

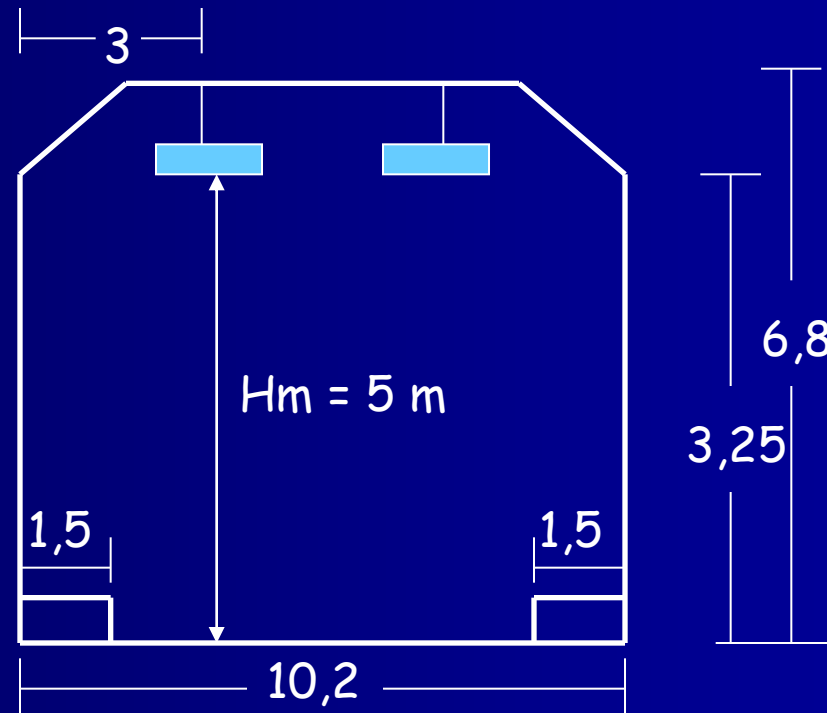
Luminotecnia

Prof. Luz Stella Moreno Martín

Ejemplo de iluminación de túneles

Miguel Ereú. Alumbrado público

Se desea iluminar un túnel de 360 m de longitud, con sentido de orientación Norte-Sur para velocidad del tráfico permitido de 80 km/h. El túnel está rodeado de altas montañas, es de un solo canal y pasan aproximadamente 25.000 veh/día.



Datos:

- Ancho de carril: 3,6 m
- Condición del tiempo: normal
- Color del techo y pared: Blanco difuso (reflexión: 50%)
- Tipo de calzada: Asfalto R3 ($q_0=0,07$)
- Plano de trabajo 0,1 m del suelo
- Sistema de iluminación: simétrico transversal
- Disposición de las luminarias: Biaxial (en techo)
- $\gamma=4\%$, $\rho=46\%$ y $\varepsilon=50\%$

Cálculos:

- Si pasan 25.000 veh/día \longrightarrow 1.041 veh/h

- Según la tabla y la superficie seca la distancia de frenado es 100m

Velocidad del tráfico para frenado		Distancia mínima de visión segura para frenado (m)	
Km/h	m/s	Superficie mojada	Superficie seca
50	13,89	65	51
60	16,67	85	66
70	19,44	110	82
72	20	115	85
80	22,22	140	100
100	27,78	200	133
120	33,34	290	190

- Separación máxima permitida: $1,2 \cdot H_m = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ m}$

- Frecuencia de parpadeo: $V(\text{m/s})/\text{separación luminaria} = 22,22/6 = 3,7$ ciclos/seg

$$- L_{20} = \gamma * L_{\text{cielo}} + \rho * L_{\text{camino}} + \varepsilon * L_{\text{alrededores}}$$

Con la siguiente tabla y la dirección Norte-Sur

Dirección de conducción (hemisferio norte)	Alrededores					
	L_{cielo}	L_{camino}	roca	edificios	nieve	pradera
N	8	3	3	8	15(v) 15(h)	2
E-O	12	4	2	6	10(v) 15(h)	2
S	16	5	1	4	5(v) 15(h)	2

$$L_{20} = 0,04 * 8 + 0,46 * 3 + 0,5 * 2 = 2.700 \text{ cd/m}^2$$

- $da = (H-h)/\text{tg}(\gamma) = (6.8-1.2)/\text{tg}(20^\circ) = 15.39$

- Zona umbral, según la siguiente tabla

Distancia de detención (m)	Sistema de iluminación simétrica (L_u/L_{20})	Sistema de iluminación asimétrica (L_u/L_{20})
60	0.05	0.04
100	0.06	0.05
160	0.1	0.07

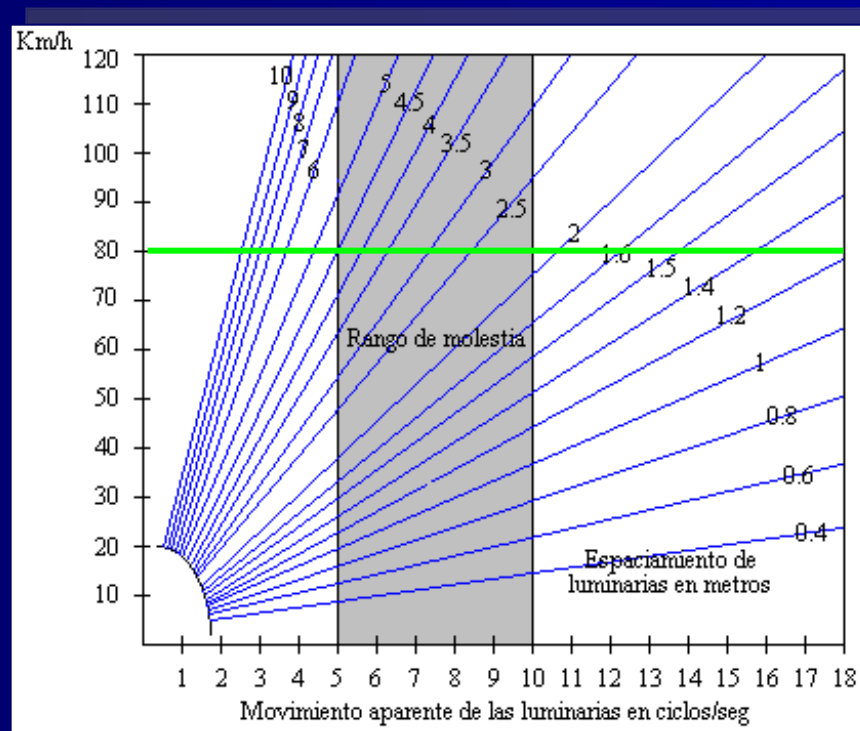
$L_u/L_{20} = 0.06 \longrightarrow L_u = 162 \text{ cd/m}^2$

- Zona interior, según la siguiente tabla

Distancia de detención (m)	Densidad de Tránsito		
	<100 veh/h	100 < veh/h < 1000	>1000 veh/h
60	2	2	3
100	5	4	6
160	6	10	15

- $L_{ext} = 5 * L_{int} = 5 * 6 = 30 \text{ cd/m}^2$

- Espaciamiento de luminarias, según la siguiente gráfica y recordando que la separación máxima es de 6m, se toman: 6, 5, 2, 1.6, 1.5 y 1.4 m

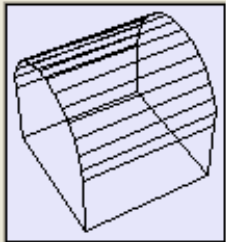


Cálculos de iluminación de día

- Por medio del programa de Litestar Litecalc 9 Obralux, se introduce en la correspondiente ventana los datos:

Túneles

Tipo de Túnel

A 

B

C

D

Dimensiones

Longitud	360.00	m
Altura	6.80	m
Ancho Carril	3.60	m
Núm.de Carriles	2	
Arcén Izquierdo	1.50	m
Arcén Derecho	1.50	m

Calzada

Dirección Única Tabla R Factor q0

Doble Dirección de Marcha R3 7.01 %

Paredes

Difusivas Coef.de Reflexión 50.00 %

No Difusivas Tabla R Factor q0

C2 7.01 %

Luminarias

Tipo de Instalac.
Bilateral oposición

Altura	5.00	m
Inclinación	0.00	°
Rotación	0.00	°
Inclinación Lateral	0.00	°
Interdistancia	1.40	m
Inicio Fila	0.00	m
Longitud	360.00	m
Dist. Lum. - Borde Izdo.	1.50	m
Dist. Lum. - Borde Dcho.	1.50	m
Coef.de Mantenimiento	70	%

Selec. Lum.

OK Curva Lum. Cálculos Anular

- Se selecciona la siguiente luminaria, en proyectores

Proyectores

Selecciones

Archivo :

Código	Nombre :
140101	R - 01 1500w HAL R7s
140104	R - 01 500w HAL R7s
140208	R - 02 150w MH
140713	R - 07 400w MH (POS1)
140714	R - 07 400w MH (POS3)
141513	R - 15 400w MH
141816	R - 18 400w MH (16" SIM)
141828	R - 18 400w MH (22" SIM)

Informaciones

Archivo ensayo :

Nombre ensayo :

Código ensayo :

V 0 (azul) - H 0 (rojo)

Angle (degrees)	V 0 (cd/kl) [azul]	H 0 (cd/kl) [rojo]
-90	0	0
-60	100	100
-30	250	250
0	300	300
30	250	250
60	100	100
90	0	0

- Se selecciona el botón "Curva Lum" en la ventana "Túneles"

Condiciones Atmosféricas

Normal

Dirección de Marcha

Norte -> Sur

Porcentaje de cielo 4

Dist. Frenada [m] 100

Elección del Área

Lum.Externa [cd/m²] 2700

Tipo de Flujo de las Luminarias

Simétrico

Lum.Inicial [cd/m²] 162

Velocidad [Km/h] 80

Tramo Examinado [m]

