

Procedimiento directo para el  
dimensionamiento de una instalación de  
iluminación para estudio de cine/televisión  
con fresnel.

**Primera parte, determinación del foco y la  
lámpara y su justificación**

*Francisco Bernal Rosso, 2008  
info@pacorosso.com*

# Índice de contenido

Procedimiento directo.....	3	Datos de lámparas.....	11
Elaboración de las ecuaciones.....	3	HMI.....	11
Sobre el estudio.....	5	Tungsteno.....	11
Datos de fresnel HMI.....	7	Determinación de la iluminancia correspondiente a un valor de	
Datos de fresnel tungsteno.....	9	exposición.....	11

### Procedimiento directo

Para determinar los requisitos de potencia y equipo necesarios para iluminar un set de cine (o televisión) podemos hacer una primera aproximación mediante las ecuaciones siguientes:

La potencia necesaria para que un foco fresnel de tungsteno colocado a  $d$  metros de la escena proporcione un diafragma  $f$  empleando una película de sensibilidad  $s$  (parte ASA correspondiente a la sensibilidad ISO) es de:

$$W = \frac{540 \cdot f^2 \cdot d^2}{s}$$

La potencia para un foco fresnel HMI es:

$$W = \frac{147 \cdot f^2 \cdot d^2}{s}$$

### Elaboración de las ecuaciones

La práctica cinematográfica establece una sensibilidad de la película, un diafragma de trabajo, un tiempo de obturación y una distancia del foco a la escena.

El material sensible se elige por sus cualidades estéticas.

El diafragma para mantener la continuidad del estilo. Por regla general el rodaje de una película se realiza con un único diafragma.

El tiempo de obturación estándar para cine es de 1/50.

La distancia del foco a la escena puede modificarse pero suele estar restringida por la estructura de la parrilla de iluminación del estudio.

Por tanto la iluminancia que debe proporcionar un foco es:

$$E_i = 270 \cdot \frac{f^2}{s \cdot t}$$

Dando valor 1/50 a  $t$  y dejando  $s$  y  $f$  como variables independientes.

$$E_i = 13.500 \cdot \frac{f^2}{s}$$

Un foco colocado a una distancia  $d$  y que emite una intensidad  $j$  en candelas produce una iluminancia  $E$  en lux:

$$E = \frac{j}{d^2}$$

Por tanto el foco debe proporcionar una intensidad:

$$j = E \cdot d^2$$

Sustituyendo:

$$j = 13.500 \cdot \frac{f^2}{s} \cdot d^2$$

Un foco transforma el flujo emitido por la lámpara en intensidad. El factor de conversión establece cuantas candelas se emiten por cada mil lúmenes generados. Llamando  $c$  a este factor de conversión podemos determinar el flujo que debe emitir la lámpara así:

$$j = \frac{c \cdot \Phi}{1000}$$

Por tanto:

$$\Phi = \frac{1000 \cdot j}{c}$$
$$\Phi = \frac{13.500.000 \cdot f^2 \cdot d^2}{s \cdot c}$$

Una lámpara convierte la potencia eléctrica en flujo luminoso. El factor de conversión se denomina rendimiento luminoso. Lo designamos aquí por  $r$ . El flujo  $\Phi$  conseguido con una potencia  $w$  es:

$$\Phi = r \cdot W$$

Por tanto:

$$W = \frac{\Phi}{r}$$

Sustituyendo:

$$W = \frac{13.500.000 \cdot f^2 \cdot d^2}{s \cdot c \cdot r}$$

Los rendimientos luminosos típicos para tungsteno y HMI, justificados en una sección más adelante, son de 25 lúmenes por vatio para el tungsteno y 92 para HMI. Por tanto podemos escribir:

Para HMI

$$W = \frac{146.739 \cdot f^2 \cdot d^2}{s \cdot c}$$

Para Tungsteno.

$$W = \frac{540.000 \cdot f^2 \cdot d^2}{s \cdot c}$$

Dando un factor de conversión fotométrica típico de 1000, que se justificará mas adelante:

Para HMI

$$W = \frac{147 \cdot f^2 \cdot d^2}{s}$$

Para Tungsteno

$$W = \frac{540 \cdot f^2 \cdot d^2}{s}$$

### Sobre el estudio

Para determinar los datos de las curvas hemos partido de las tablas publicadas en la 9ª edición de Manual de la ASC (“American Cinematographer Manual” The ASC press, 2007, Hollywood, California, EEUU. ISBN 0-935578-31-5 ).

