light and Space" Ed: Illuminating Engineering Society, IES, 2011, ISBN: 978-1-56898-938-9.

- EINSTEIN, Albert, "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de luz", Zurich, 1905.
- FRESNEL, Augustin, "Memoria sobre la difracción", París, 1818.
- GIUFFRÉ Antonino, "Monumenti terremoti aspetti Statici del restauro", Ed: Multigrafica editrice, 1988.
- GÓMEZ, María Elena, "La catedral de León". Ed: Everest, León, 1974. ISBN: 84-241-4701-4.
- GÓMEZ, Juan Carlos, NAVARRO, Jaime, SERA, Juan José, "Cul de lamp : adaptación y disolución del gótico en el reino de Sevilla" Ed: Universidad de Sevilla. Servicio de publicaciones. Sevilla, 2009. ISBN: 9788447211913.
- HERRÁEZ, M. V. "La Catedral Gótica de León". Ed: Diario de León, sec. Proyecto cultural catedral de León. El sueño de la luz, León, 2007.
- HERRÁEZ, M. V. "La construcción del templo gótico". En Congreso Internacional «La Catedral de León en la Edad Media», 145–176, 2004.
- HUERTA, Santiago, "Mecánica de las bóvedas de la catedral de Girona". En apuntes del curso Las grandes bóvedas hispánicas. Madrid: CEDEX, 1998 pag. 53-65, 1997.
- IDAE, "Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios". Ediciones IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, 2005. ISBN: 84-86850-92-4.
- JOWAY, H. F., "La vivencia de los constructores góticos". Primer Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gasteiz, mayo 1.998.
- KARGE, Henrik. "Die Kathedrale von Burgos und die spanische Architektur des 13s. Jahrhunderts: Französische Hochgotik in Kastilien und León", 1989. En <http://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=355681>
- KARGE, Henrik. "La arquitectura de la catedral de León en el contexto del gótico europeo". En Congreso Internacional «La Catedral de León en la Edad Media», 113–144. León, 2004.
- KARGE, Henrik. "La catedral de Burgos y la arquitectura del s. XIII en Francia y España". Ed: Consejería de Cultura y Turismo de Valladolid, Valladolid, 1995. ISBN 13: 978-84-7846-366-4
- LILLICH, Meredith, "Les vitraux de la nef de Saint-Père de Chartres: analyse stylistique", En "Mémoires de la Société Archéologique d'Eure-et-Loir" Vol. 25, Paris, 1970. p.287-302.
- VIOLLET-LE-DUC, Eugène "Dictionnaire raisonné de l'architecture française", Capítulo «Le Vitrail».
- LECHNER, Norbert, "Iluminación. Conceptos generales", artículo de la revista "Tectónica. Iluminación Artificial (I)", Ediciones ATC, Madrid, 1995. ISSN: 1136-0062.
- MALDONADO, Luis, "De arquitectura y arqueología", Ed: MunillaLeria, Madrid, 1997, ISBN: 978848150218.

- MARK, R. "Structural Imperative and the Origin of new Form" Ed: Society for de History of Technology, 30, n.º 2 (1989): 300–329. <http://www.jstor.org/stable/3105106>
- MARK, R., ed. "*Tecnología Arquitectónica hasta la Revolución Científica: Arte y Estructura de Las Grandes Construcciones*". Ediciones AKAL, Madrid, 2002. ISBN: 84-460-1442-4.
- MEDINA, Juan M., "*Investigación en ausencia de fuentes. Estudio de la distribución y cuantificación de la luz en la Catedral de Toledo*". Ed: Actas de las IV Jornadas Internacionales sobre investigación en Arquitectura y Urbanismo (4i A+U), Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Valencia, 2011. UPV, ISBN: 978-84-938670-5-8.
- MEDINA, Juan M., "*Influencia de los diseños estructurales antisísmicos de las Catedrales Góticas españolas en la distribución de su luz interior*", Actas de las Jornadas Internacionales de investigación en construcción, Hitos Estructurales de la Arquitectura y la Ingeniería, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, CSIC. Madrid, 17 y 18 de Noviembre de 2011. ISBN 84-7292-401-7 .