De 0 A 360

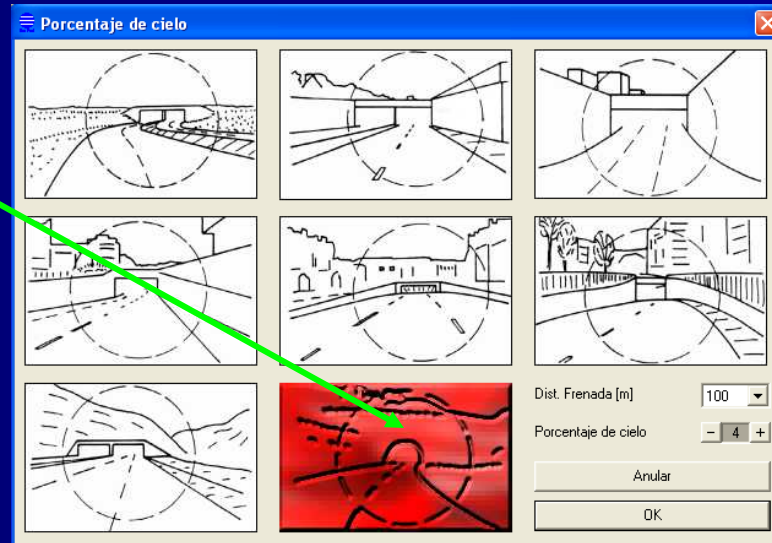
Español

Imprimir

Exportar como PDF

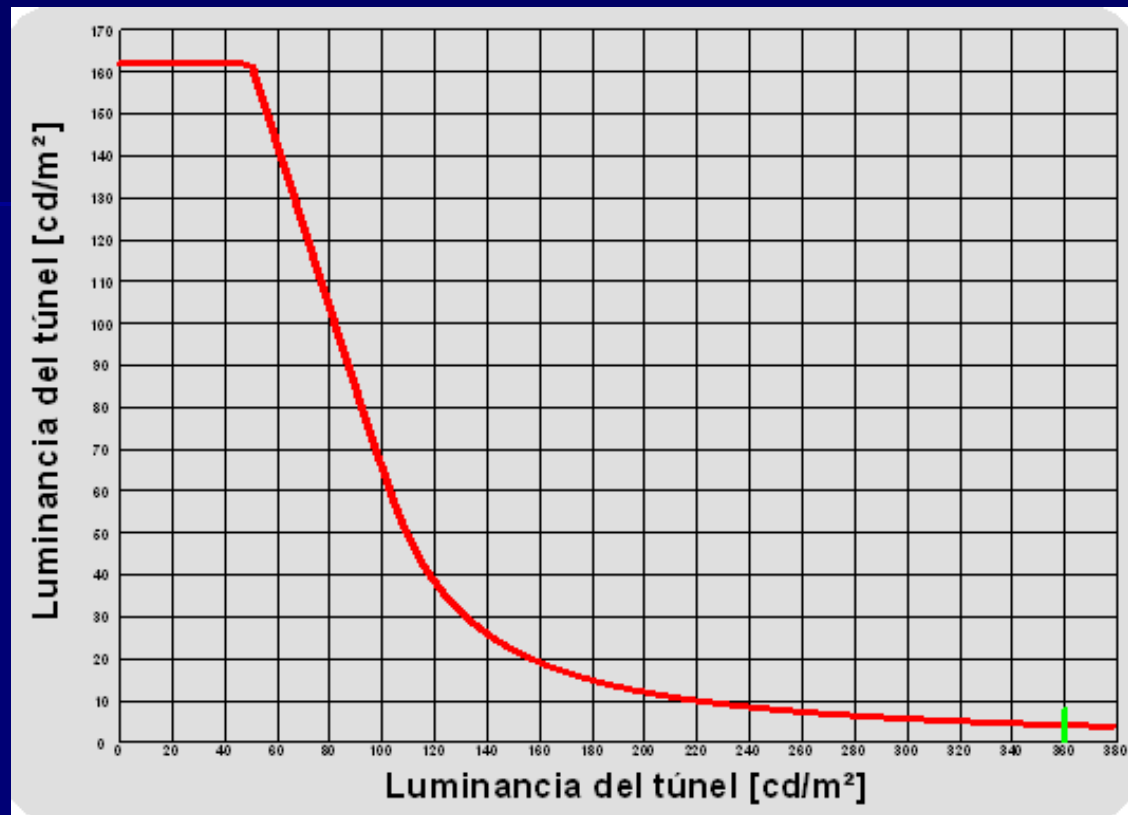
Exportar como RTF

Configuraciones



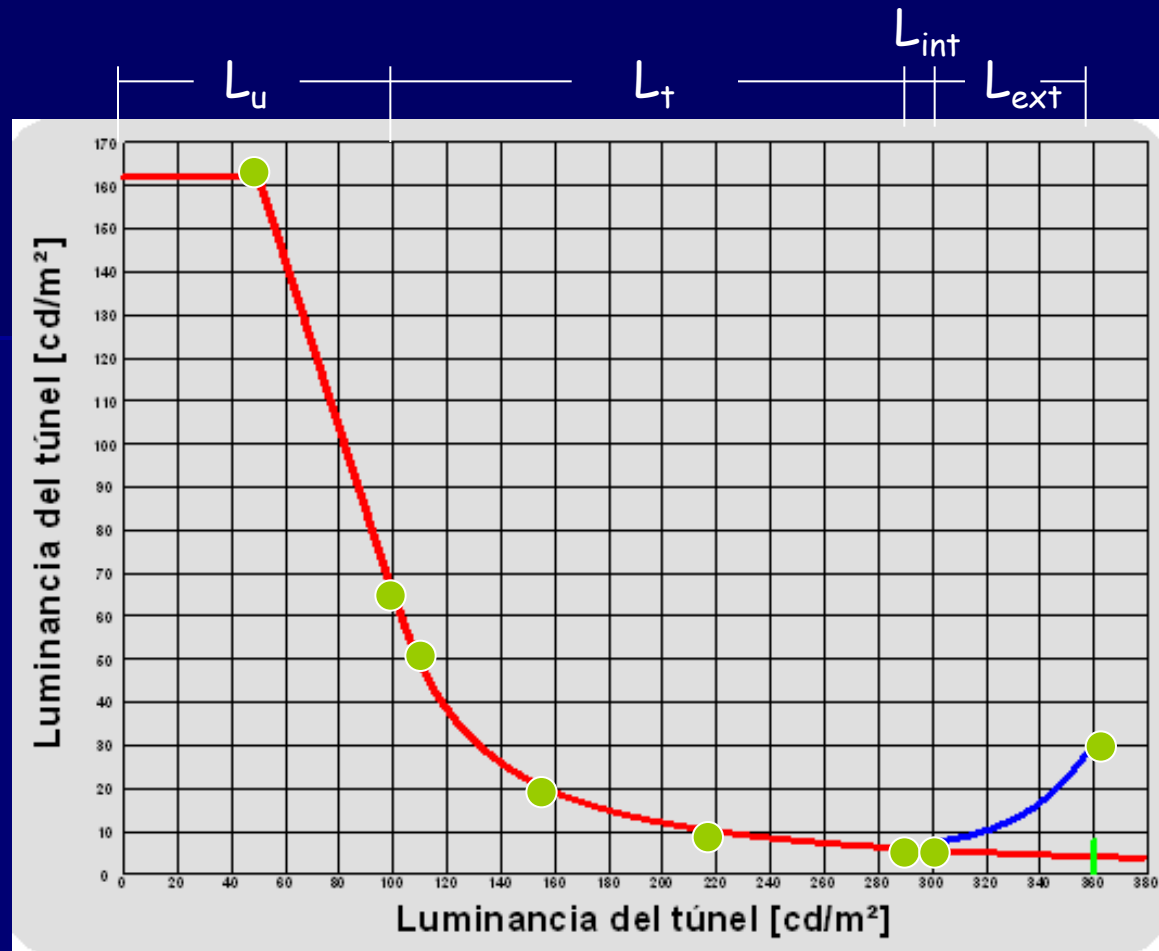
- Se obtiene

Distancia de Frenada [m]	100 m
Porcentaje de cielo	4 %
Tipo de Flujo de las Luminarias	Simétrico
Lum.Externa [cd/m ²]	2700 cd/m ²
Lum.Inicial [cd/m ²]	162 cd/m ²
Velocidad [Kmh]	80 Kmh
Tramo Examinado [m]	Desde 0 m hasta 360 m
Condiciones Atmosféricas	Normal
Dirección de Marcha	Norte -> Sur (Hemisferio Norte)



Luminancia del túnel [cd/m ²]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Luminancia del túnel [cd/m ²]	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162
Luminancia del túnel [cd/m ²]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Luminancia del túnel [cd/m ²]	162	152,28	142,56	132,84	123,12	113,4	103,68	93,96	84,24	74,52
Luminancia del túnel [cd/m ²]	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Luminancia del túnel [cd/m ²]	65,96	56,29	48,98	43,1	38,33	34,4	31,11	28,33	25,94	23,89
Luminancia del túnel [cd/m ²]	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
Luminancia del túnel [cd/m ²]	22,09	20,52	19,13	17,89	16,78	15,79	14,89	14,08	13,34	12,67
Luminancia del túnel [cd/m ²]	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
Luminancia del túnel [cd/m ²]	12,05	11,48	10,95	10,47	10,02	9,6	9,21	8,85	8,51	8,2
Luminancia del túnel [cd/m ²]	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
Luminancia del túnel [cd/m ²]	7,9	7,62	7,36	7,11	6,88	6,66	6,45	6,25	6,06	5,89
Luminancia del túnel [cd/m ²]	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
Luminancia del túnel [cd/m ²]	5,72	5,56	5,4	5,26	5,12	4,98	4,85	4,73	4,62	4,5
Luminancia del túnel [cd/m ²]	350	355	360							
Luminancia del túnel [cd/m ²]	4,4	4,29	4,19							

- Asumiendo las distancias



Luminancia del túnel [cd/m^2]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Luminancia del túnel [cd/m^2]	162	162	162	162	162	162	162	162	162	162
Luminancia del túnel [cd/m^2]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Luminancia del túnel [cd/m^2]	162	152,28	142,56	132,84	123,12	113,4	103,68	93,96	84,24	74,52
Luminancia del túnel [cd/m^2]	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Luminancia del túnel [cd/m^2]	65,96	56,39	48,98	43,1	38,33	34,4	31,11	28,33	25,94	23,89
Luminancia del túnel [cd/m^2]	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195
Luminancia del túnel [cd/m^2]	22,09	20,52	19,13	17,89	16,78	15,79	14,89	14,08	13,34	12,67
Luminancia del túnel [cd/m^2]	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
Luminancia del túnel [cd/m^2]	12,05	11,48	10,95	10,47	10,02	9,6	9,21	8,85	8,51	8,2
Luminancia del túnel [cd/m^2]	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295
Luminancia del túnel [cd/m^2]	7,9	7,62	7,36	7,11	6,88	6,66	6,45	6,25	6,06	5,89
Luminancia del túnel [cd/m^2]	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
Luminancia del túnel [cd/m^2]	5,72	5,56	5,4	5,26	5,12	4,98	4,85	4,73	4,62	4,5
Luminancia del túnel [cd/m^2]	350	355	360							
Luminancia del túnel [cd/m^2]	4,4	4,29	4,19							

- Tabla de valores referenciales de luminancias de las zonas del túnel dada en función de los tramos de longitud, obtenidas a partir de la curva de luminancias calculadas:

Zona del Túnel	L (cd/m ²)	E (Lux)	Tramos de estudio		Area de la calzada (m ²)	Distancia entre luminarias (m)
			Número	(m)		
Umbral (L _u)	162	2.314	1	50	360	1,4
	65	929	2	50	360	2
Transición (L _{tr})	43,1	616	3	15	108	5
	20,52	293	4	40	288	5 o 6
	10,02	143	5	65	468	5 o 6
	6,06	87	6	70	504	5 o 6
Interna(L _{int})	6,06	87	7	10	72	5 o 6
Externa(L _{ex})	30	429	8	60	432	2 o 5

$$L = q_0 * E$$

$$E = L / 0,07$$

Ancho de calzada = 7,2m

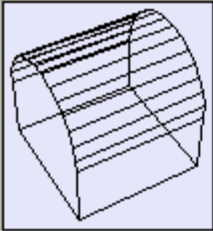
$$N = (E * A) / (\phi * CU * fm)$$

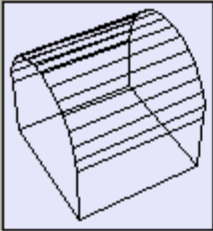
CU = 0,6 fm = 0,7

- Simulando cada tramo mediante el programa solo cambiando la:

Túneles

Tipo de Túnel

A 

B 

C

D

Dimensiones

Longitud: 50.00 m

Altura: 6.80 m

Ancho Carril: 3.60 m

Núm.de Carriles: 2

Arcén Izquierdo: 1.50 m

Arcén Derecho: 1.50 m

Calzada

Dirección Única Tabla R Factor q0

Doble Dirección de Marcha R3 7.01 %

Paredes

Difusivas Coef.de Reflexión: 50.00 %

No Difusivas Tabla R: C2 Factor q0: 7.01 %

Luminarias

Tipo de Instalac.: Bilateral oposición

Altura: 5.00 m

Inclinación: 0.00 °

Rotación: 0.00 °

Inclinación Lateral: 0.00 °

Interdistancia: 1.40 m

Inicio Fila: 0.00 m

Longitud: 50.00 m

Dist. Lum.- Borde Izdo.: 1.50 m

Dist. Lum.- Borde Dcho.: 1.50 m

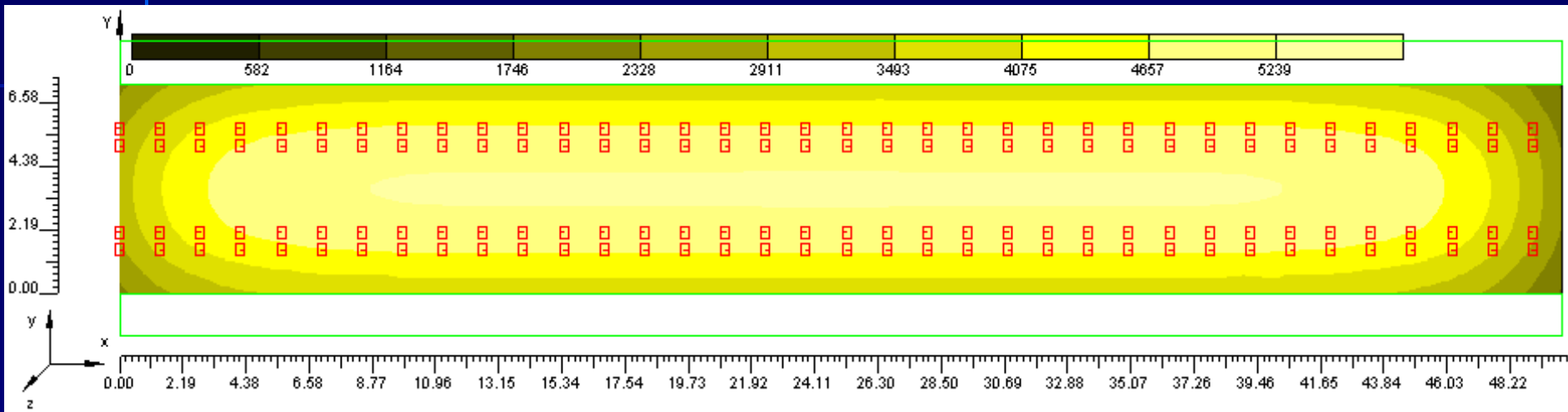
Coef.de Mantenimiento: 70 %

Selec. Lum.