Estos datos listan la iluminancia proporcionada por diversos focos fresnel en piecandelas para diferentes distancias en piés.

El primer paso ha sido listar los datos y traducirlos al sistema internacional de unidades escribiendo para cada distancia el valor correspondiente en metros y para cada iluminancia, el valor correspondiente en lux.

El segundo paso ha sido trazar una gráfica con los datos en el sistema internacional en una aplicación matemática e interpolar los valores de iluminancia correspondientes a distancias, en metros, redondas.

El documento fresnelHMI.ods lista los datos originales leídos del ASC Manual, 9ª edición para fresnel HMI junto con los valores traducidos al sistema internacional.

La primera columna contiene la referencia al foco, ésta referencia consta de tres números, el primero es el diámetro de la lente frontal en pulgadas, el segundo es la potencia de la lámpara y el tercero el ángulo de emisión. Para cada modelo de foco se dan dos ángulos que corresponden a las posiciones angular (“flood”) y concentrada (“spot”).

La segunda columna lista el flujo emitido por el foco en lúmenes.

La tercera columna es la distancia en pies a la que se da la iluminancia.

La cuarta es la distancia de la tercera columna expresada en metros.

La quinta columna ( $F_c$ ) es la iluminancia en piecandelas.

La sexta columna ( $L_x$ ) es la iluminancia expresada en lux.

La séptima columna ( $J$ ) es la intensidad luminosa expresada en candelas.

La octava columna ( $R$ ) es el factor de conversión fotométrica, la intensidad proporcionada por cada mil unidades de flujo. Las candelas que proporcionan cada 1000 candelas emitidas.

Todas las columnas en blanco (1, 2, 3 y 5) corresponden a datos sacados del manual de la ASC. Las columnas en rojo están calculadas.

Las filas en gris corresponden a las medias de los valores listados por encima. Para cada foco y ángulo se han determinado las intensidades emitidas y factor de conversión fotométrica media.

Los dos ángulos corresponden a las dos posiciones extremas que puede adquirir la lámpara dentro del foco. La lámpara va montada sobre un rail que permite distanciarla de la lente. La posición más lejana corresponde al ángulo concentrado (spot) mientras que la más cercana al ángulo amplio (flood). El rendimiento, el factor de conversión fotométrica, es menor en flood que en spot. En flood, observese que siempre es menor que 1000 mientras que en spot siempre es mayor que 1000. De manera que en alguna posición el foco emite 1000 candelas por cada 1000 lúmenes. Este valor es el que consideraremos para la aproximación del cálculo.