- MEDINA, Juan M., "*La calidad de la luz en las Catedrales Góticas. Búsqueda de una génesis*", Capítulo de libro: "La construcción de la luz. Rastro de reflexiones y reflejos". Directora. Mª Josefa Cassinello Plaza. Editorial: Colección de Textos Académicos ETSAM-UPM. Departamento de Tecnología y Construcción Arquitectónicas. Páginas (44-69). ISBN 978-84-92641-73-4.
- MELI, Roberto. "*Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*", 1ª Edición, Fundación ICA A. C., México, 1998. ISBN: 970669-051-4.
- MELI, Roberto. "*Diseño estructural 2ª Ed.*", Ed: Limusa, Mexico, 2002, ISBN: 789681853914.
- MELI R., Sánchez-Ramírez A.R. "*Studies for the rehabilitation of the Mexico city cathedral*", en el IABSE Symposium, 1993.
- MERINO, J. M. "*La Catedral de Segovia: Metrología y simetría de la última catedral gótica española*". En *Anales de arquitectura*, 5–26, 1991.
- MERINO, J. M. "*Metrología y composición en las catedrales españolas*". Papeles de Arquitectura Española, Ávila, 2000.
- MUNSELL, Albert "*Atlas of the Munsell color system*" Ed: Wadsworth, Howland & co., inc., printers. Massachutes, USA, 1907.
- NAVAJAS, P. "*Arquitectura Solar*" Ed: Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Madrid, 1980. ISBN: 10 8450026679.
- NAVASCUÉS, P. "*La restauración monumental como proceso histórico: el caso español, 1800-1950*". En *Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos*, 285–329. COAM, 1987.
- NAVARRO, Jaime, "*La arquitectura y... Introducción al Acondicionamiento y las instalaciones*" 1ª Ed. Ediciones Técnicas y Científicas, Madrid, 1999, ISBN: 84-95279-15-4.
- NAVARRO, Jaime, "*Sobre la iluminación natural en arquitectura*". Texto resumido de la tesis doctoral del autor. Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. Sevilla, 1983. ISBN: 87-7405-268-8.

- NEILA, Javier, "El soleamiento del edificio", Ed: Instituto Juan de Herrera. Cuadernillos del Instituto Juan De Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid. Madrid, 1999, ISBN, 978-84-95365-71-2.
- NEILA, Javier, BEDOYA, César, "técnicas de acondicionamiento ambiental fundamentos arquitectónicos", Ed: UPM. Escuela universitaria ingeniería técnica de obras públicas, Madrid, ISBN: 9788486451035
- NOGUERA, F., y CASSINELLO, M. J. "Las cubiertas del gótico radiante español. La búsqueda de la luz". En *Jornadas internacionales de investigación en construcción*, CD ROM. Madrid: Instituto de ciencias de la construcción «Eduardo Torroja»-CSIC, 2011.
- NOGUERA, F., y CASSINELLO, M. J. "Las cubiertas del gótico radiante español. La búsqueda de la luz". En *Jornadas internacionales de investigación en construcción*, CD ROM. Madrid: Instituto de ciencias de la construcción «Eduardo Torroja»-CSIC, 2011.
- NOGUERA, Francisco, "La armadura de cubierta y el sistema de evacuación de aguas del brazo mayor de la catedral de Cuenca. Análisis constructivo y restitución teórica". En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, 2: 1003–1012. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2011.
- PALACIOS, José Carlos. "La construcción de la bóveda gótica española: la cantería medieval". Editorial Munilla-Lería, Madrid, 2009. ISBN 13: 978-84-89150-84-3.
- PLANCK, Max, "Hipótesis cuántica de Planck", Berlín, 1900.
- RABASA, E. "Forma y construcción en piedra, de la cantería medieval a la estereotomía del siglo XIX". Ed: Akal, Madrid 2000. ISBN 13: 978-84-460-1542-0
- ROCA, Ramón en "Vidrieras medievales de Cataluña", Ed: Lunwerg Editores e Institut d'Estudis Catalans. Barcelona, 2000. ISBN: 84-7782-627-7 (Lunwerg) y 84-7283-532-4 (IEC).
- SIMMONS, Christopher, MYSAK, Lawrence, "Transmissive properties of Medieval and Renaissance stained glass in European churches", Artículo de la revista "Architectural Science Review". N°53, Londres, 2010. ISSN: 0003-8628 (Escrito), 1758-9622 (online).