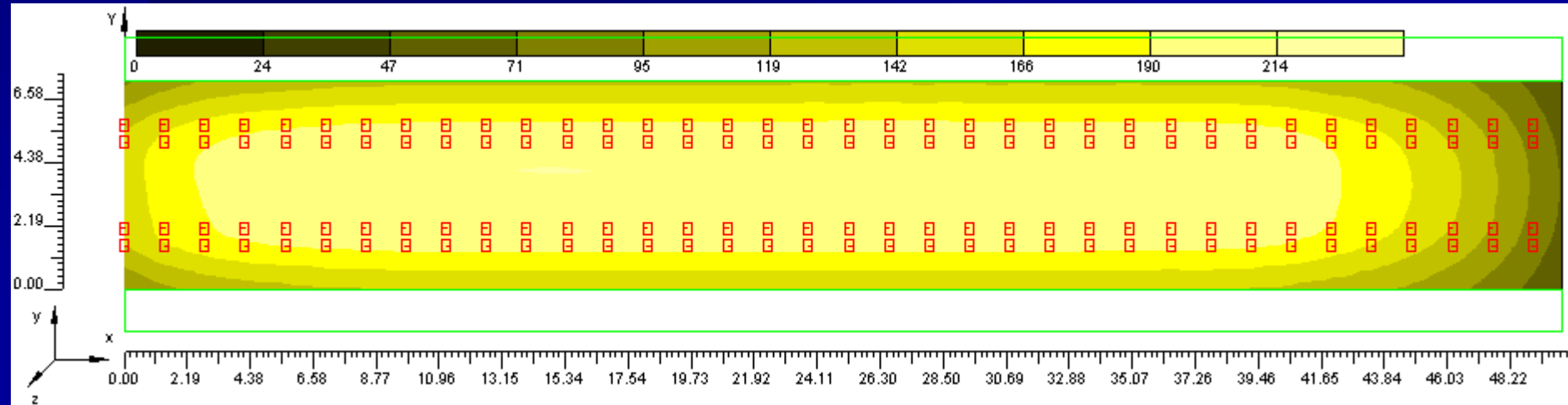
OK Curva Lum. Cálculos Anular

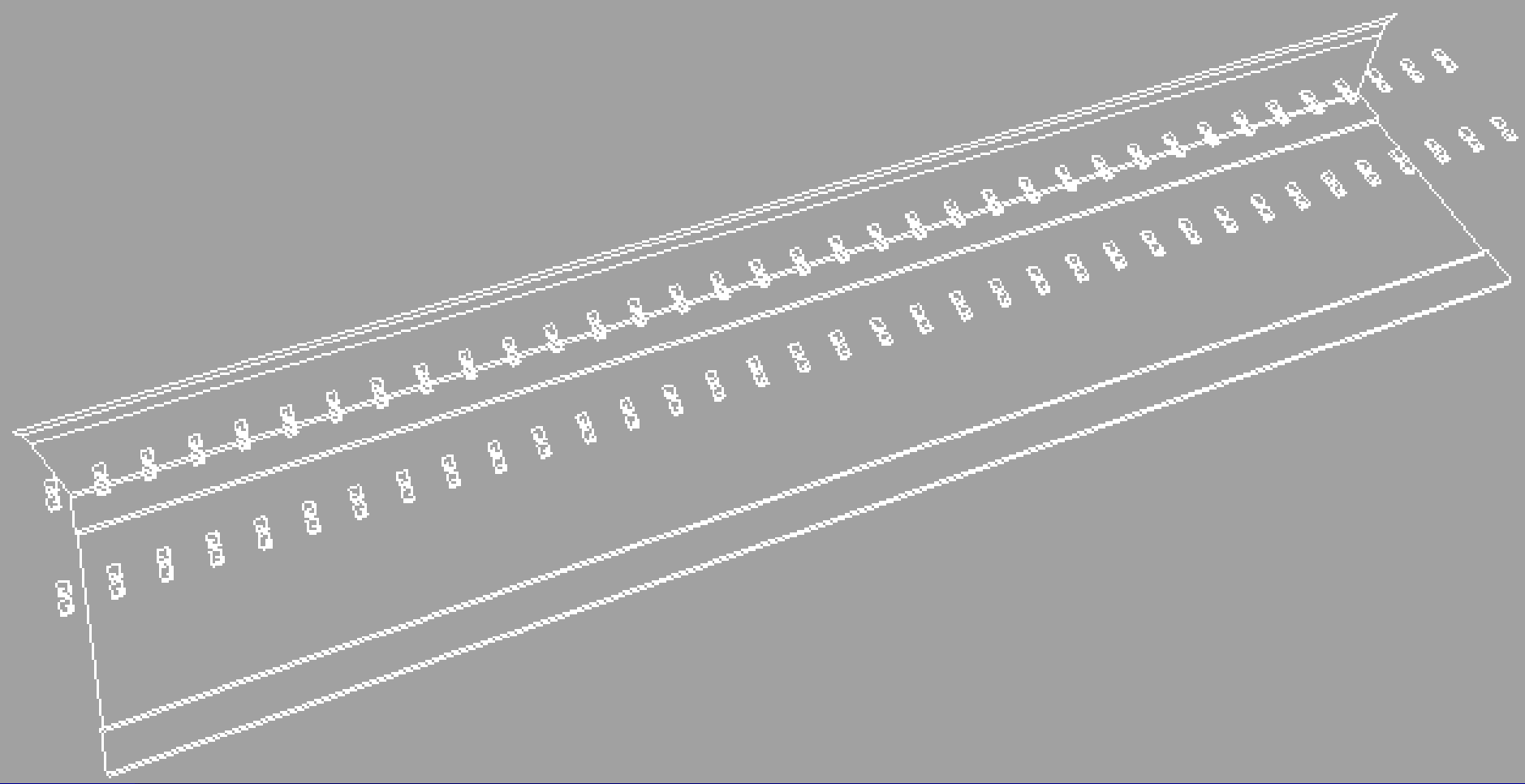
Tramo 1

- Iluminancias



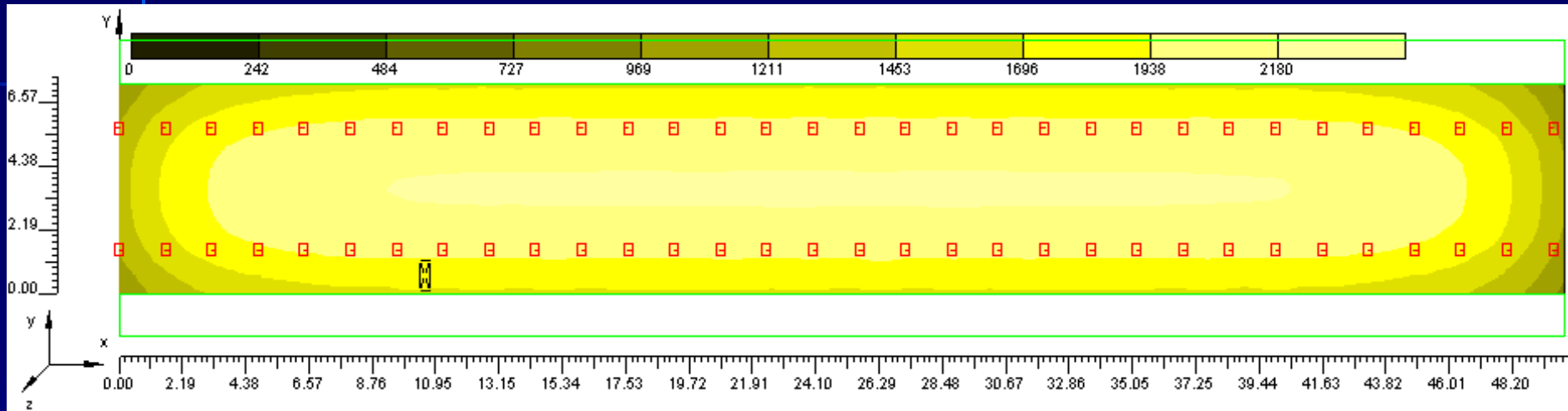
- Luminancias



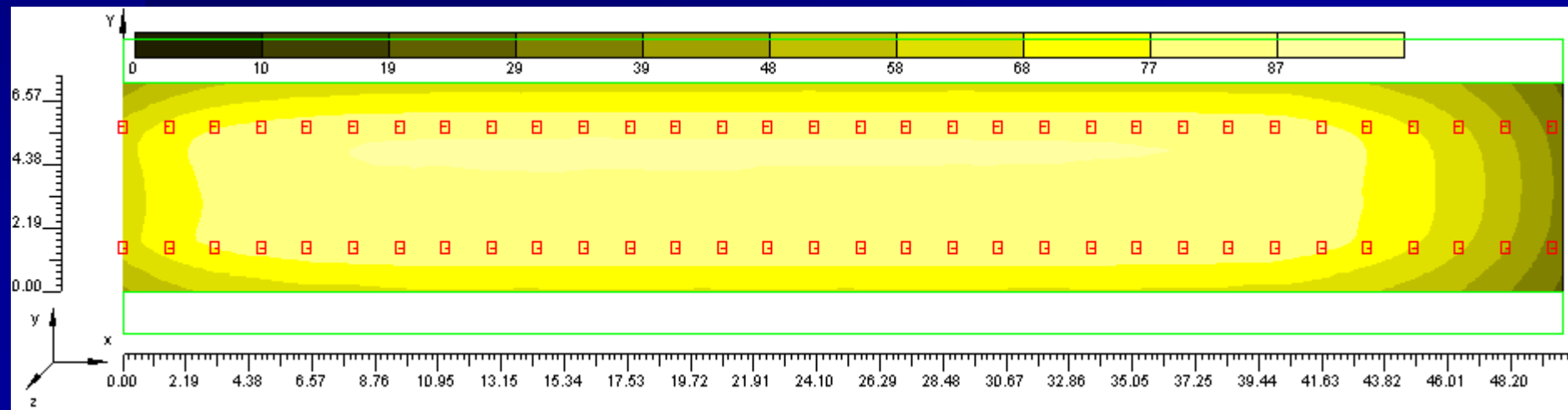


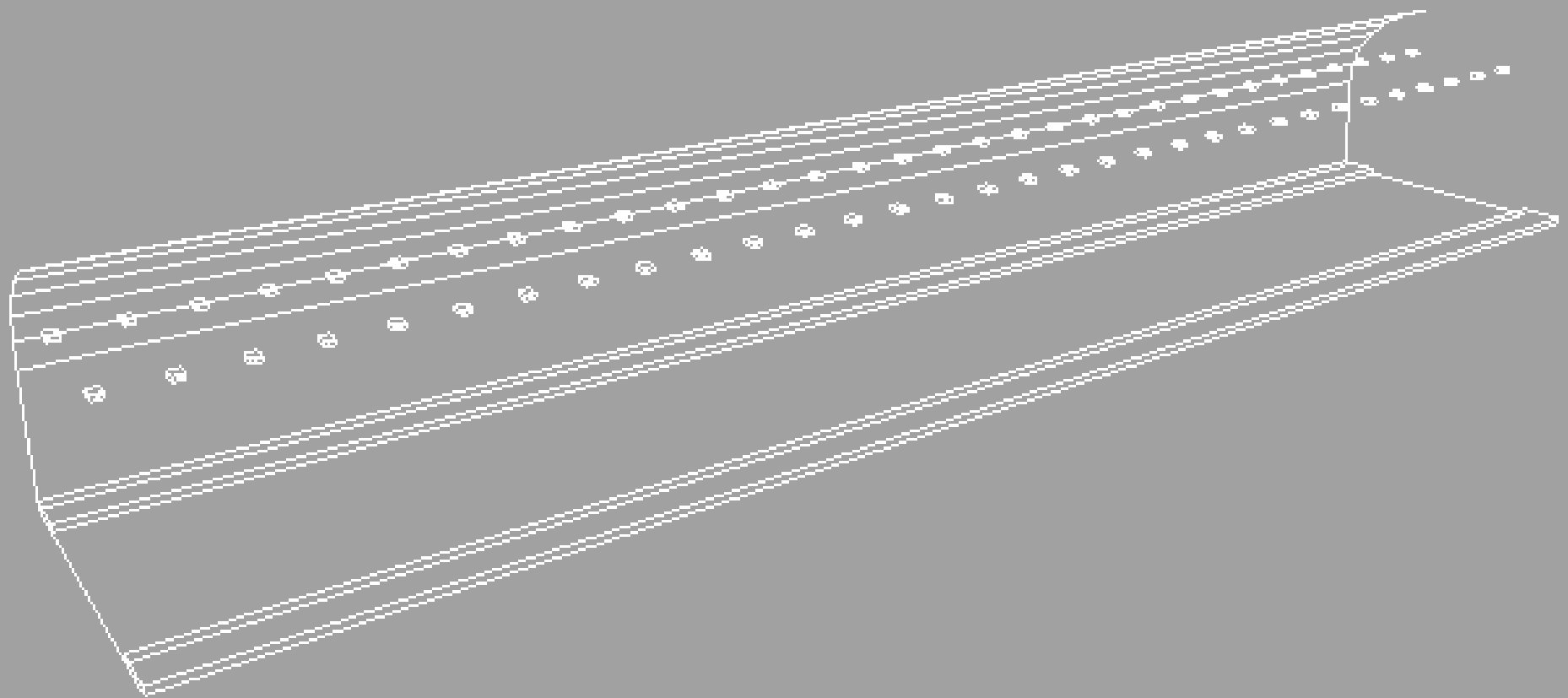
Tramo 2

- Iluminancias



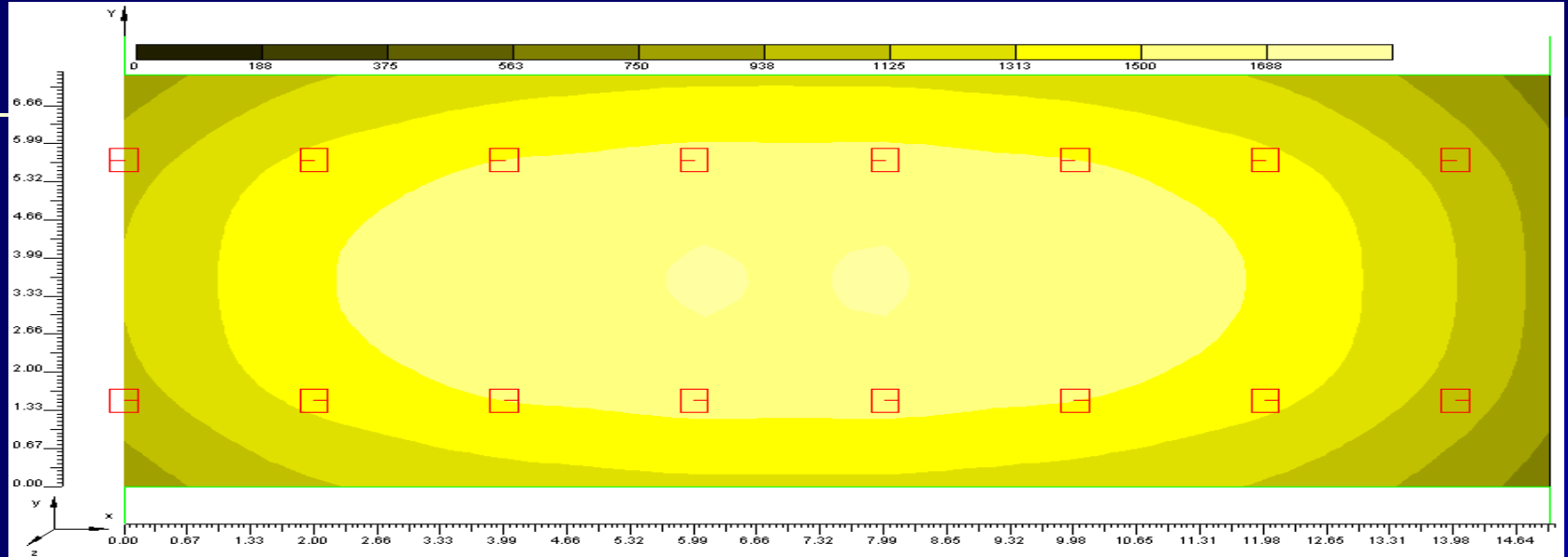
- Luminancias



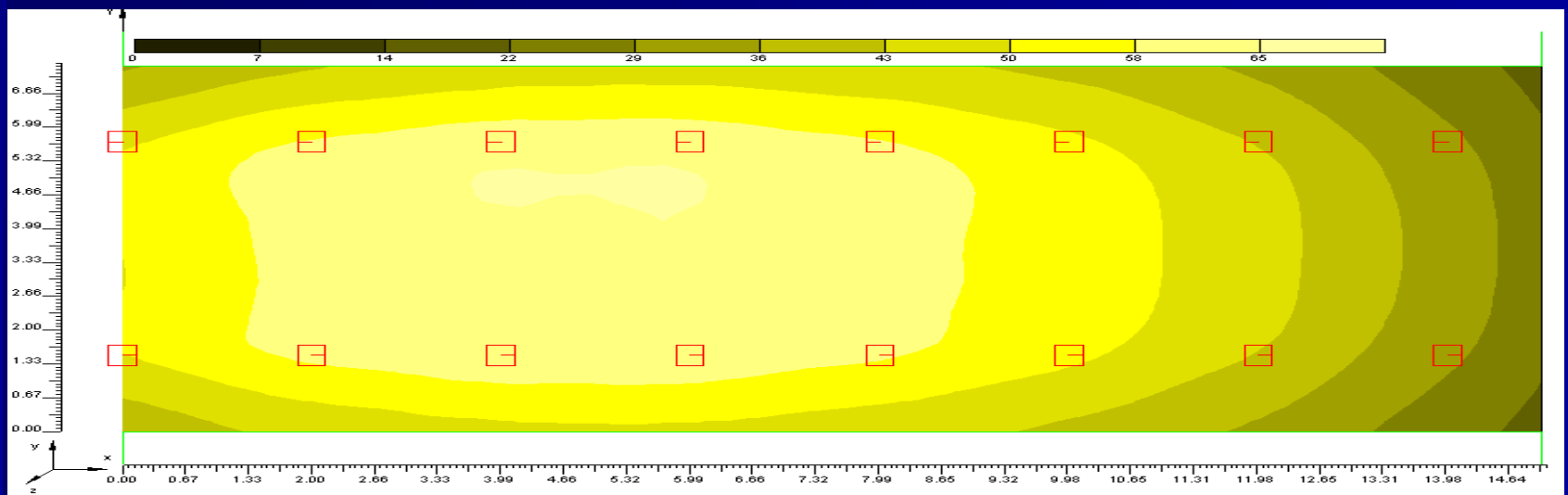


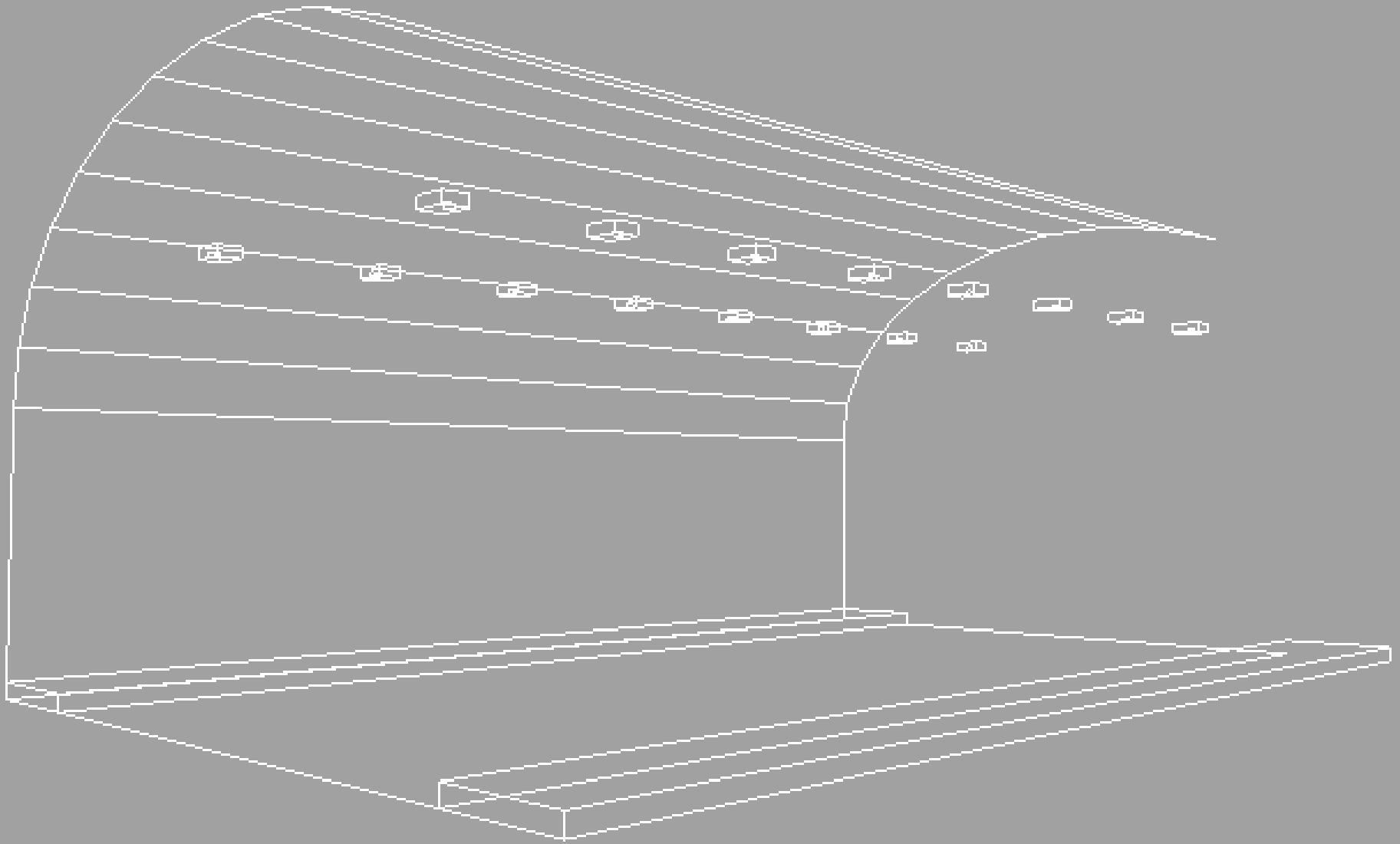
Tramo 3

- Iluminancias



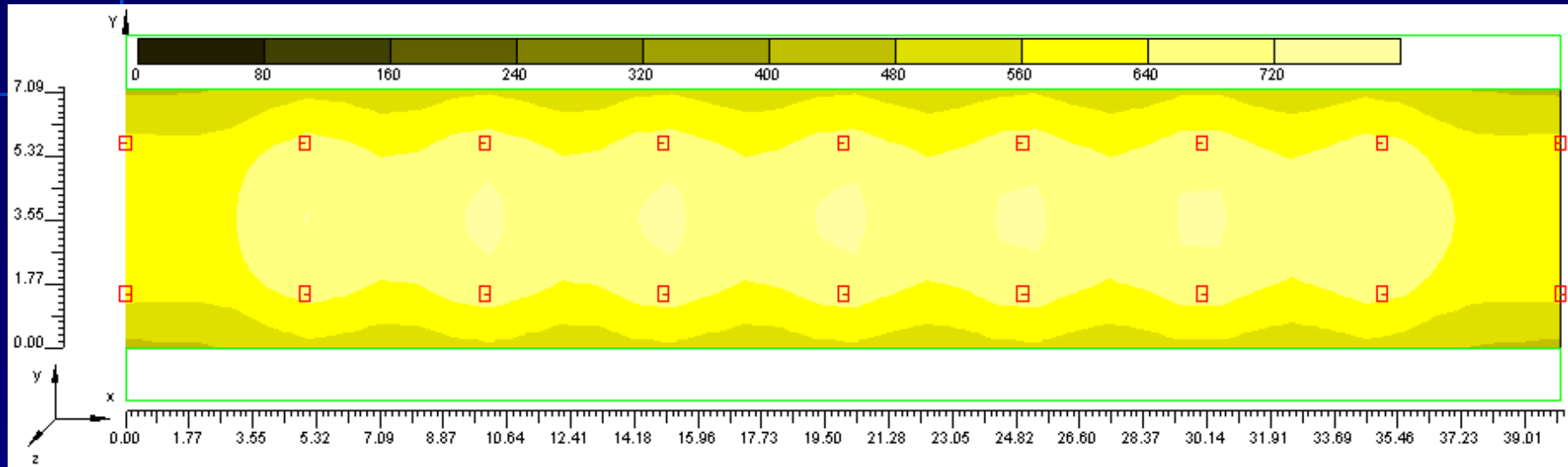
- Luminancias



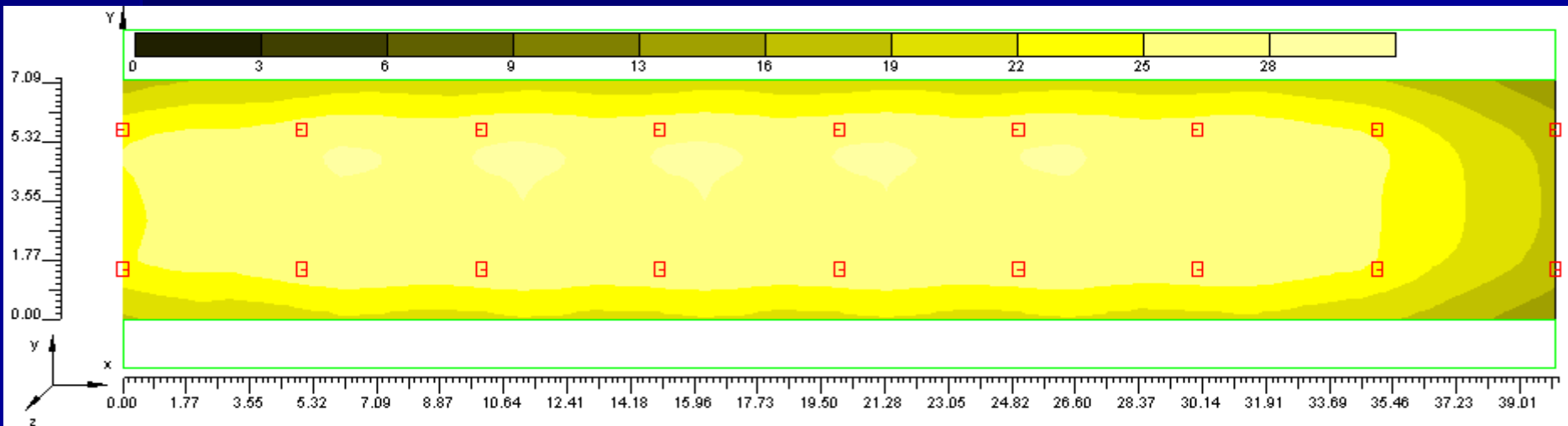


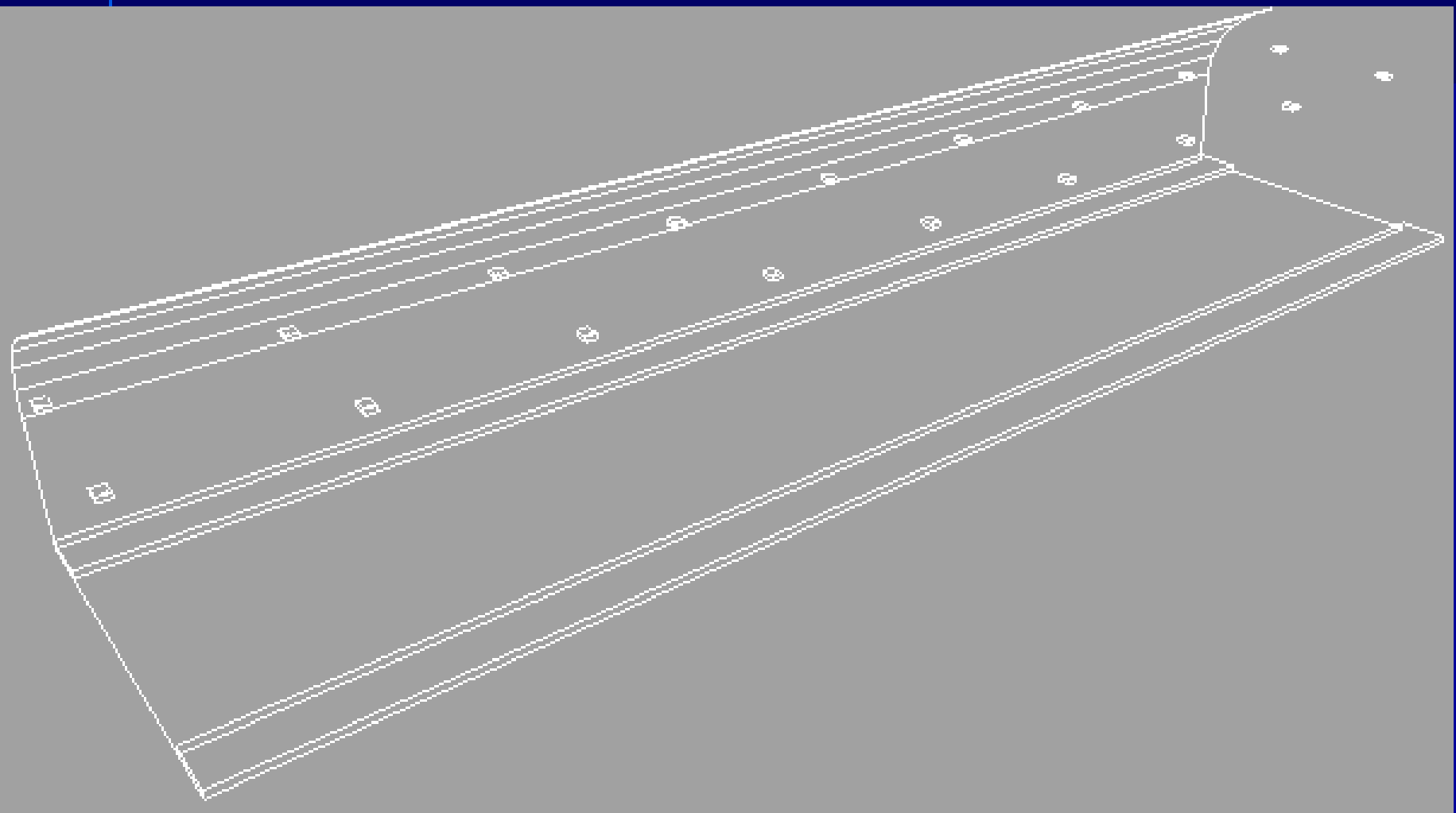