**Datos de fresnel HMI**

Fresnel	Lm	Feet	Metros	Fc	Lx	J	R	
6"/575w/58°	49000	10	3,05	160	1721,6	15994,19	326,41	
	49000	15	4,57	70	753,2	15744,28	321,31	
	49000	20	6,1	40	430,4	15994,19	326,41	
	49000	25	7,62	25	269	15619,32	318,76	
	49000	30	9,14	18	193,68	16194,11	330,49	
						<b>15909,22</b>	<b>324,68</b>	<b>4,64</b>
6"/575w/15°	49000	10	3,05	2160	23241,6	215921,53	4406,56	
	49000	15	4,57	960	10329,6	215921,53	4406,56	
	49000	20	6,1	540	5810,4	215921,53	4406,56	
	49000	25	7,62	345	3712,2	215546,67	4398,91	
	49000	30	9,14	240	2582,4	215921,53	4406,56	
						<b>215846,56</b>	<b>4405,03</b>	<b>3,42</b>
8"/1200w/46°	110000	10	3,05	645	6940,2	64476,57	586,15	
	110000	15	4,57	285	3066,6	64101,7	582,74	
	110000	20	6,1	160	1721,6	63976,75	581,61	
	110000	25	7,62	105	1129,8	65601,16	596,37	
	110000	30	9,14	70	753,2	62977,11	572,52	
	110000	40	12,19	40	430,4	63976,75	581,61	
	110000	50	15,24	25	269	62477,29	567,98	
						<b>63941,05</b>	<b>581,28</b>	<b>9,2</b>
8"/1200w/11°	110000	10	3,05	7100	76396	709742,06	6452,2	
	110000	15	4,57	3150	33894	708492,52	6440,84	
	110000	20	6,1	1770	19045,2	707742,79	6434,03	
	110000	25	7,62	1130	12158,8	705993,43	6418,12	
	110000	30	9,14	785	8446,6	706243,34	6420,39	
	110000	40	12,19	445	4788,2	711741,34	6470,38	
	110000	50	15,24	280	3012,8	699745,7	6361,32	
						<b>707100,17</b>	<b>6428,18</b>	<b>34,6</b>
10"/2500w/61°	240000	10	3,05	1600	17216	159941,87	666,42	
	240000	15	4,57	711	7650,36	159916,88	666,32	
	240000	20	6,1	400	4304	159941,87	666,42	
	240000	25	7,62	256	2754,56	159941,87	666,42	
	240000	30	9,14	177	1904,52	159242,13	663,51	
	240000	40	12,19	100	1076	159941,87	666,42	
	240000	50	15,24	64	688,64	159941,87	666,42	
						<b>159838,34</b>	<b>665,99</b>	<b>1,1</b>
10"/2500w/17°	240000	10	3,05	16400	176464	1639404,21	6830,85	
	240000	15	4,57	7288	78418,88	1639204,28	6830,02	
	240000	20	6,1	4100	44116	1639404,21	6830,85	
	240000	25	7,62	2624	28234,24	1639404,21	6830,85	
	240000	30	9,14	1822	19604,72	1639204,28	6830,02	
	240000	40	12,19	1025	11029	1639404,21	6830,85	
	240000	50	15,24	656	7058,56	1639404,21	6830,85	
						<b>1639347,08</b>	<b>6830,61</b>	<b>0,41</b>
14"/6000w/64°	630000	10	3,05	2700	29052	269901,91	428,42	
	630000	15	4,57	1200	12912	269901,91	428,42	
	630000	20	6,1	675	7263	269901,91	428,42	
	630000	25	7,62	432	4648,32	269901,91	428,42	
	630000	30	9,14	300	3228	269901,91	428,42	
	630000	40	12,19	169	1818,44	270301,77	429,05	
	630000	50	15,24	108	1162,08	269901,91	428,42	
						<b>269959,03</b>	<b>428,51</b>	<b>0,24</b>
14"/6000w/14°	630000	10	3,05	40500	435780	4048528,68	6426,24	
