

**MEDICIONES LUMINOTÉCNICAS REALIZADAS EN
CARRETERAS Y TÚNELES DE LA DEMARCACIÓN DE
CARRETERAS DEL ESTADO EN MADRID CON
ALUMBRADO VSAP Y LED**



Noviembre 2011

INDICE

1.- INTRODUCCIÓN.

2.- RESUMEN DE RESULTADOS.

3.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO VIARIO CON VSAP EN LA CARRETERA M-13 Y CON VSAP Y LED EN LA M-11.

4.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO PERMANENTE CON LED DEL TÚNEL DE LAS CALZADAS SUPERPUESTAS DE LA M-40.

5.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO CON VSAP EN EL TÚNEL DE SOMOSIERRA.

6.- FOTOGRAFÍAS.

7.- CONCLUSIONES.

1.- INTRODUCCIÓN.

En este documento se presentan los resultados obtenidos en las diversas pruebas de iluminación que se han realizado con luminarias de led en algunos tramos de la Red de Carreteras del Estado en la Demarcación de Madrid. En concreto las mediciones se han realizado para alumbrado viario en las carreteras M-11 y M-13. Para el alumbrado de túneles se han realizado las pruebas en el túnel de las calzadas superpuestas de la M-40 y en el tubo 2 de los túneles de Somosierra en la A-1.

Con estas pruebas se pretende comprobar en qué situación se encuentra actualmente la tecnología del led aplicada al alumbrado viario comparando los productos de diversos fabricantes y observar hasta qué punto se pueden bajar los niveles de iluminación manteniendo unas condiciones de comodidad y seguridad en la circulación aceptables respecto al Vapor de Sodio.

En primer lugar se presenta un cuadro resumen con datos básicos y los valores medios obtenidos.

A continuación se incluyen todos los valores medidos en cada una de las pruebas, primero del alumbrado viario, en segundo lugar para el túnel de la M-40 y por último de las mediciones en el túnel de Somosierra.

También se adjuntan algunas fotografías ilustrativas de las pruebas realizadas.

El documento finaliza con algunas conclusiones obtenidas en estas pruebas, tanto de las mediciones efectuadas, como de las sensaciones visuales percibidas.

2.- RESUMEN DE RESULTADOS.