- STEANE, Mary A. "The Architecture of Light: Recent Approaches to Designing with Natural Light" Ed: Illuminating Engineering Society, IES, 2011, ISBN: 978-0-415-39479-6.
- TREGENZA, Peter, WILSON, Michael, "Daylighting: Architecture and Lighting Design", Ed: Illuminating Engineering Society, IES, 2011, ISBN: 978-0-419-25700-4.
- YAÑEZ, Guillermo, "Arquitectura solar e iluminación natural. Conceptos, Métodos y Ejemplos". ED: Munilla-Lería, Madrid, 2008. ISBN: 978-84-89150-81-2. p
- YAÑEZ, Guillermo, "Arquitectura solar. Aspectos Pasivos, Bioclimatismo e Iluminación Natural". ED: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, 1988, ISBN: 10 8474335426.
- YOUNG, Thomas, "Memorias sobre la luz y sobre el calor", Londres, 1800-1802.
- VIOLET-LE-DUC, E. RABASA, E. y GARCIA, R. La construcción medieval: el artículo «Construcción» del Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle. Madrid: Centro de Estudios Históricos de Obras Públicas y Urbanismo Instituto Juan de Herrera, 2000.

- VVAA, "*Methods for Evaluating Colour Differences in Images*", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE 2001, ISBN: 978 3 902842 38 1.
- VVAA, "*Practical Daylight Sources for Colorimetry*", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE 2010, ISBN: 978 3 901906 90 9.
- VVAA, "*Methods for Characterising Tristimulus Colorimeters for Measuring the Colour of Light*", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE 2007, ISBN: 978 3 901906 60 2.
- VVAA "*Colorimetry, 3rd Edition*", Ed. Commission Internationale de L'éclairage. CIE 2004, ISBN: 978 3 901906 33 6.

### 12.3 BIBLIOGRAFÍA SOBRE EL ESTUDIO DE LAS MUESTRAS. CATEDRALES.

- AINAUD, J. VILA-GRAU, J. ESCUDERO, M. "Els vitrals medievals de l'Església de Santa Maria del Mar a Barcelona", CVMA, Ed: Instituto de estudios catalanes, Barcelona, 1985. ISBN: 8472830683.
- BALDELLOU, Miguel, "Catedrales de Europa" Ed: Espasa Calpe, Madrid, 1995, ISBN: 84-239-9302-7.
- BARRAL, Xavier, "Vidrieras medievales de Cataluña: Corpus vitrearum mediaeaevi", Ed: Lumwerg Editores, Madrid, 2000. ISBN: 84-7782-627-7.
- BASSEGODA, Buenaventura, "Santa María del Mar". Ed: Técnicos Asociados, S.A., Barcelona, 1976. ISBN 13: 978-84-7146-173-5
- BASSEGODA, Bonaventura, "Butlletí de la Reial Acadèmia Catalana de Belles Arts de Sant Jordi. XXV". Barcelona, 2012.
- BORNGÄSER, BARBARA, "Arquitectura del gótico tardío en España y Portugal" en el libro "El gótico, arquitectura, escultura y pintura", Ediciones Tandem Verlag GmbH. París, 2004. ISBN: 978-3-8331-4658-9.
- BURCKHARDT, Titus, "Chartres y el nacimiento de la Catedral", Ed: Medievalia, José J. de Olañeta, editor, Palma de Mallorca, 1999. ISBN: 84-7651-770-x.
- CABRERA, Antonio. "La catedral de Toledo". Editorial Escudo de Oro, 1976. ISBN 978-84-378-1349-3
- CAÑAS, C. y Calama, J. M. "El asiento de las armaduras de cubierta del Palacio de Pedro I de Sevilla". En *Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción: Cádiz, 27-29 de enero de 2005*, 171-194, 2005.
- CASAS, I. de las, "El conocimiento de la arquitectura de la catedral de Toledo". Inédita, Universidad Politécnica de Madrid, 1992.
- CASAS, M. de las, y CASAS, I. de las, "Obras de restauración de la Santa Iglesia catedral primada de Toledo". *Revista Arquitectura*, 1990.
- CARRERO, Eduardo, "Santa María de Regla de León: la Catedral medieval y sus alrededores", Servicio de Publicaciones y Medios Audiovisuales de la Universidad de León. León, 2004. ISBN: 84-9773-128-X.