	630000	15	4,57	18000	193680	4048528,68	6426,24	
	630000	20	6,1	10125	108945	4048528,68	6426,24	
	630000	25	7,62	6480	69724,8	4048528,68	6426,24	
	630000	30	9,14	4500	48420	4048528,68	6426,24	
	630000	40	12,19	2531	27233,56	4048128,82	6425,6	
	630000	50	15,24	1620	17431,2	4048528,68	6426,24	
						<b>4048471,56</b>	<b>6426,15</b>	<b>0,24</b>
25"/12000w/74°	1008000	10	3,05	4050	43578	404852,87	401,64	
	1008000	15	4,57	1800	19368	404852,87	401,64	
	1008000	20	6,1	1012	10889,12	404652,94	401,44	
	1008000	25	7,62	650	6994	406102,41	402,88	
	1008000	30	9,14	450	4842	404852,87	401,64	
	1008000	40	12,19	255	2743,8	407851,78	404,61	
	1008000	50	15,24	162	1743,12	404852,87	401,64	
	1008000	100	30,48	40	430,4	399854,68	396,68	
	1008000	150	45,72	18	193,68	404852,87	401,64	
	1008000	200	60,96	10	107,6	399854,68	396,68	
						<b>404258,08</b>	<b>401,05</b>	<b>2,5</b>
25"/12000w/17°	1008000	10	3,05	59980	645384,8	5995820,99	5948,24	
	1008000	15	4,57	30350	326566	6826269,19	6772,09	
	1008000	20	6,1	18400	197984	7357326,19	7298,93	
	1008000	25	7,62	12096	130152,96	7557253,53	7497,28	
	1008000	30	9,14	8400	90384	7557253,53	7497,28	
	1008000	40	12,19	4725	50841	7557253,53	7497,28	
	1008000	50	15,24	3025	32549	7559752,62	7499,75	
	1008000	100	30,48	756	8134,56	7557253,53	7497,28	
	1008000	150	45,72	335	3604,6	7534761,7	7474,96	
	1008000	200	60,96	190	2044,4	7597239	7536,94	
						<b>7310018,38</b>	<b>7252</b>	<b>512,65</b>
25"/18000w/74°	1700000	10	3,05	6800	73168	679752,96	399,85	
	1700000	15	4,57	3040	32710,4	683751,51	402,21	
	1700000	20	6,1	1710	18399,6	683751,51	402,21	
	1700000	25	7,62	1095	11782,2	684126,37	402,43	
	1700000	30	9,14	760	8177,6	683751,51	402,21	
	1700000	40	12,19	428	4605,28	684551,22	402,68	
	1700000	50	15,24	275	2959	687250,24	404,26	
	1700000	100	30,48	68	731,68	679752,96	399,85	
	1700000	150	45,72	30	322,8	674754,78	396,91	
	1700000	200	60,96	17	182,92	679752,96	399,85	
						<b>682119,6</b>	<b>401,25</b>	<b>2,11</b>
25"/18000w/17°	1700000	10	3,05	83400	897384	8336970,16	4904,1	
	1700000	15	4,57	41975	451651	9440943,96	5553,5	
	1700000	20	6,1	21850	235106	8736824,85	5139,31	
	1700000	25	7,62	15265	164251,4	9537158,99	5610,09	
	1700000	30	9,14	10600	114056	9536534,22	5609,73	
	1700000	40	12,19	5963	64161,88	9537333,93	5610,2	
	1700000	50	15,24	3816	41060,16	9536534,22	5609,73	
	1700000	100	30,48	954	10265,04	9536534,22	5609,73	
	1700000	150	45,72	424	4562,24	9536534,22	5609,73	
	1700000	200	60,96	239	2571,64	9556526,95	5621,49	
						<b>9329189,57</b>	<b>5487,76</b>	<b>252,49</b>