VIARIO																													
Ctra.	Tramo		Luminaria							Long. Instalada LUMi-LUMf (m)	Nº luminarias instaladas	Pot. Total instalada en calzada derecha (M-13 izda)	Mediciones calzada derecha (M-13 en calzada izquierda)										Ratios						Observaciones
	Pki.	Pkf.	Fabricante	Tipo	Nº Led	Corriente (mA)	Tª Color (ºK)	Pot. Luminaria (W)	Pot. con equipos (W)				Iluminancias					Luminancias					w/lux	w/cd /m²	w/m²	kwh /m² /año	€ año /m²	€ año /m² /lux	
													máx (lux)	mín (lux)	media (lux)	Ug	Uo	máx (cd/m²)	mín (cd/m²)	med (cd/m²)	Lg	Lo							
M-13	2,5	1,0		VSAP	-	-	3000	400	445	160	5 CD-MD 5 CI-MD	2225	69,10	26,00	43,95	0,59	0,38						10,13		1,06	4,53	0,73	0,017	
				VSAP	Con reducción de flujo al 62%		3000		325	160	5 CD-MD 5 CI-MD	1625	40,20	14,70	24,51	0,60	0,37						13,26		0,77	3,31	0,53	0,022	
M-11	7,4	8,6		VSAP	-	-	3000	400	445	160	5 CD-MD 5 CI-MD	2225	71,60	30,40	45,45	0,67	0,42						9,79		1,06	4,53	0,73	0,016	El coste del lux para VSAP es mayor que cualquiera de las situaciones del fabricante 1
			3	Led	96	350	3500	115	123	200	5 CD-MD 5 CI-MD	615	13,10	6,10	9,06	0,67	0,47						13,58		0,23	1,00	0,16	0,018	
			4	Led		467	4300	142	157	200	5 CD-MD 5 CI-MD	785	21,90	7,00	11,06	0,63	0,32						14,20		0,30	1,28	0,20	0,019	En las mediciones se pudo dar una posible aportación de luz de sodio de la Vía de Servicio de la calzada izquierda
			5	Led	120	525	6000	213	230	200	5 CD-MD 5 CI-MD	1150	18,70	12,30	14,72	0,84	0,66						15,63		0,44	1,88	0,30	0,020	
			1 100%	Led	128	525	5500	206	226	200	5 CD-MD 5 CI-MD	1130	31,20	11,70	21,24	0,55	0,38						10,64		0,43	1,84	0,29	0,014	
			1 60%	Led	128	525	5500		124	200	5 CD-MD 5 CI-MD	620	19,70	7,30	13,34	0,55	0,37						9,30		0,24	1,01	0,16	0,012	Al reducir al 60% la eficacia es mayor que al 100% (lux más económico)
			1 nueva generación	Led	128	525	5600	201	212	200	5 CD-MD 5 CI-MD	1060	37,50	11,70	23,56	0,50	0,31	2,80	0,40	1,29	0,31		9,00	164,34	0,40	1,73	0,28	0,012	La eficacia es la misma que la de la antigua generación al 60%
TÚNEL																													
Ctra.	Tramo		Luminaria							Long. Instalada LUMi-LUMf (m)	Nº luminarias instaladas	Pot. Total instalada	Mediciones calzada derecha										Ratios						Observaciones
	Pki.	Pkf.	Fabricante	Tipo	Nº Led	Corriente (mA)	Tª Color (ºK)	Pot. Luminaria (W)	Pot. con equipos (W)				Iluminancias					Luminancias					w/lux	w/cd /m²	w/m²	kwh /m² /año	€ año /m²	€ año /m² /lux	
													máx (lux)	mín (lux)	media (lux)	Ug	Uo	máx (cd/m²)	mín (cd/m²)	med (cd/m²)	Lg	Lo							
M-40	49,0	49,5	1 100%	Led	64	500	5500	99	112	104	14 MD 14 MI	3136	150,00	52,00	104,29	0,50	0,35	15,80	2,30	8,19	0,28	0,15	1,07	13,68	1,95	17,06	2,73	0,026	
			1 60%	Led	64	500	5500		74,2	104	14 MD 14 MI	2077,6	125,50	43,60	85,67	0,51	0,35	12,70	2,00	6,95	0,29	0,16	0,87	10,68	1,29	11,30	1,81	0,021	
			1 30%	Led	64	500	5500		33,6	104	14 MD 14 MI	940,8	59,20	20,50	41,22	0,50	0,35	5,70	0,60	3,06	0,20	0,11	0,82	10,98	0,58	5,12	0,82	0,020	Debe haber algún error en las mediciones de luminancias porque Lg y Lo deberían ser iguales que al 100% y al 60%
			2 1ª medición 100%	Led	36	700	5500	88	98	88	12 MD 12 MI	2352	100,70	39,00	68,05	0,57	0,39	9,57	1,03	5,07	0,20	0,11	1,44	19,33	1,70	14,93	2,39	0,035	En esta primera medición los proyectores no estaban correctamente colocados
			2 1ª medición 60%	Led	36	700	5500		58,8	88	12 MD 12 MI	1411,2	70,40	28,50	45,50	0,63	0,40	6,88	0,64	3,36	0,19	0,09	1,29	17,50	1,02	8,96	1,43	0,032	
			2 1ª medición 30%	Led	36	700	5500		29,4	88	12 MD 12 MI	705,6	36,40	15,30	24,63	0,62	0,42	3,70	0,34	1,77	0,19	0,09	1,19	16,61	0,51	4,48	0,72	0,029	
			2 2ª medición 100%	Led	36	700	5500	88	98	88	12 MD 12 MI	2352	115,50	39,70	75,57	0,53	0,34	10,30	1,50	5,43	0,28	0,15	1,30	18,05	1,70	14,93	2,39	0,032	Se repitió la medición con los proyectores bien colocados
			2 2ª medición 60%	Led	36	700	5500			88	12 MD 12 MI	0																	
			2 2ª medición 30%	Led	36	700	5500			88	12 MD 12 MI	0																	
			3 100%	Led	70	500	4000		113	108	13 MD 13 MI	2938	104,00	33,10	64,11	0,52	0,32	14,80	1,20	7,07	0,17	0,08	1,76	15,98	1,74	15,23	2,44	0,038	Las luminarias estaban situadas en un tramo con alineación curva en planta. Las curvas de regulación del fabricante 3 no estaban correctamente calibradas y las reducciones que anunciaban no respondían a las reales. Por tanto no se realizaron mediciones completas con reducción. Había luces de emergencia en los paramentos del túnel junto a los dos extremos de la zona de medición, en el lado del carril 1. Algunas luminarias no estaban instaladas con la inclinación correcta.
			3 60%	Led	70	500	4000			108	13 MD 13 MI	0																	
			3 30%	Led	70	500	4000			108	13 MD 13 MI	0																	
			4	Led	72	350	6000		90	135	16 MD 16 MI	2880	117,60	20,20	72,61	0,28	0,17	12,80	1,70	6,18	0,28	0,13	1,24	14,56	1,35	11,86	1,90	0,026	Las luminarias estaban situadas en un tramo con alineación curva en planta.Había luces de emergencia en los paramentos del túnel junto a los dos extremos de la zona de medición, en el lado del carril 1.
A-1	92,6	92,7		VSAP	-	-	3000	92- 400 11-150		70	51 MD 52 MI	42295	1660	830	1342	0,62	0,5	63,5	19,3	35,44	0,54	0,30	0,31	11,57	54,67			Las mediciones se realizaron en la boca norte del tubo 2, es decir, de la calzada izquierda, con todo el alumbrado encendido	

**3.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO VIARIO
CON VSAP EN LA CARRETERA M-13
Y CON VSAP Y LED EN LA M-11.**

INSTALACIÓN ACTUAL

M-13

SIN REDUCTOR DE FLUJO

01/07/2011

FABRICANTE	VSAP
REFERENCIA . LUMINARIA	
POTENCIA (LEDS) (VA)	400
POTENCIA ALIMENT (VA)	45
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	445
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	4000
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	3000
ALIMENTACION (mA)	NO
NUMERO DE LEDS	NO

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	69,1	43,4	26	37,3	67,5
C	62,06	44,4	31,9	40,5	64,5
D	47,9	37,9	30,9	31,9	46

40 M.	Iluminancia media (Em)	42,55	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	71,6	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	30,4	LUX
	Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,71	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,42	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	69,1	58,2	43,4	30,3	26	30,3	37,3	52,9	67,5
C	62,06	57,8	44,4	35,6	31,9	35,6	40,5	51,5	64,5
D	47,9	48,4	37,9	34,95	30,9	32,4	31,9	37,4	46