Tramo 4

- Iluminancias



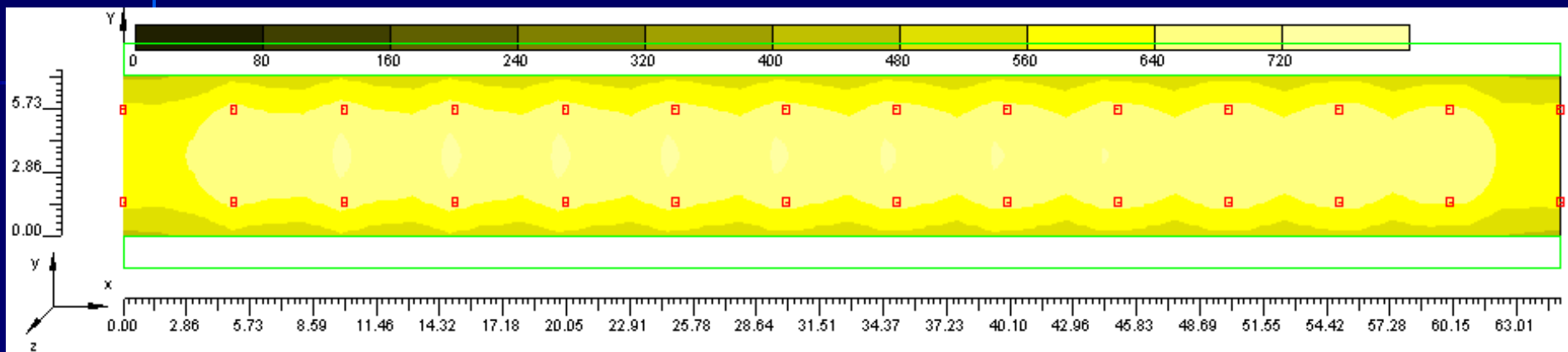
- Luminancias



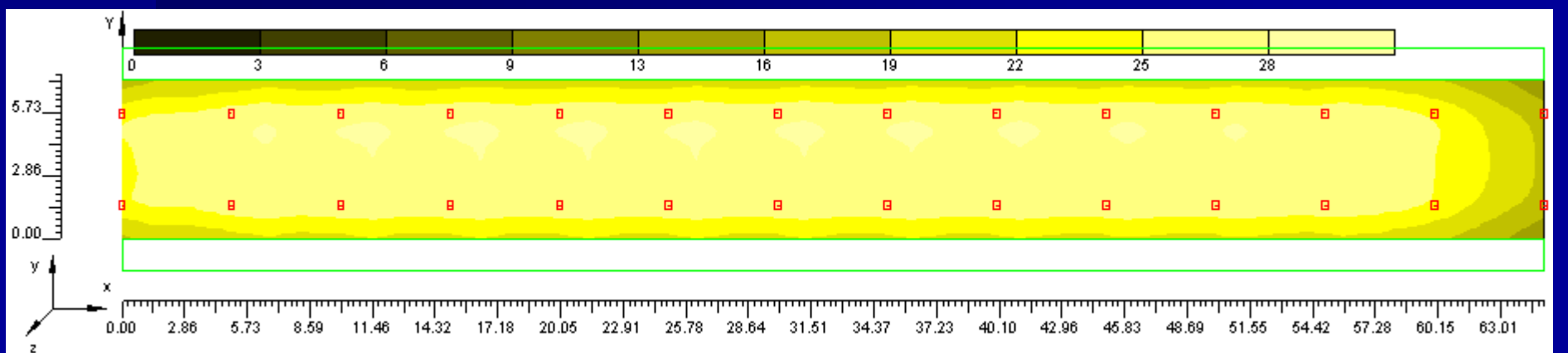


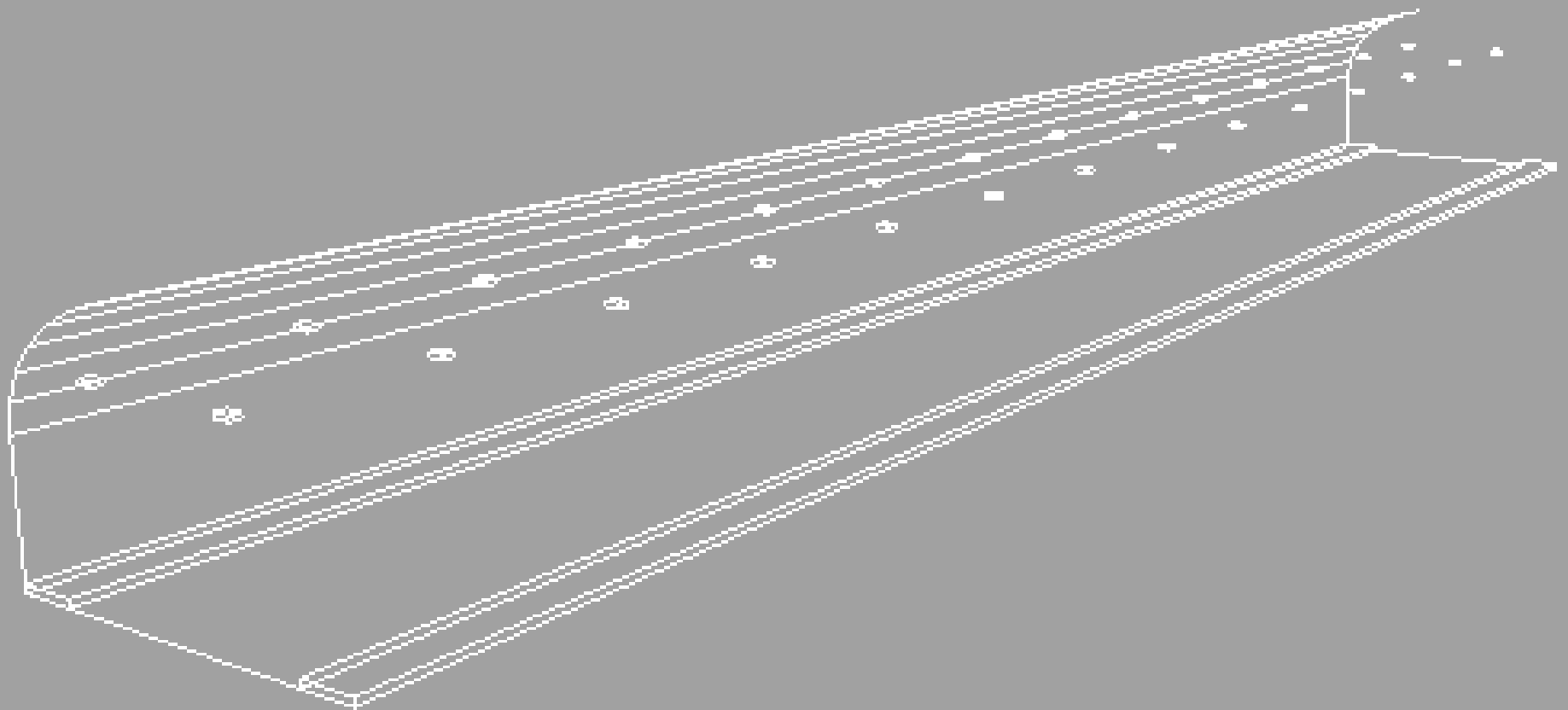
Tramo 5

- Iluminancias



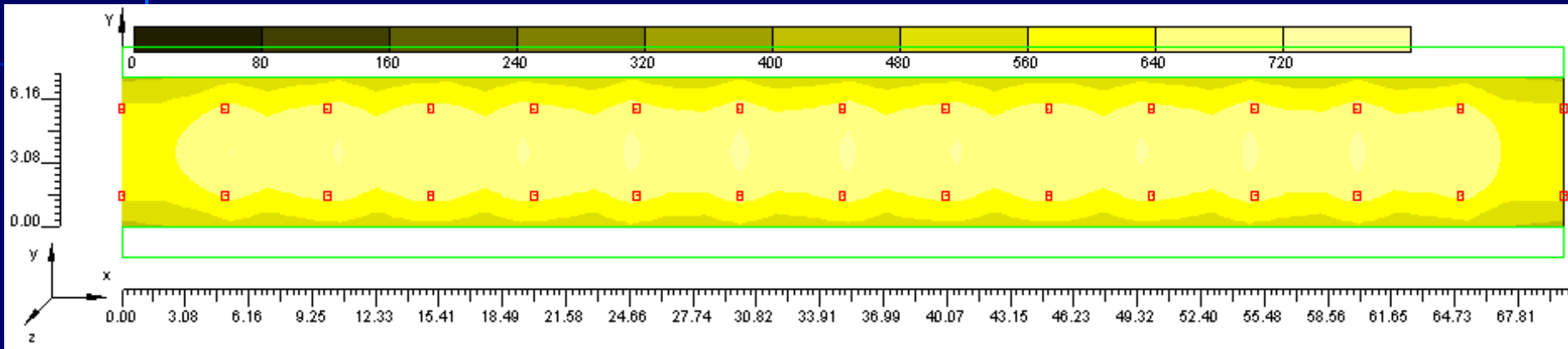
- Luminancias



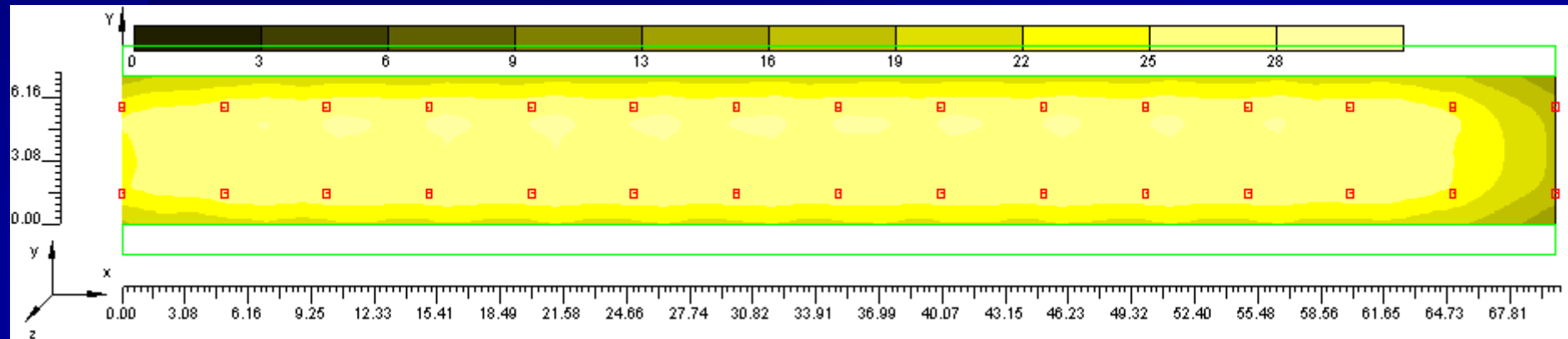


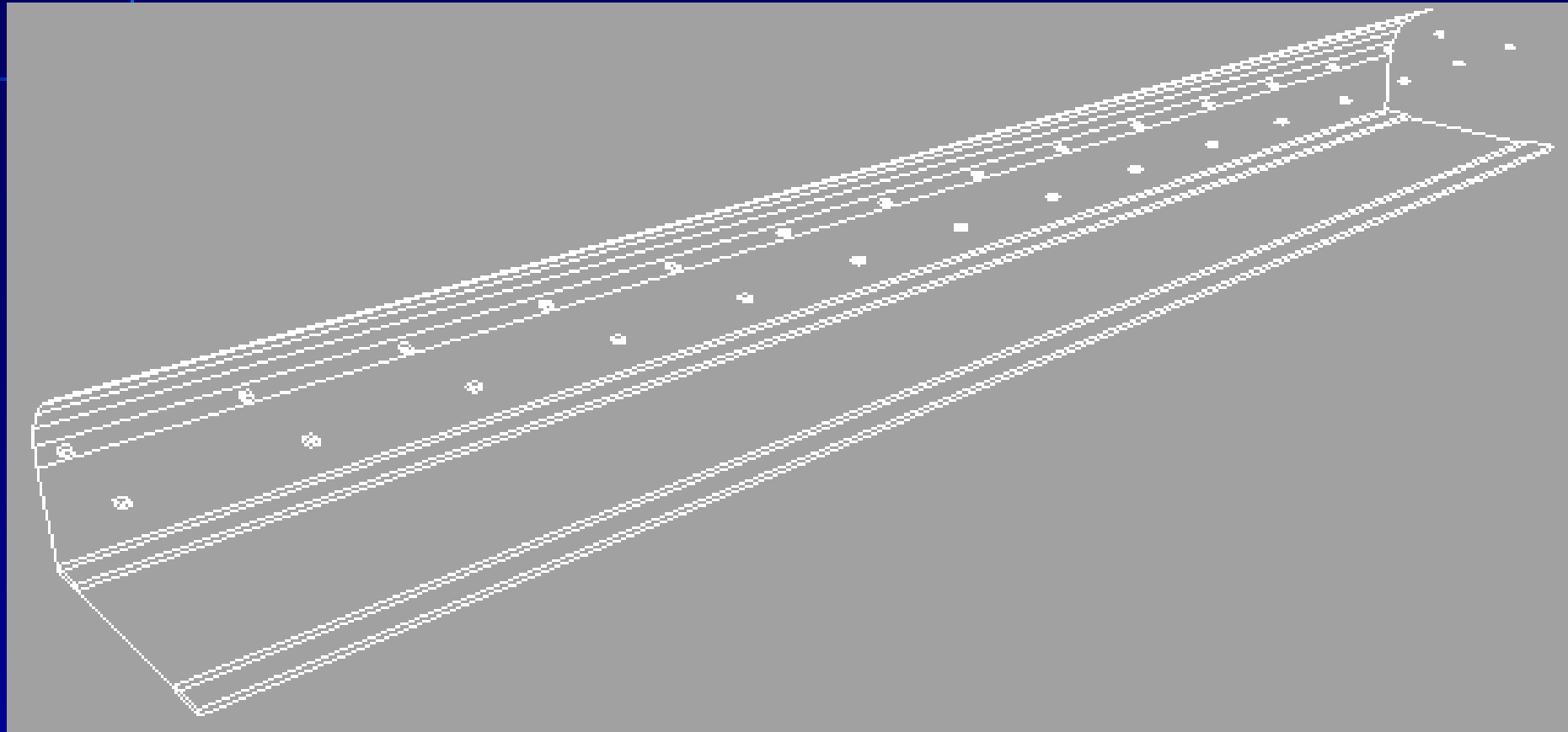
Tramo 6

- Iluminancias



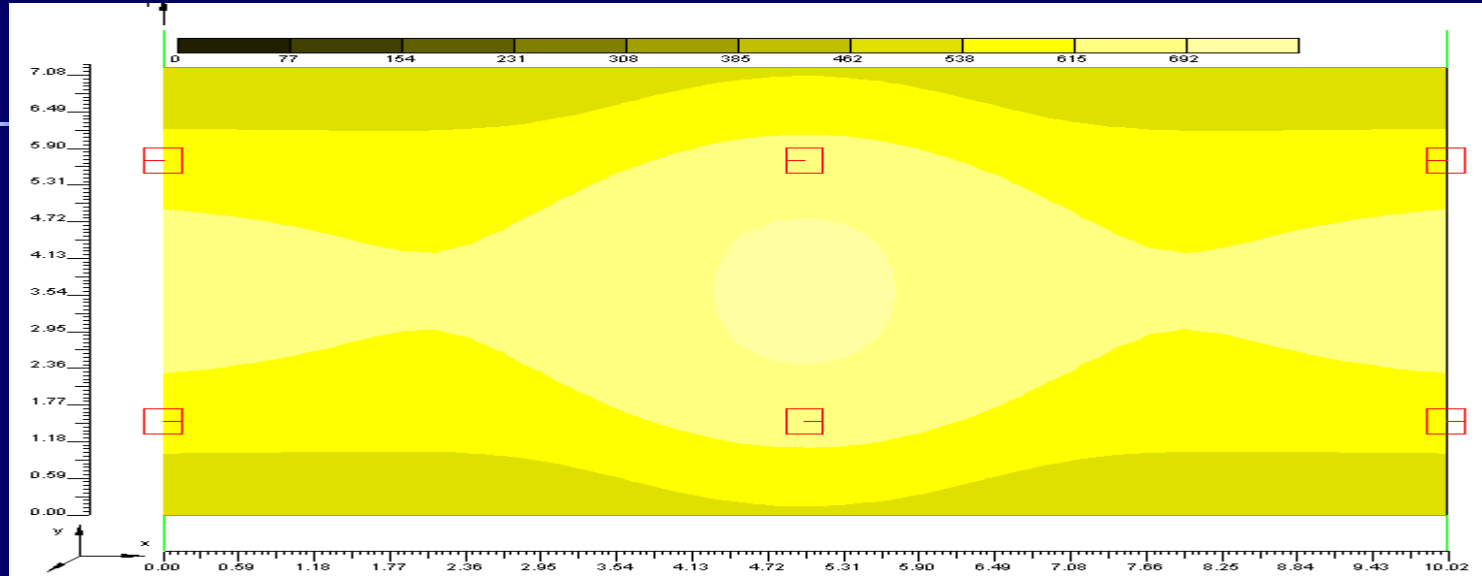
- Luminancias



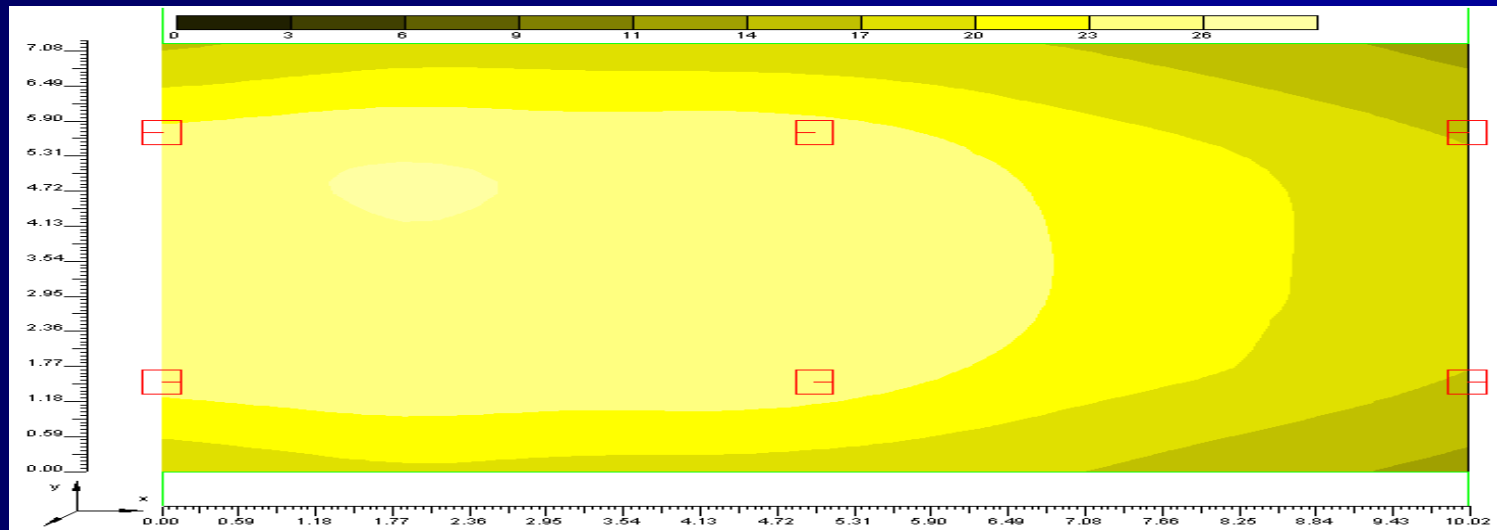


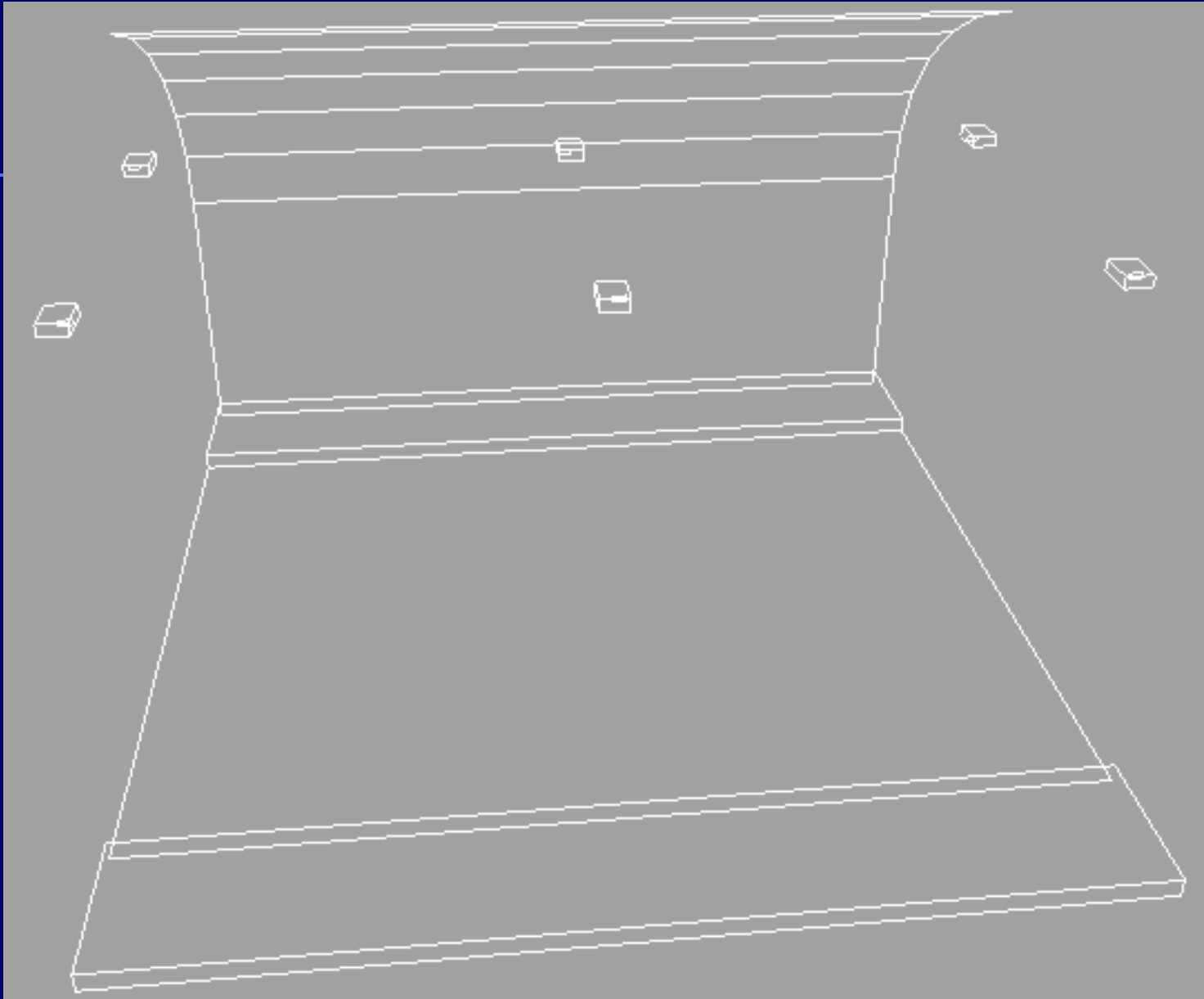
Tramo 7

- Iluminancias



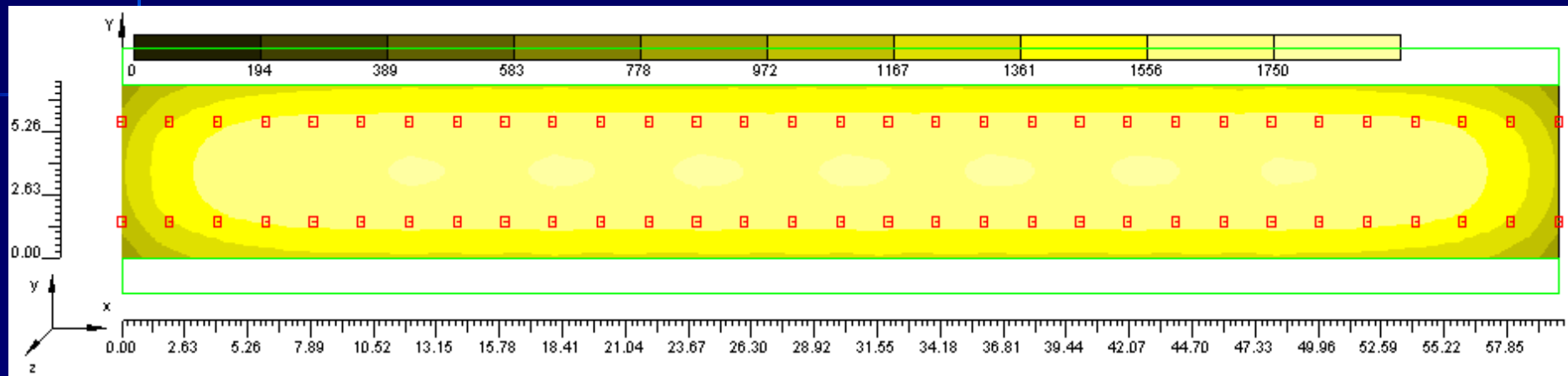
- Luminancias