## **Datos de fresnel tungsteno**

Los datos listados corresponden a los fresnel para luz de tungsteno de las tablas del manual de la ASC.

La primera columna identifica el foco por su diámetro en pulgadas, potencia y ángulo de emisión.

La segunda columna, Lm es el flujo emitido.

La tercera, feet, es la distancia en piés para la que da la iluminancia.

La cuarta es la distancia de la tercera traducida a metros.

La quinta, Fc, es la iluminancia en piecandelas.

La sexta. Lx, es la iluminancia en lux.

La séptima, J, es la intensidad emitida en candelas.

La octava es el factor de conversión fotométrica, el número de candelas emitidas por cada mil lúmenes.

Las dos últimas son las coberturas de haz y de campo, no intervienen en estos cálculos.

Nuevamente las columnas en blanco corresponden a datos extraídos de las tablas del manual y las rojas a datos calculados.

Fresnel	Lm	Feet	Metros	Fc	Lx	J	R	Cobertura	Cobertura m
2°/250w/57°		10	3,05	28	301,28	2798,98	#DIV/0!	8,1	2,47
2°/250w/22°		10	3,05	57	613,32	5697,93	#DIV/0!	1,5	0,46
3°/300w/58°	7700	10	3,05	45	434,37	4458,37	3913,33	8,5	2,59
3°/300w/12°	7700	10	3,05	248	2668,48	24790,99	3219,61	1,5	0,46
4,5°/650w/70°	17000	10	3,05	78	839,28	7797,17	458,66	11,3	3,44
	17000	20	6,1	18	193,68	7197,38	423,38	22,7	6,92
						7497,48	441,02	24,95	5,66
4,5°/650w/17°	17000	10	3,05	660	7101,6	69975,02	3890,94	1,1	0,43
	17000	20	6,1	180	1936,8	71973,84	4233,76	3	0,91
						68974,93	4057,35	249,48	6,15
4,5°/1000w/70°	25000	10	3,05	140	1506,4	13994,91	559,3	11,2	3,41
	25000	20	6,1	35	376,6	13994,91	559,8	22,4	6,83
	25000	30	9,14	15	161,4	13495,1	539,8	33,6	10,24
4,5°/1000w/21°	25000	10	3,05	980	10544,8	102997,82	553,13	11,54	2,09
	25000	20	6,1	250	2690	99963,67	3998,85	4	1,22
	25000	30	9,14	110	1183,6	98964,03	3958,56	6	1,83
						98964,03	3958,56	39,99	1,01
6°/1000w/58°	25000	10	3,05	130	1398,8	12995,28	519,81	10,5	3,2
	25000	20	6,1	30	322,8	11995,64	479,83	21	6,43
	25000	30	9,14	15	161,4	13495,1	539,8	15	4,57
6°/1000w/15°	25000	10	3,05	600	6456	62977,11	2519,08	30,54	5,95
	25000	20	6,1	165	1775,4	68975,02	2639,04	2,5	0,76
	25000	30	9,14	70	753,2	62977,11	2519,08	7,8	2,38
						62977,11	2519,08	119,96	4,76
6°/2000w/55°	52000	10	3,05	400	4304	39985,47	768,95	8,5	2,59
	52000	20	6,1	100	1076	39985,47	768,95	16,9	5,15
	52000	30	9,14	45	484,2	40485,29	778,56	25,2	7,68
	52000	40	12,19	20	215,2	31988,37	615,46	33,6	10,24
						37486,38	720,39	91,69	12,72
6°/2000w/27°	52000	10	3,05	1500	16140	149945,51	2883,57	2	0,85
	52000	20	6,1	375	4035	149945,51	2883,57	5,3	1,62
	52000	30	9,14	165	1775,4	148446,05	2854,73	7,9	2,41
	52000	40	12,19	95	1022,2	151944,78	2922,01	10,5	3,2
						15000,45	2985,07	27,81	0,96
8°/2000w/65°	52000	10	3,05	490	5272,4	48982,2	941,97	8,5	2,59
	52000	20	6,1	130	1398,8	51981,11	999,64	16,9	5,15
	52000	30	9,14	65	699,4	52475,75	1124,59	25,2	7,68
	52000	40	12,19	30	322,8	47982,56	922,74	33,6	10,24
						51856,15	997,23	113299,48	11361,38
8°/2000w/15°	52000	10	3,05	3920	42179,2	391857,59	7535,72	2,8	0,85
	52000	20	6,1	1000	10760	399854,68	7689,51	5,3	1,62
	52000	30	9,14	445	4788,2	400354,5	7699,13	7,9	2,41
	52000	40	12,19	250	2690	399854,68	7689,51	10,5	3,2
						397980,37	7653,47	78,63	1,03
10°/2000w/55°	52000	10	3,05	440	4734,4	43984,02	845,85	8,5	2,59
	52000	20	6,1	110	1183,6	43984,02	845,85	16,9	5,15
	52000	30	9,14	49	527,24	44083,98	847,77	25,2	7,68
	52000	40	12,19	28	301,28	44783,72	861,23	33,6	10,24
						44208,93	850,17	7,42	0,87