40 M.	Iluminancia media (Em)	43,95	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	69,1	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	26	LUX
	Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,59	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,38	

FABRICANTE	VSAP
REFERENCIA . LUMINARIA	
POTENCIA (LEDS) (VA)	400
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	45
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	325
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	4000
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	3000
ALIMENTACION (mA)	NO
NUMERO DE LEDS	NO

INSTALACIÓN ACTUAL

M-13

CON REDUCTOR DE FLUJO

01/07/2011

reducc. Potencia 38 %

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	40,2	21,3	14,7	20,6	38,6
C	37,7	23,6	18	22,9	37,4
D	27,2	19,8	18,1	18,5	27,5

40 M.	Iluminancia media (Em)	24,00	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	71,6	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	30,4	LUX
	Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	1,27	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,42	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	40,2	32,2	21,3	17	14,7	16,8	20,6	32,1	38,6
C	37,7	32,4	23,6	20,1	18	19,8	22,9	22,9	37,4
D	27,2	25,6	19,8	19,3	18,1	19	18,5	18,5	27,5

40 M.	Iluminancia media (Em)	24,51	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	40,2	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	14,7	LUX
	Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,60	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,37	

Representa una reducción de la iluminancia del 44,2 %

INSTALACIÓN ACTUAL

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	VSAP
REFERENCIA . LUMINARIA	
POTENCIA (LEDS) (VA)	400
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	45
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	445
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	4000
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	3000
ALIMENTACION (mA)	NO
NUMERO DE LEDS	NO

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	67,4	46,5	34	42,1	71,6
C	56	42,5	35,4	49,2	60
D	38	32,5	31,7	30,4	40,15

40 M.	Iluminancia media (Em)	43,04	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	71,6	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	30,4	LUX
	Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,71	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,42	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	67,4	59,3	46,5	38,2	34	37	42,1	58,4	71,6
C	56	55,2	42,5	39,2	35,4	49,2	49,2	58,4	60
D	38	39,1	32,5	32,9	31,7	30,4	30,4	52,5	40,15

40 M.	Iluminancia media (Em)	45,45	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	71,6	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	30,4	LUX
	Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,67	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,42	

Fabricante 3

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	3
REFERENCIA . LUMINARIA	2-96LED/9601EB
POTENCIA (lamp) (VA)	96 LD -115 W
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	126 W. (3 CANALES -SE)
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	123
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	6768
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	3500
ALIMENTACION (mA)	350
NUMERO DE LEDS	96 -CREE XP-E

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	13,1	9,1	7,0	9,1	13,1
C	13,1	9,1	7,0	9,3	13,1
D	8,9	6,9	6,1	6,9	8,9

50 M.

Iluminancia media (Em)	8,89	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	13,1	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	6,1	LUX
Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,69	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,47	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	13,1	11,0	9,1	7,6	7,0	7,5	9,1	11,0	13,1
C	13,1	11,4	9,1	7,7	7,0	7,9	9,3	11,4	13,1
D	8,9	8,0	6,9	6,3	6,1	6,1	6,9	8,0	8,9

50 M.

Iluminancia media (Em)	9,06	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	13,1	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	6,1	LUX
Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,67	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,47	

Fabricante 4

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	4
REFERENCIA . LUMINARIA	ERMC2A3F60A1GRAYC
POTENCIA (LEDS) (VA)	
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	157
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	9600
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	6000
ALIMENTACION (mA)	
NUMERO DE LEDS	

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	20,8	9,8	7,0	8,8	21,9
C	21,6	11,0	7,7	10,6	20,8
D	14,5	9,0	7,0	9,6	14,5

50 M.

Iluminancia media (Em)	11,67	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	21,90	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	7,00	LUX
Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,60	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,32	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	20,8	11,0	9,8	7,6	7,0	7,5	8,8	11,0	21,9
C	21,6	11,4	11,0	7,7	7,7	7,9	10,6	11,4	20,8
D	14,5	8,0	9,0	6,3	7,0	6,1	9,6	8,0	14,5

50 M.

Iluminancia media (Em)	11,06	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	21,90	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	7,00	LUX
Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,63	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,32	

Fabricante 5

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	5
REFERENCIA . LUMINARIA	LW
POTENCIA (LEDS) (VA)	
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	230
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	19995
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	6000
ALIMENTACION (mA)	525
NUMERO DE LEDS	120

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	12,4	14,7	12,2	15,5	12,3
C	13,6	16,6	14,9	15,3	13,4
D	16,1	16,6	18,7	16,2	14,3

50 M.

Iluminancia media (Em)	15,60	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	18,70	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	12,30	LUX
Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,79	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,66	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	12,4	12,0	14,7	12,8	12,2	13,4	15,5	12,0	12,3
C	13,6	12,5	16,6	16,8	14,9	16,5	15,3	11,6	13,4
D	16,1	15,4	16,6	19,3	18,7	17,9	16,2	14,4	14,3

50 M.

Iluminancia media (Em)	14,72	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	18,70	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	12,30	LUX
Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,84	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,66	

Fabricante 1

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	1
REFERENCIA . LUMINARIA	SS
POTENCIA (LEDS) (VA)	206
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	20
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	226
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	18944
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	5600
ALIMENTACION (mA)	525
NUMERO DE LEDS	128