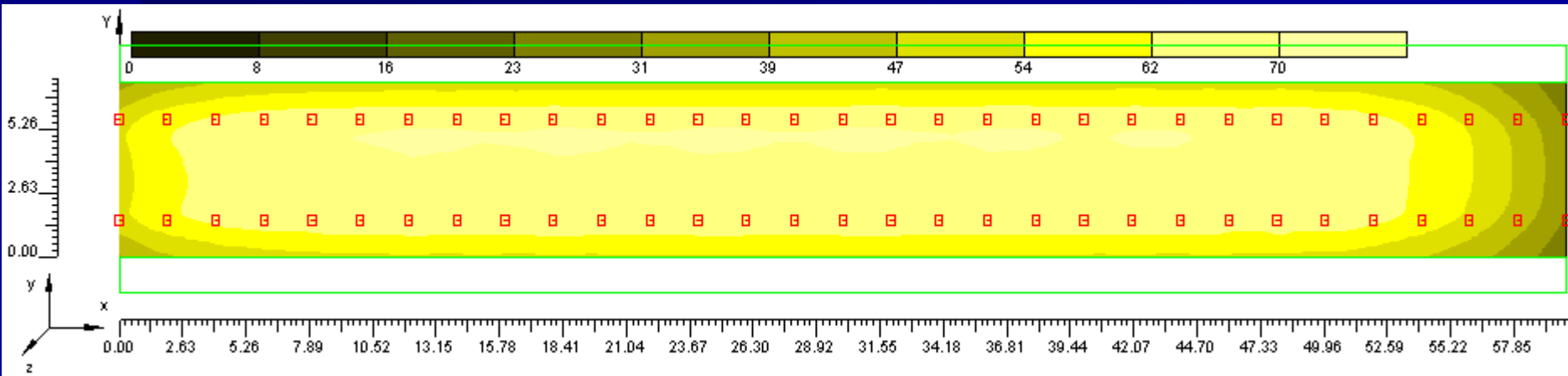


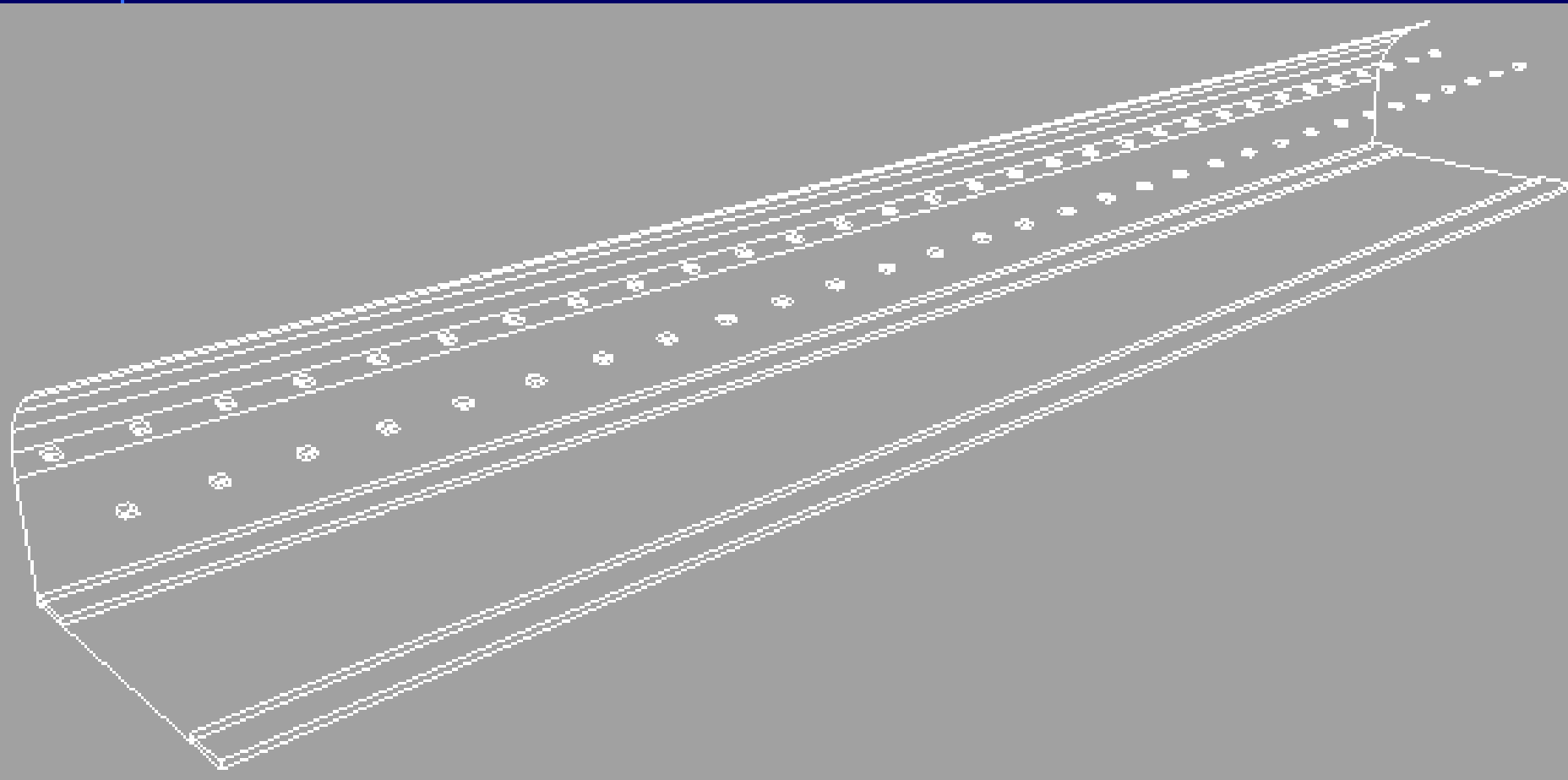
Tramo 8

- Iluminancias



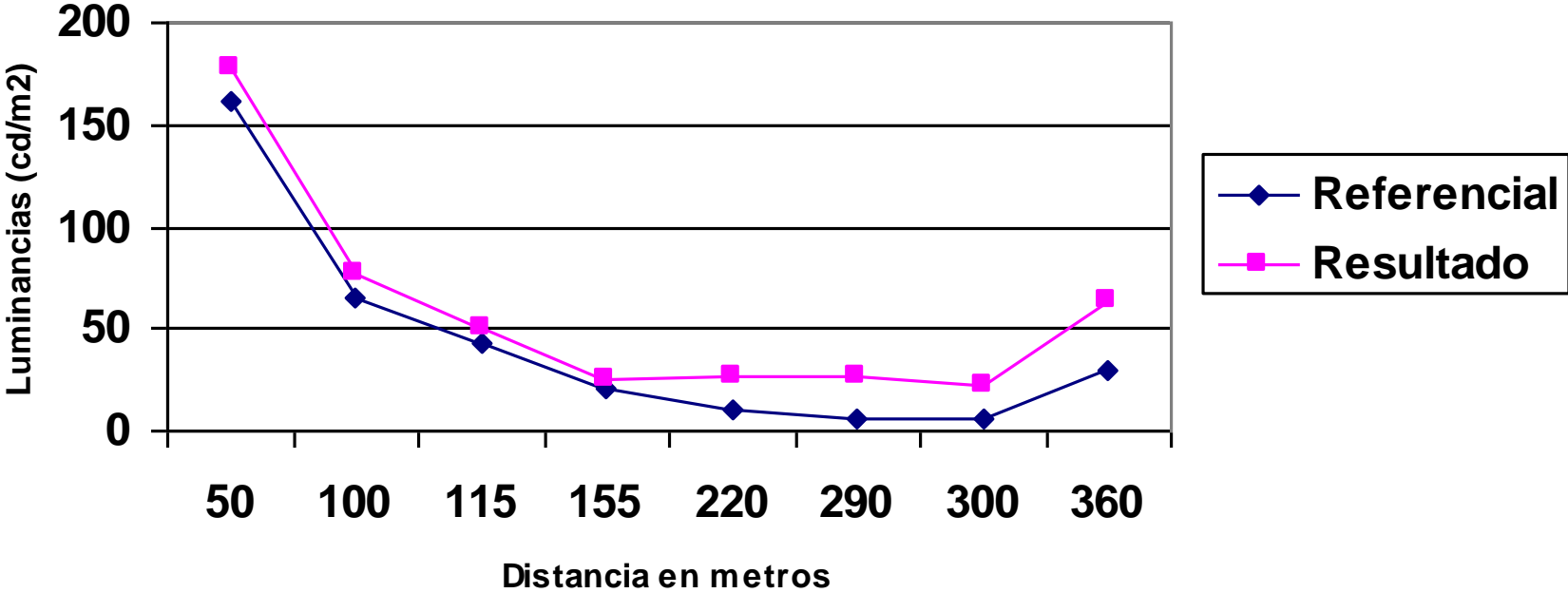
- Luminancias





	Zona Umbral		Zona de Transición				Zona interna	Zona externa
	Tramo 1	Tramo2	Tramo3	Tramo4	Tramo5	Tramo6	Tramo 7	Tramo 8
Luminancia (cd/m ²)	178	77	51	25	26	26	22	63
Iluminancia (lux)	4507	1932	1380	631	636	637	592	1567
Longitud (m)	50	50	15	40	65	70	10	60
Número de luminarias	144	64	16	18	28	30	6	62
Distancia entre luminarias	1,4	1,6	2	5	5	5	5	2
Unifomidad global (L_{min}/L_m)	0,32	0,4	0,69	0,62	0,61	0,61	0,71	0,45