10°/2000w/20°	52000	10	3,05	3920	42179,2	391857,59	7535,72	2,8	0,85
	52000	20	6,1	1000	10760	399854,68	7689,51	5,3	1,62
	52000	30	9,14	445	4788,2	400354,5	7699,13	7,9	2,41
	52000	40	12,19	250	2690	399854,68	7689,51	10,5	3,2
						397980,37	7653,47	78,63	1,03
10°/5000w/61°	135000	10	3,05	950	10222	94965,49	703,45	8,5	2,59
	135000	20	6,1	240	2582,4	95965,12	710,85	16,9	5,15
	135000	30	9,14	110	1183,6	98964,03	733,07	25,2	7,68
	135000	40	12,19	60	645,6	98964,03	733,07	33,6	10,24
	135000	50	15,24	40	430,4	99963,67	740,47	33,6	10,24
						97164,69	719,74	16,05	2,23
10°/5000w/17°	135000	10	3,05	5800	62408	579789,29	4294,74	8,5	2,59
	135000	20	6,1	1470	15817,2	579789,29	4294,74	16,9	5,15
	135000	30	9,14	655	7047,8	580285,84	4365,08	25,2	7,68
	135000	40	12,19	370	3981,2	591784,93	4383,59	33,6	10,24
	135000	50	15,24	235	2528,6	587286,57	4350,27	33,6	10,24
						587185,6	4349,53	33,26	0,76
14°/5000w/70°	135000	10	3,05	875	9415	87468,21	647,91	8,5	2,59
	135000	20	6,1	219	2356,44	87568,18	648,65	16,9	5,15
	135000	30	9,14	97	1043,72	87268,28	646,43	25,2	7,68
	135000	40	12,19	55	551,8	87968,03	651,62	33,6	10,24
	135000	50	15,24	35	376,6	87468,21	647,91	33,6	10,24
						87548,18	648,51	1,92	0,3
14°/5000w/18°	135000	10	3,05	5812	62537,12	580988,86	4303,62	8,5	2,59
	135000	20	6,1	1453	15634,26	580988,86	4303,62	16,9	5,15
	135000	30	9,14	646	6950,96	581188,78	4305,1	25,2	7,68
	135000	40	12,19	3663	39413,88	5858670,83	43397,56	33,6	10,24
	135000	50	15,24	233	2507,08	582288,38	4313,25	33,6	10,24
						636325,14	12124,63	17488,44	19
14°/10000w/63°	280000	10	3,05	1600	17216	169941,87	571,22	8,5	2,59
	280000	20	6,1	420	4519,2	167938,97	599,78	16,9	5,15
	280000	30	9,14	185	1990,6	166439,51	594,43	25,2	7,68
	280000	40	12,19	105	1129,8	167938,97	599,78	33,6	10,24
	280000	50	15,24	70	753,2	174936,42	624,77	33,6	10,24
						167439,15	598	19,06	3,19
14°/10000w/15°	280000	10	3,05	12100	130196	1209560,42	4319,86	8,5	2,59
	280000	20	6,1	3000	34432	1209560,42	4319,86	16,9	5,15
	280000	30	9,14	1430	15386,8	1286532,45	4594,76	25,2	7,68
	280000	40	12,19	805	8661,8	1287532,08	4598,33	33,6	10,24
	280000	50	15,24	515	5541,4	1287032,26	4596,54	33,6	10,24
						1287032,26	4596,54	121,31	2,67
20°/10000w/43°	280000	10	3,05	2440	26254,4	243911,36	871,11	8,5	2,59
	280000	20	6,1	610	6563,6	243911,36	871,11	16,9	5,15
	280000	30	9,14	271	2915,96	243811,39	870,75	25,2	7,68
	280000	40	12,19	153	1646,28	244711,07	873,97	33,6	10,24
	280000	50	15,24	98	1054,48	244910,99	874,88	33,6	10,24
	280000	100	30,48	24	258,24	239912,81	856,83	33,6	10,24
						243528,16	869,74	6,54	0,75
20°/10000w/17°	280000	10	3,05	21200	228112	2119229,83	27524,65	8,5	2,59
	280000	20	6,1	5300	57028	2119229,83	27524,65	16,9	5,15
	280000	30	9,14	2358	25372,08	2121429,03	2756,53	25,2	7,68
	280000	40	12,19	1325	14257	2119229,83	2756,53	33,6	10,24
	280000	50	15,24	848	9124,48	2119229,83	2756,53	33,6	10,24
	280000	100	30,48	212	2281,12	2119229,83	2756,53	33,6	10,24
						2119596,36	2756,53	3,21	0,04
25°/10000w/66,5°	280000	10	3,05	3400	36584	339876,48	1213,84	8,5	2,59
	280000	20	6,1	850	9146	339876,48	1213,84	16,9	5,15
	280000	30	9,14	373	4067,41	340074,41	1214,56	25,2	7,68
	280000	40	12,19	212	2281,12	339076,77	1210,99	33,6	10,24
	280000	50	15,24	136	1463,36	339876,48	1213,84	33,6	10,24
	280000	100	30,48	34	365,84	339876,48	1213,84	33,6	10,24
						339776,62	1213,49	1,42	0,1
25°/10000w/21,8°	280000	10	3,05	22000	236720	2199200,76	27524,65	8,5	2,59
	280000	20	6,1	5500	59180	2199200,76	27524,65	16,9	5,15
	280000								