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	31,2	16,9	11,7	18,9	30,8
C	28,8	19,9	14,4	19,7	28,6
D	24,9	21,6	16,9	19,7	24,9

50 M.

Iluminancia media (Em)	20,75	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	31,20	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	11,70	LUX
Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,56	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,38	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	31,2	25,2	16,9	12,9	11,7	13,9	18,9	26,9	30,8
C	28,8	25,9	19,9	15,9	14,4	15,8	19,7	25,2	28,6
D	24,9	24,5	21,6	18,6	16,9	17,3	19,7	22,4	24,9

50 M.

Iluminancia media (Em)	21,24	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	31,20	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	11,70	LUX
Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,55	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,38	

NOTA : Se realizarón varias mediciones con lumináncimetro a pesar de que la calzada se encontraba ligeramente mojada, resultando unos valores en el eje del carril central de 0,9-1,2 cd/m2

Fab 1 - REDUCCIÓN AL 60 %

M-11

19/02/2011

FABRICANTE	1	
REFERENCIA . LUMINARIA	SS	
POTENCIA (LEDS) (VA)	206	
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	20	
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	124	FUN. 60 %
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	11366	FUN. 60 %
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	5600	
ALIMENTACION (mA)	525	
NUMERO DE LEDS	128	

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)

	1	2	3	4	5
B	19,7	10,7	7,3	11,9	18,8
C	17,9	12,4	9,3	12,4	17,9
D	15,7	13,4	10,8	12,4	15,7

50 M.

Iluminancia media (Em)	13,03	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	19,70	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	7,30	LUX
Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,56	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,37	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)

	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	19,7	15,6	10,7	8,3	7,3	8,8	11,9	16,9	18,8
C	17,9	16,2	12,4	10,2	9,3	10,1	12,4	15,7	17,9
D	15,7	15,3	13,4	11,8	10,8	10,9	12,4	14,0	15,7

50 M.

Iluminancia media (Em)	13,34	LUX
Valor máximo iluminancia (Emax)	19,70	LUX
Valor mínimo iluminancia (Emin)	7,30	LUX
Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,55	
Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,37	

Fabricante 1

M-11

21/06/2011

FABRICANTE	1
REFERENCIA . LUMINARIA	SS
POTENCIA (LEDS) (VA)	201
POTENCIA ALIMENT (driver) . (VA)	20
POTENCIA LEDS + EQUIP ALIM. (VA)	212
FLUJO LUMINOSO (lumenes)	18944?
TEMPERATURA DE COLOR (° K)	5600
ALIMENTACION (mA)	525
NUMERO DE LEDS	128

MEDICION LUMINANCIAS

(A) METODO SIMPLIFICADO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIA (METODO "9" PUNTOS . Apart. 4.3 Reglamento Eficiencia Energética)									
	1	2	3	4	5		1	3	5
B	37,5	18,0	11,7	20,0	37,2		0,4	0,5	0,7
C	31,5	19,4	14,2	20,2	32,5		0,7	0,9	1,3
D	30,7	22,9	19,0	23,7	31,3		2,1	2,8	2,2

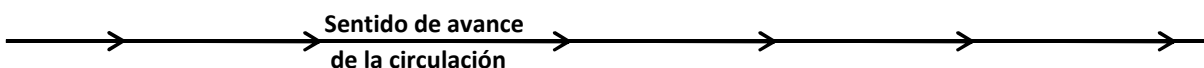
50 M.	Iluminancia media (Em)	22,80	LUX
	Valor máximo iluminancia (Emax)	31,20	LUX
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	11,70	LUX
	Uniformidad media (Um) (Emin/Em)	0,51	
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,38	

(B) METODO DE LA MEDIDA DE ILUMINANCIAS (27 PUNTOS DE MEDIDA)									
	1	1.1	2	2.2	3	3.1	4	4.1	5
B	37,5	28,8	18,0	12,1	11,7	13,6	20,0	30,9	37,2
C	31,5	25,9	19,4	15,1	14,2	16,1	20,2	27,7	32,5
D	30,7	27,9	22,9	19,5	19,0	20,3	23,7	28,5	31,3

50 M.	Iluminancia media (Em)	23,56	LUX	Lm	1,29	cd/m2	
	Valor máximo iluminancia (Emax)	37,50	LUX	Lmax	2,8	cd/m2	
	Valor mínimo iluminancia (Emin)	11,70	LUX	Lmin	0,4	cd/m2	
	Uniformidad media (Um) (Umin/Um)	0,50		Lm/Lm	0,31		no considerar
	Uniformidad general (Ug) (Emin/Emax)	0,31		Lmim/Lmax	0,14		no considerar

4.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO PERMANENTE CON LED DEL TÚNEL DE LAS CALZADAS SUPERPUESTAS DE LA M-40.