Uniformidad Longitudinal	0,99	0,99	0,4	0,65	0,98	0,98	0,72	0,99
Deslumbrami Molesto	7,2	7,4	7,4	7,7	7,7	7,7	7,6	7,5
Deslumbrami perturbador	0,7	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6

Gráfico de Luminancias Referenciales vs Resultado

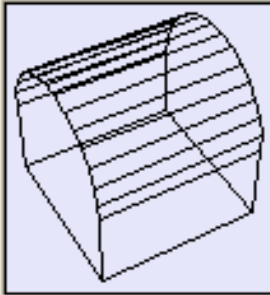


Cálculos de iluminación de noche

Túneles ✖

Tipo de Túnel

A B C D



Dimensiones

Longitud	<input type="text" value="360.00"/>	m
Altura	<input type="text" value="6.80"/>	m
Ancho Carril	<input type="text" value="3.60"/>	m
Núm.de Carriles	<input type="text" value="2"/>	
Arcén Izquierdo	<input type="text" value="1.50"/>	m
Arcén Derecho	<input type="text" value="1.50"/>	m

Luminarias

Tipo de Instalac.

Altura	<input type="text" value="5.00"/>	m
Inclinación	<input type="text" value="0.00"/>	°
Rotación	<input type="text" value="0.00"/>	°
Inclinación Lateral	<input type="text" value="0.00"/>	°
Interdistancia	<input type="text" value="15.00"/>	m
Inicio Fila	<input type="text" value="0.00"/>	m
Longitud	<input type="text" value="360.00"/>	m
Dist. Lum. - Borde Izdo.	<input type="text" value="1.50"/>	m
Dist. Lum. - Borde Dcho.	<input type="text" value="1.50"/>	m
Coef.de Mantenimiento	<input type="text" value="70"/>	%

Calzada