## Datos de lámparas

Las tablas siguientes listan los valores de potencia y rendimiento luminoso para lámparas HMI y de tungsteno extraídas del catálogo de Foto óptica de Osram correspondientes a al año 2007.

### HMI

Potencia	200w	575w	1200w	2500w	4000w	6000w	12000w	18000w
Flujo	16.000	49.000	110.000	240.000	410.000	630.000	1.008.000	1.700.000
Rendimiento	80	85	92	96	102	105	84	94,4

Rendimiento medio, 92.

### Tungsteno

Lámpara	Lumen	Rendimiento
300w	7.500	25
500w	11.000	22
650w	14.500	22
800w	20.000	25
1000w	24.000	25
1200w	30.000	25
2K	52.000	26
5K	135.000	27
10K	280.000	28
20K	580.000	29

## Determinación de la iluminancia correspondiente a un valor de exposición

Vamos a tratar de determinar una ecuación que ligue el ajuste de exposición: sensibilidad del material sensible, diafragma y tiempo de obturación, con la iluminancia de la escena.

La iluminancia es inversamente proporcional a la sensibilidad:

$$E_i \propto \frac{1}{s}$$

A menos tiempo de obturación, menos exposición, por tanto la relación entre la iluminancia de la escena y el tiempo de obturación es también inversamente proporcional:

$$E_i \propto \frac{1}{s \cdot t}$$

La iluminancia en el interior de la cámara es inversamente proporcional al cuadrado del número f empleado. La iluminancia en el interior de la cámara es proporcional a la de la escena, luego para mantener la del interior de la cámara constante al variar el diafragma la de la escena debe aumentar con los aumentos del cuadrado del número f y reducirse con sus disminuciones, luego la iluminancia en la escena es directamente proporcional al cuadrado del número f de diafragma medido:

$$E_i \propto \frac{f^2}{s \cdot t}$$

Llamando k al factor de proporcionalidad:

$$E_i = k \cdot \frac{f^2}{s \cdot t}$$

Esta k puede determinarse a partir de los datos de diversos fabricantes de película. De los publicados por kodak deducimos que k tiene un valor medio de 269 con una distribución que va desde 250 a 290. Vamos a tomar como valor para K 270. Otro valor muy popular en la literatura es el de 250, aunque es el extremo inferior de la distribución.

Por tanto:

$$E_i = 270 \cdot \frac{f^2}{s \cdot t}$$