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	72	60	74	64	74	
CENTRO CARRIL 4	136	116	145	127	148	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	140,5	126	150	133	150	
CENTRO CARRIL 3	99	95	103	95	104	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	75	80	83,5	85	86	0,499
CENTRO CARRIL 2	89	102	97	103	97	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	114	140	125	148	130	0,347
CENTRO CARRIL 1	104	135	118	140	125	E med
LÍNEA DE ARCEN	52	67	56	70	60	104,29



Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	13,4	13,6	13,3	13,2	13,5	13,4
	C3	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,4
	C2	5,2	5,6	6	5,5	5,8	5,62
	C1	6,1	7,6	7,4	7,6	7,5	7,24
CENTRO CARRIL 3	C4	11,6	11,6	12,2	13,3	13,6	12,46
	C3	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	C2	3,4	4,1	4	3,9	4,1	3,9
	C1	9,8	10,1	10,7	11,7	12,6	10,98
CENTRO CARRIL 2	C4	9,6	8,5	10,6	11	12	10,34
	C3	3,8	4,4	4	3,6	3,8	3,92
	C2	2,9	3	3,1	3,1	3,2	3,06
	C1	12,7	13,8	13,9	14,3	15,8	14,1
CENTRO CARRIL 1	C4	9,3	9	10	10,6	10	9,78
	C3	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
	C2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
	C1	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Lmed							8,19

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	50,6	43,6	59,7	52,2	58,5	
CENTRO CARRIL 4	109,6	95,5	119,7	104,5	121,6	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	115,8	104	123,2	111,1	125,5	
CENTRO CARRIL 3	81,5	77,7	85,3	81,2	86,7	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	63,1	65,7	69	69,3	70,6	0,509
CENTRO CARRIL 2	72,7	82,3	81,2	85,5	83,5	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	89,6	115,6	102,6	122,2	110,6	0,347
CENTRO CARRIL 1	87,5	112,3	97,6	116,7	102,2	E med
LÍNEA DE ARCEN	39,9	55	46,2	57,8	48,8	85,67


Fabr 1 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 60%
15/07/2011 0:41-1:13

TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	10,5	11,1	11,1	11,1	11,6	11,08
	C3	2	2	2	2	2	2
	C2	3,9	3,7	3,6	3,4	3,9	3,7
	C1	3,2	6,2	6,9	7,6	6,6	6,1
CENTRO CARRIL 3	C4	8,4	8,9	9,8	10,8	11,2	9,82
	C3	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,16
	C2	2,4	2,7	2,7	2,7	2,8	2,66
	C1	8,5	8,9	9,1	9,3	9,9	9,14
CENTRO CARRIL 2	C4	6,6	7,5	8,2	8,5	9	7,96
	C3	3	2,8	2,8	2,7	2,7	2,8
	C2	2,4	2,3	2,4	2,4	2,4	2,38
	C1	9,3	10,6	10,8	11,4	12	10,82
CENTRO CARRIL 1	C4	6,6	6	6,4	7,4	7	6,68
	C3	3,7	3,6	4,2	4,4	4,5	4,08
	C2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,5
	C1	11,9	12,2	11,8	12,2	12,7	12,16
							Lmed 6,945

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	27,2	23,8	29,4	25,1	27,6	
CENTRO CARRIL 4	54,3	47,1	59	50	57,5	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	54,4	49,6	57,6	52,8	59,2	
CENTRO CARRIL 3	37,8	37,5	39,5	38,8	41	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	30,9	31,8	33	33,5	33,7	0,497
CENTRO CARRIL 2	36,4	40	40,2	41,2	40,1	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	45	55,5	51	58,4	52,1	0,346
CENTRO CARRIL 1	42,3	54,2	45,5	55,6	49	E med
LÍNEA DE ARCEN	19,5	26,7	20,5	27,1	22,7	41,22



Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	4,7	4,8	5	5	5,3	4,96
	C3	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7
	C2	2	1,6	1,9	1,6	1,7	1,76
	C1	3,3	3,2	3,3	3,4	3,4	3,32
CENTRO CARRIL 3	C4	4,1	4	4,5	4,8	4,9	4,46
	C3	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,88
	C2	1,1	1,1	1,2	1,1	1	1,1
	C1	3,3	3,6	3,8	4,1	4,3	3,82
CENTRO CARRIL 2	C4	3,2	3,5	3,7	4,2	4,1	3,74
	C3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	C2	1	0,9	0,9	0,9	1	0,94
	C1	4,8	4,8	4,9	5,1	5,5	5,02
CENTRO CARRIL 1	C4	2,2	2,9	2,2	3,2	2,5	2,6
	C3	1,6	1,6	1,6	1,4	1,5	1,54
	C2	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,76
	C1	5,2	5,1	5,6	5,6	5,7	5,44
						Lmed	3,055

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	68,5	105,8	69,6	100,6	69,5	
CENTRO CARRIL 4	64,5	84,4	64,4	82,3	63,6	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	51	63,5	48,8	62,7	48,2	
CENTRO CARRIL 3	42,5	46,1	41	40,2	39	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	47,5	42,5	47,8	43,5	45,8	0,573
CENTRO CARRIL 2	71	50	65,8	50	67,1	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	86,2	64,8	87,2	66,8	87,2	0,387
CENTRO CARRIL 1	101,2	71,5	100,4	67,6	100,7	E med
LÍNEA DE ARCEN	100,3	76	94,4	72	98,8	68,05



Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	7,57	6,7	7,5	7,82	7,71	7,46
	C3	1,05	1,03	1,04	1,06	1,12	1,06
	C2	6,05	6,74	5,27	4,58	4,73	5,474
	C1	4,69	4,97	4,42	5,84	5,21	5,026
CENTRO CARRIL 3	C4	8,9	9,38	9,2	8,85	8,14	8,894
	C3	1,15	1,16	1,15	1,14	1,16	1,152
	C2	3,77	3,78	3,81	3,88	3,51	3,75
	C1	5,17	5,06	5,61	6,01	6,45	5,66
CENTRO CARRIL 2	C4	9,22	9,57	9,13	9,25	8,51	9,136
	C3	1,49	1,54	1,35	1,65	1,54	1,514
	C2	3,27	2,67	3,13	3,31	3,07	3,09
	C1	6,54	6,98	6,3	6,18	6,2	6,44
CENTRO CARRIL 1	C4	9,38	8,48	8,99	9,23	8,7	8,956
	C3	1,7	1,75	1,94	1,8	1,9	1,818
	C2	2,31	2,55	2,53	2,48	2,9	2,554
	C1	8,5	8,64	8,63	8,65	8,48	8,58
						Lmed	5,0705