Dirección Única Doble Dirección de Marcha

Tabla R Factor q0 %

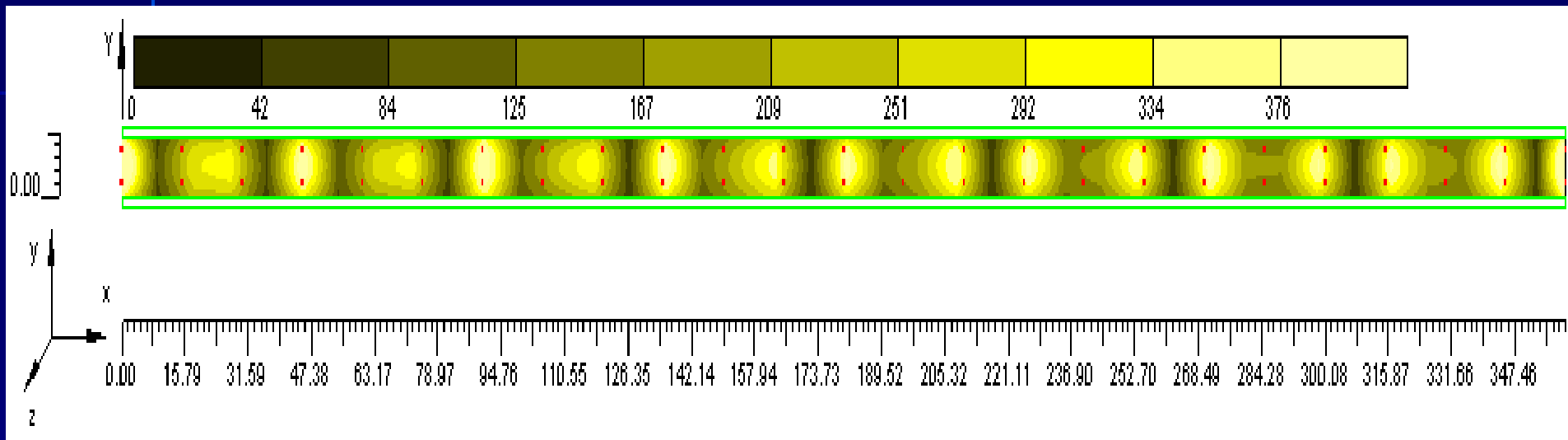
Paredes

Difusivas No Difusivas

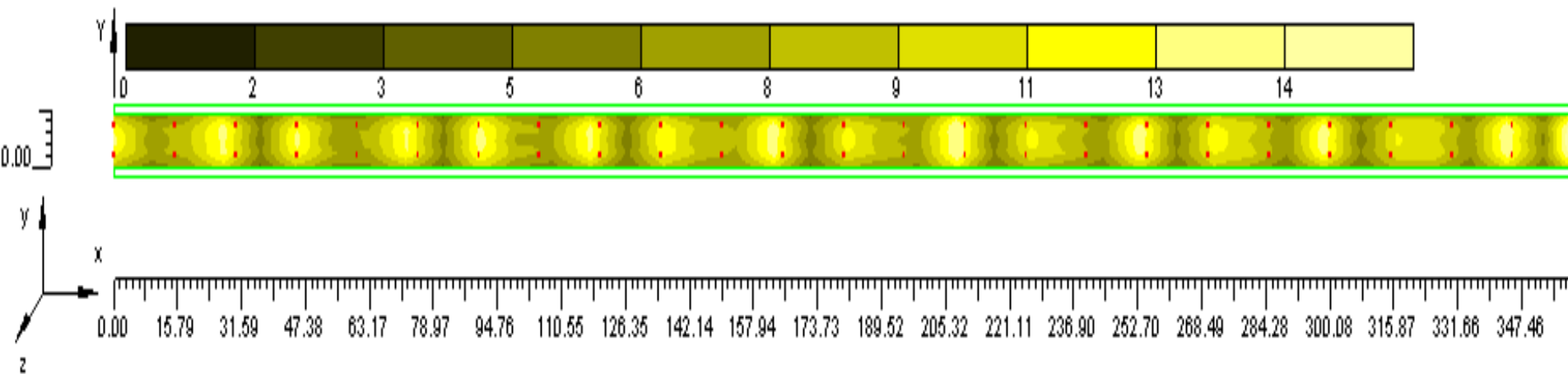
Coef.de Reflexión %

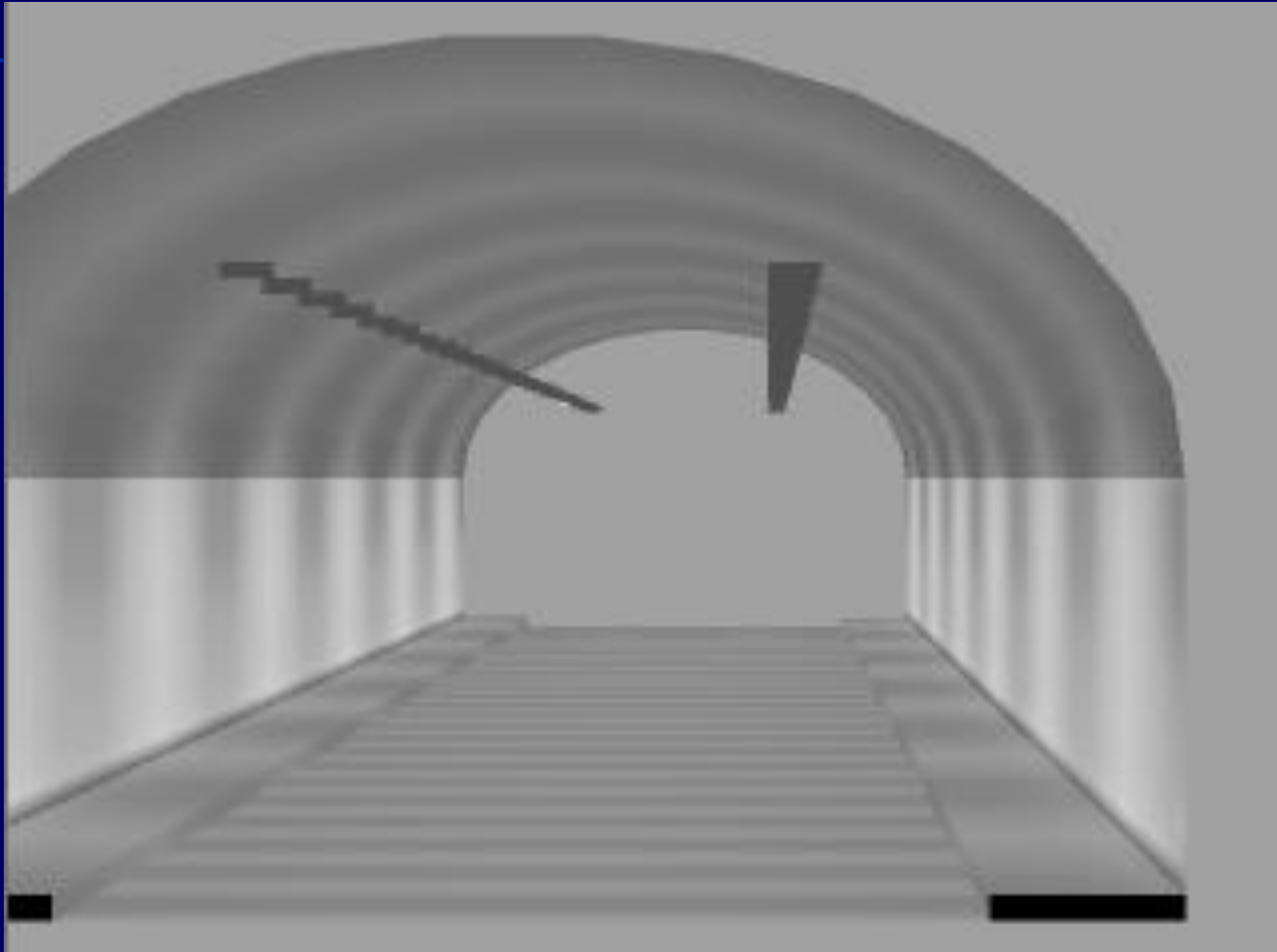
Tabla R Factor q0 %

- Iluminancias



- Luminancias





Resultados del diseño de iluminación del Túnel en la noche

Distancia entre luminarias	15
Longitud de estudio	360
Luminancia (cd/m ²)	9
Iluminancia (lux)	214
Uniformidad global (L_{\min}/L_m)	0,51
Uniformidad longitudinal	0,43
$L_{\text{camino}} (1/3 * L_{\text{int}})$ (cd/m ²)	3

Luminarias encendidas 50