- CEAN, Juan Agustín, "Descripción artística de la catedral de Sevilla", Ed: Librería Renacimiento, Sevilla, 1981. ISBN: 84-85424-05-0.
- CHUECA, Fernando, "La invención de una catedral". Ed: El consultor de los Ayuntamientos, Madrid, 1995. ISBN: 84-7052-242-6.
- CHUECA, Fernando, "La catedral de Toledo". Ed: Everest, León, 1981. ISBN: 84-241-4719-7.
- CONRAD, G. "El ábside de la catedral de Toledo". *Archivo Español de Arte*, n.º 190-191 (1975).

- CONRAD, G. ORTIZ, R. GARCÍA, A. METARIRIE, G. "Problemas arquitectónicos de la catedral de Toledo". *Revista del COAM*, 1981.
- CORTÉS, F., "Programa de Conservación y restauración de las vidrieras de Enrique Alemán en la Catedral de Sevilla" en Actas de las I Jornadas Hispaniques d'Historia del Vidre", Sitges, Barcelona, 2000.
- CRUZ, Fernando, "Arquitectura Sevillana del siglo SVII. Maestros mayores de la catedral y del Concejo Hispalense". Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla 1997. ISBN: 84-472-0356-5.
- DUBY, Georges, "La época de las catedrales. Arte y sociedad. 980-1420". Ed: Cátedra, Madrid, 1997. ISBN: 84-376-1179-2.
- FALCON, Teodoro, "La Catedral de Sevilla. Estudio Arquitectónico", Ed: Servicio de Publicaciones del Excelentísimo Ayuntamiento de Sevilla. Publicaciones de la Excma. Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla, 1980, ISBN: 84-500-4.177-1.
- FERNÁNDEZ, Ángel, "La Catedral de Toledo en el siglo XVI. Vida, arte y personas" Ed: Diputación provincial de Toledo, Toledo, 1999. ISBN: 84-871000-56-2.
- FERNÁNDEZ, Ángel, RODRÍGUEZ, Alfredo, CASTAÑEDA, Isidoro, "Los diseños de la Catedral de Toledo", Ed: Cabildo Primado. Catedral de Toledo. Instituto Teológico San Ildefonso, Toledo, 2009. ISBN: 978-84-936931-4-5.
- FERNÁNDEZ, José, "Las vidrieras de la catedral de León" Ed: Everest. León, 1976. ISBN: 84-241-4784-4.
- FITCHEN, John, "The construction of Gothic Cathedrals", Ed: The University of Chicago Press, Chicago, 1961. ISBN: 0-226-25203-5.
- FREIXAS, Pere, "La Catedral de Girona. Redescobrir la seu románica", Ediciones del Ajuntament de Girona, Girona, 2000. ISBN 978-84-86837-91-4.
- GASSIOT, José, "Apuntes para el estudio de la persecución religiosa en España", Ediciones Gráficas Salesianas, Barcelona, 1961.
- GIL, Francisco, "La catedral de Sevilla", Ed: Escudo de oro, Barcelona 1988, ISBN: 9788437816760.
- GONZÁLEZ, Ignacio, "La Catedral de León. El sueño de la razón", Ed: Edilesa, León, 2001, ISBN: 84-8012-366-4.
- GONZÁLEZ, José, "El secreto del gótico radiante", Ed: Trea, Gijón, 2012, ISBN: 9788497046404.
- GONZÁLEZ, Ignacio, "La catedral de Sevilla (1881-1900): El debate sobre la restauración monumental", Ed: Servicio de publicaciones de la Diputación Provincial de Sevilla, Sevilla 1995. ISBN: 9788477981169.
- GONZÁLEZ, Ignacio, "Racionalismo neogótico y restauración arquitectónica: Juan de Madrazo y Kunz. (1869-1879)", Capítulo del libro "La catedral de León. Historia y restauración (1859-1901)". Ediciones de la Biblioteca Leonesa Digital, Fundación "Saber.es", y del servicio de publicaciones de la Universidad de León, León. Capítulo V.

- GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p 148
- GÓMEZ, Máximo, "La Catedral de León. Cristal y fe", Ed: Edilesa, León, 1991. ISBN: 84-86013-85-2.