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

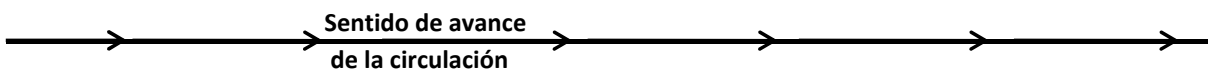
	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	45,3	70,4	46,5	66,4	46,5	
CENTRO CARRIL 4	43	56,4	43,3	55,2	42,6	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	33,2	43,2	32,3	41,2	32,4	
CENTRO CARRIL 3	28,5	30,8	27,3	26,8	26,2	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	32	28,5	32,7	28,8	30,7	0,626
CENTRO CARRIL 2	48	33,2	44,3	33,1	45,2	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	57,7	43,3	58,7	44,5	58,5	0,405
CENTRO CARRIL 1	67,8	48,1	67,4	44,2	67,7	E med
LÍNEA DE ARCEN	68,1	51,3	62,7	47,2	66,3	45,50


Fabr 2 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 60%
22/07/2011
1:23-1:38
TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	4,87	5,07	4,6	5,16	4,98	4,936
	C3	0,71	0,65	0,69	0,64	0,7	0,678
	C2	3,63	3,01	2,65	2,74	2,81	2,968
	C1	2,54	3,74	3,51	3,35	3,96	3,42
CENTRO CARRIL 3	C4	6,43	6,09	6,25	5,65	5,54	5,992
	C3	0,74	0,78	0,75	0,73	0,74	0,748
	C2	2,54	2,53	2,2	2,59	2,68	2,508
	C1	3,46	3,6	3,85	4,03	4,28	3,844
CENTRO CARRIL 2	C4	6,66	6,88	6,31	6,15	5,88	6,376
	C3	0,89	0,95	0,86	0,94	0,92	0,912
	C2	1,93	2,24	1,97	2,09	1,92	2,03
	C1	4,78	4,08	4,36	4,3	4,64	4,432
CENTRO CARRIL 1	C4	6,1	5,6	6,27	5,59	5,85	5,882
	C3	1,96	1,05	0,87	0,88	1,14	1,18
	C2	1,72	1,93	1,07	1,72	1,76	1,64
	C1	5,69	5,8	6,17	5,57	5,38	5,722
Lmed							3,359

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	24,4	38	25,2	35,8	25	
CENTRO CARRIL 4	23	30,2	23,4	29,7	22,8	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	18,4	33	17,4	22	17,4	
CENTRO CARRIL 3	15,4	16,6	14,7	14,3	14,2	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	17,2	15,3	17,4	15,7	16,5	0,621
CENTRO CARRIL 2	25,6	17,6	23,6	17,8	24,2	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	31	23,4	30,9	24	31,2	0,420
CENTRO CARRIL 1	36,4	25,8	36,3	23,8	36,2	E med
LÍNEA DE ARCEN	37,1	26,7	33,6	25,2	35	24,63


fabr 2 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 30%
22/07/2011
1:00-1:17
TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	3,14	2,69	2,74	2,2	2,71	2,696
	C3	0,38	0,34	0,34	0,37	0,39	0,364
	C2	2,13	1,95	1,7	2,33	2,59	2,14
	C1	1,58	1,4	1,91	1,74	1,45	1,616
CENTRO CARRIL 3	C4	3,7	3,61	3,39	3,34	3,12	3,432
	C3	0,43	0,4	0,42	0,4	0,039	0,3378
	C2	1,25	1,4	1,34	1,36	1,35	1,34
	C1	1,82	2	2,14	2,63	2,19	2,156
CENTRO CARRIL 2	C4	3,36	3,38	3,3	3,18	3,33	3,31
	C3	0,48	0,58	0,57	0,45	0,56	0,528
	C2	0,99	1,05	1,15	1,15	0,96	1,06
	C1	2,14	2,37	2,21	2,18	2,44	2,268
CENTRO CARRIL 1	C4	2,69	2,59	2,9	3,11	3,19	2,896
	C3	0,57	0,97	0,63	0,76	0,7	0,726
	C2	0,84	0,89	0,97	0,81	1,23	0,948
	C1	2,84	3,45	2,43	3,48	2,68	2,976
Lmed							1,76745

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	56,4	75,9	63,9	84,1	61,9	
CENTRO CARRIL 4	61,5	84,6	61,3	81,8	62,2	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	57,4	85,9	52,5	88,7	57,6	
CENTRO CARRIL 3	65,7	80,5	75,7	94,2	78,1	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	99,8	89,9	111,7	99,7	115,5	0,525
CENTRO CARRIL 2	102,5	74,3	102,6	79,4	102,8	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	86,2	65,3	91,2	66,2	90,1	0,344
CENTRO CARRIL 1	77,4	58,5	78,4	62,4	82	E med
LÍNEA DE ARCEN	50,1	39,7	48	44,1	53,1	75,57


Fabr 2 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 100%
15/09/2011 3:20-3:40

TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	5,6	8,2	7	8	8,5	7,46
	C3	1,5	1,8	1,7	1,6	1,9	1,7
	C2	8,1	7,7	9,8	7	7,1	7,94
	C1	3,3	2,6	2,8	3	2,5	2,84
CENTRO CARRIL 3	C4	8,1	8	7,6	8,4	9,6	8,34
	C3	1,6	1,9	1,9	2,2	2	1,92
	C2	6,9	7,5	6,3	5,5	5,2	6,28
	C1	3,8	3,3	3,5	3,9	4,2	3,74
CENTRO CARRIL 2	C4	8,1	7,6	8	7,9	10,3	8,38
	C3	2,1	2,4	2,2	2,4	2,3	2,28
	C2	5,4	5,2	4,4	4,1	4,1	4,64
	C1	5,2	4,9	5,5	5	6	5,32
CENTRO CARRIL 1	C4	6,3	6,3	8,7	7,5	7,6	7,28
	C3	2,4	3	2,7	2,9	2,4	2,68
	C2	4,2	3,3	4,1	3,6	3,6	3,76
	C1	7,6	7,2	8,5	7,5	7,6	7,68
						Lmed	5,425

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	48,1	44,8	48,8	39,2	43,2	
CENTRO CARRIL 4	79,1	76,5	72,4	70,5	79,8	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	82,8	91,5	91,4	82	71,9	
CENTRO CARRIL 3	58,3	59,5	70,2	58,6	58,2	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	33,3	32,7	33,1	35,1	34,6	0,516
CENTRO CARRIL 2	41,1	37,2	40,8	41,3	47,6	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	74,5	66,8	71,1	72,4	74,5	0,318
CENTRO CARRIL 1	94,2	94,4	88,4	96,3	104	E med
LÍNEA DE ARCEN	76,3	73,8	71,3	63,7	59,7	64,11


fabr 3 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 100%
15/09/2011 2:40-2:55

TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	11,2	10,5	11	12,7	14,7	12,02
	C3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3
	C2	3,5	3,6	4,1	3,6	2,9	3,54
	C1	4,7	4,3	4,9	5,2	5,5	4,92
CENTRO CARRIL 3	C4	12,9	10,2	11,2	12,9	14,8	12,4
	C3	1,7	1,8	1,8	1,7	1,7	1,74
	C2	2,7	2	2,2	2,4	2,2	2,3
	C1	6,3	6,9	7,1	7,6	8,1	7,2
CENTRO CARRIL 2	C4	10,3	10,5	11,1	11,4	14,8	11,62
	C3	2	1,9	2,5	2,3	2,1	2,16
	C2	1,9	2	2,2	2,5	1,9	2,1
	C1	10	10	9,7	10,1	10,7	10,1
CENTRO CARRIL 1	C4	11,7	11,2	9,5	9,9	9,5	10,36
	C3	3,8	3,9	3,9	3,9	3	3,7
	C2	1,3	1,4	1,4	1,5	2	1,52
	C1	12,1	12,3	12,1	12,2	13,3	12,4
						Lmed	7,065

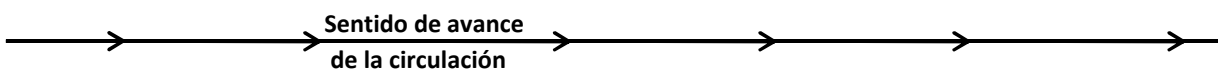
Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

Fabr 4 MEDIDA DE ILUMINANCIAS AL 100%

15/09/2011 1:50-2:00

TÚNEL M-40

	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	
LÍNEA DE ARCEN	24,3	20,2	26,4	20,3	25,1	
CENTRO CARRIL 4	108,3	76,1	106,3	74	106,3	
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	114,6	72,9	110,1	73	117,6	
CENTRO CARRIL 3	73,9	66,3	74,1	69,6	77	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	79,6	71	75,5	68,7	72,3	0,278
CENTRO CARRIL 2	87,3	80,3	84,4	78,5	81,8	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	92,1	89,5	92,1	86,2	85	0,172
CENTRO CARRIL 1	74,5	74	74,9	70,2	67,6	E med
LÍNEA DE ARCEN	49,7	50,7	49,6	49,6	45,9	72,61
	704,3	601	693,4	590,1	678,6	3267,4


Fabr 4 MEDIDA DE LUMINANCIAS AL 100%

15/09/2011 2:10-2:25

TÚNEL M-40

Posición observador		PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	Pto. Medio	PROYECTOR	L.med long
CENTRO CARRIL 4	C4	10,6	10,9	11,6	12,3	12,8	11,64
	C3	1,8	1,7	1,7	1,8	1,9	1,78
	C2	6,8	6,9	5	5,2	4,8	5,74
	C1	3,2	3,5	3,3	3,6	3,9	3,5
CENTRO CARRIL 3	C4	12	12,5	12,7	12,8	12,6	12,52
	C3	2,2	2,1	2,1	2,2	2,3	2,18
	C2	5,6	6,3	5,7	5,6	4,9	5,62
	C1	3,2	3,5	3,5	3,7	3,6	3,5
CENTRO CARRIL 2	C4	11,5	9,9	11,3	11,8	8,6	10,62
	C3	2,7	3,2	3,2	3,3	3,7	3,22
	C2	5,1	4,4	4,1	3,9	3,4	4,18
	C1	4,5	4,5	4,3	4,6	4,9	4,56
CENTRO CARRIL 1	C4	11,4	9,2	8,5	8,8	9,5	9,48
	C3	4,8	5,1	4,2	4,4	4,1	4,52
	C2	3,4	3,4	3,7	3,4	3,4	3,46
	C1	6,7	6,8	6,5	6,7	6,9	6,72
Lmed							6,18

Observador a 60 m de la primera línea de puntos y a 1,5 m del suelo

5.- MEDICIONES DEL ALUMBRADO CON VSAP EN EL TÚNEL DE SOMOSIERRA.