- GÓMEZ, Máximo, "Catedral de León, las vidrieras: Catálogo de Ventanas", Ed: Edilesa, León, 2001. ISBN: 9788480123112.
- GÓMEZ, Máximo, "Catedral de León, las vidrieras: El simbolismo de la luz", Ed: Edilesa, León, 2000. ISBN: 9788480122337.
- GÓMEZ, María Elena, "La catedral de León". Ed: Everest, León, 1974. ISBN: 84-241-4701-4.
- GUERRERO, José. "La catedral de Sevilla" Ed: Everest, León, 1981, ISBN: 84-241-4770-7.
- HERNANDEZ, F.J, "La hora de Don Rodrigo" en "Cahiers de linguistique et de civilisation hispaniques médiévaux" número 26, 2003.
- HERRÁEZ, M<sup>a</sup> Victoria, "La construcción del templo gótico", Actas del Congreso Internacional La Catedral de León en la Edad Media, 7-11 abril de 2003, Editores, Joaquín Yarza Luaces, M<sup>a</sup> Victoria Herráez Otega, Gerardo Boto Varela, Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1.
- HUERTA, Santiago, "Mecánica de las bóvedas de la catedral de Girona". En *apuntes del curso Las grandes bóvedas hispánicas*. Madrid: CEDEX, 1998 pag. 53-65, 1997.
- JIMÉNEZ, A. "Alcatifas en las bóvedas de la catedral de Sevilla". Primer Congreso Europeo sobre Restauración de Catedrales Góticas. Vitoria-Gasteiz, mayo 1.998
- JIMÉNEZ, A. COLLANTES DE TERÁN, A. RODRÍGUEZ, J.C. PINTO, F. RUIZ, J.A. AMPLIATO, A.L. "La catedral gótica de Sevilla. Fundación y fábrica de la obra nueva". Ed: Secretariado de publicaciones del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 2006. ISBN: 84-472-1063-4.
- KARGE, Henrik, "La arquitectura de la catedral de León en el contexto del gótico europeo". Actas del Congreso Internacional "La Catedral de León en la Edad Media". Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1. p. 114.
- LAMPÉREZ Y ROMEA, V. "Los ventanales de la catedral de Toledo", Toledo, 1922.
- LAVIÑA, Matías, "La catedral de León", Ed: Ediciones Leonesas, S.A. León, 2001. ISBN 13: 978-84-8012-289-4.
- LINEHAN, P. "History and the historians of medieval Spain", Oxford, 1993.
- LUQUE, Javier de, "Las vidrieras artísticas de la Catedral de Sevilla" Editorial Voluntad, Madrid, 1920.
- MACAULAY, David, "Nacimiento de una Catedral" Ed: Timun Mas, Barcelona, 1997. ISBN: 84-7176-259-5.
- MANSILLA, D. "La documentación pontificia de Honorio III (1216-1227)", Madrid, 1965, núm. 388

- MUÑOZ, Alfonso, "Las vidrieras de la catedral de León" Ed: Ministerio de cultura, Madrid, 1986. IPHE: 28.3/105 14812.
- MUÑOZ, Alfonso, "Arquitectura y vidrieras: Evolución del siglo XIII al XIX". En *Conservación de vidrieras*. Santander: The Getty Conservation Institute, Universidad Internacional Menéndez y Pelayo, Instituto de Conservación y Restauración de Bienes Culturales., 1994.
- NADAL, Joaquim, "La catedral de Girona", Ed: LUNWERG Editores, Barcelona 2002, ISBN: 84-7782-939-X.
- NICKSON, Tom, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0.
- NIETO, Víctor, "Aspectos técnicos e iconográficos de las vidrieras de las capillas de la catedral de León", Actas del Congreso Internacional La Catedral de León en la Edad Media, 7-11 abril de 2003, Editores, Joaquín Yarza Luaces, Mª Victoria Herráez Otega, Gerardo Boto Varela, Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1.
- NIETO, Víctor, "Las vidrieras de la Catedral de Sevilla" Ed: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1969, ISBN: 2910007880773
- NIETO, Víctor, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0. p. 270
- NIETO, Víctor, Vidrieras, en "Historia del Arte en Castilla y León", t. III, "Arte Gótico", Ed. Ámbito, Valladolid, 1995. ISBN : 84-8183-005-4 pp. 385-422
- ORTEGA, Mª Victoria, "La construcción del templo gótico", Actas del Congreso Internacional "La Catedral de León en la Edad Media". Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-161-1.
- PANIAGUA, Jesús, RAMOS, Felipe, "En torno a la Catedral de León", Ed: Universidad de León, Cabildo de la S.I.C. de León, León, 2004. ISBN: 84-9773-124-7.
- PÉREZ, Genaro, DE LA ESCOSURA, Patricio, "España artística y monumental: Vistas y descripción de los sitios y monumentos más notables de España, Vol I", Ed: JDEJ Editores, Madrid, 2010, ISBN: 9788493774479.
- PONZ, Antonio, "Viaje de España, en que se da noticia de las cosas más apreciables, y dignas de saberse que hay en ella", Edición en la imprenta de la viuda de Ibarra. Madrid, 1796. t. I, carta II, num.60.
- RIVERA, Javier, "Historia de las restauraciones de la catedral de León". Universidad de Valladolid. Caja de Salamanca y Soria, Valladolid, 1.993. ISBN 13: 978-84-7762-377-9
- RIVERA, Javier, ARRECHEA, Julio, "La Catedral de León. Un monumento en permanente metamorfosis". Tomo I y Tomo II, Ed: Ámbito Ediciones y Diputación de León, Valladolid, 1989. ISBN 84-86770-26-2.
- RODRIGO, Alberto y VALDIVIESO, Miguel Ángel, en el libro de GONZÁLVEZ, Ramón, "La Catedral Primada de Toledo. Dieciocho siglos de historia", Ed: Promecal publicaciones, Toledo, 2010. ISBN: 978-84-614-0155-0.

- SÁNCHEZ, R. "Discursos y poéticas en la escultura gótica leonesa del siglo XIII". En *Congreso Internacional «La Catedral de León en la Edad Media»*, 203–239, León, 2004.
- SAUERLÄNDER, W. "La escultura de la sede leonesa a la luz de los grandes talleres europeos". En *Congreso Internacional «La Catedral de León en la Edad Media»*, 177–202, León, 2004.
- SERRA, J .M. OLIVER, A. "Iconografía de Sevilla 1.650-1.790".
- SUREDA i JUBANY, Marc, "La catedral de Girona", Ediciones Palacios y Museos, Girona, 2011. ISBN: 978-84-8003-875-1.
- TAULÉ, Alberto, "Santa María del Mar. Pasado y presente.", Edición La hormiga de Oro, Barcelona, 2009. ISBN: 84-85028-98-8.
- VELADO, Bernardo. "Las Catedrales de Castilla y León". Editorial Edilesa, León, 1.992. ISBN 13: 978-84-8012-055-5.
- VELÁZQUEZ, R. "Ponencia sobre las nuevas cubiertas de la catedral de Toledo". *Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando* (1909): 64–74.
- VVAA, "La catedral de León, Historia y restauración (1859-1901)", Ed: Secretariado de publicaciones de la Universidad de León. Fundación Saber.es, Biblioteca Leonesa Digital. En [www.saber.es](http://www.saber.es)
- VVAA. "La catedral gótica de Sevilla: Fundación y Fábrica de la obra nueva", Ed: Servicio de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, 2006. ISBN: 9788447210633.
- VVAA. "La catedral de Toledo 1 Vol." Ed: Ramón Areces, Madrid, ISBN: 8409999017341.
- VVAA. "La catedral de Girona. L'obra de la seu", Ediciones Fundación La Caixa, Barcelona, 2003. ISBN: 9788476648254.
- VVAA. "Annals de L'institut d'Estudis Gironins, vol. XLV. Actes del II Congrés d'Historia de Girona. La catedral de Girona", Girona, 2004.
- XIMENEZ DE RADA, R. y FERNANDEZ VALVERDE, J., "Historia de rebus Hispaniae sive Historia gothica", Turnholt, 1987.
- ZARCO DEL VALLE, M.R., "Documentos inéditos para la historia de las Bellas artes en España", Madrid, 1870. P. 305
- ZORRILLA J. J, "Toledo ciudad patrimonio de la Humanidad". Construcciones San Martín 2000.