MEDIDA DE ILUMINANCIAS

Boca de entrada con todo el alumbrado encendido

	Pto. Medio	PROY Perm Noc	Pto. Medio	PROY Perm Noc	Pto. Medio	
LÍNEA DE ARCEN	1190	1080	1290	1010	1240	
CENTRO CARRIL 3	1400	1270	1400	1210	1380	Ug (min/med)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	1520	1460	1490	1390	1490	0,619
CENTRO CARRIL 2	1540	1560	1660	1580	1630	Uo (min/max)
LÍNEA SEPARACIÓN DE CARRILES	1430	1510	1630	1490	1550	0,500
CENTRO CARRIL 1	1170	1330	1320	1340	1360	E med
LÍNEA DE ARCEN	830	1110	960	1060	1080	1341,71

14 m 14 m

PROYECTOR Permanente nocturno Pto. Medio PROYECTOR Permanente nocturno Pto. Medio PROYECTOR Permanente nocturno

→ Sentido de avance de la circulación →

MEDIDA DE LUMINANCIAS

Boca de entrada con todo el alumbrado encendido

Posición observador		Pto. Medio	PROY Perm Noc	Pto. Medio	PROY Perm Noc	Pto. Medio	L.med long
CENTRO CARRIL 3	C3	48,1	42,5	36,6	33,5	28,7	37,88
	C2	34,4	31,3	27,8	22,8	19,3	27,12
	C1	47,6	44,5	42,6	38,7	28,4	40,36
CENTRO CARRIL 2	C3	53	45,1	38,9	34,2	29,9	40,22
	C2	31,1	30,2	31,2	31,5	31,7	31,14
	C1	49,3	43,3	36,9	30,6	23,8	36,78
CENTRO CARRIL 1	C3	63,5	60,9	57,3	50	34,3	53,2
	C2	34,1	34,1	32,4	32,9	32,5	33,2
	C1	41,7	41,1	38,4	34	31,3	37,3

Lmed	35,44
------	-------

14 m 14 m

PROYECTOR Permanente nocturno Pto. Medio PROYECTOR Permanente nocturno Pto. Medio PROYECTOR Permanente nocturno

6.- FOTOGRAFÍAS.



M-11 Led



Mediciones M-11 VSAP



M-11 VSAP y led



Mediciones M-11 led



Fabricante 3



Fabricante 4



Fabricante 5



Fabricante 1



Túnel M-40 VSAP



Túnel M-40 Led Fabricante 2 100%



Túnel M-40 Led Fabricante 1 30%



Mediciones túnel M-40 Led



Fabricante 2



Fabricante 1



Fabricante 3



Fabricante 4



Túnel de Somosierra (Autovía A-1) Boca norte, Calzada izquierda,
Sentido descendente



Túnel de Somosierra (Autovía A-1)
Calzada izquierda Sentido descendente



Túnel de Somosierra (Autovía A-1)
Boca norte, Calzada izquierda
Sentido ascendente

7.- CONCLUSIONES.

En alumbrado viario, para interdistancias de 40 o 50 metros y alturas de 14 metros, la tecnología led actual no llega a los valores luminancias o iluminancias de una buena luminaria de vapor de sodio. Los valores de iluminancia e iluminancia del led solo se acercan a la mitad de los del VSAP en el mejor de los casos. Sin embargo, la percepción visual obtenida con el led es muy buena y da gran sensación de comodidad y seguridad, en gran parte por la temperatura de color.

Teniendo presente esa diferencia de niveles de iluminación entre el VSAP y el led en alumbrado viario, las mejores luminarias de led, especialmente las de última generación, ya superan en eficacia al vapor de sodio, dando mejores ratios de w/lux.

En las horas nocturnas de menor intensidad de tráfico parece que se pueden usar con el led valores de iluminancias medias menores a 10 lux sin comprometer la seguridad vial.

En cuanto al alumbrado en túneles, en aquellas instalaciones de alumbrado permanente que estén algo anticuadas, los led pueden sustituir perfectamente al VSAP.

Se ha podido comprobar que resulta fundamental tener especial cuidado en la colocación de las luminarias del alumbrado con led en los túneles para conseguir una buena iluminación. Cualquier pequeño error en la posición de los aparatos afecta gravemente a la calidad de la iluminación. En el alumbrado viario la influencia es mucho menor.

Con valores de iluminancias medias en torno a los 65 lux (4-5 cd/m² en luminancias) parece que la iluminación es suficiente en un túnel, pudiendo descender en los periodos de menor intensidad de tráfico hasta unos 40 lux (3 cd/m²) o incluso menos.

En las bocas de los túneles el led tiene todavía un duro competidor en el VSAP debido a los altos niveles del alumbrado de refuerzo pero no es descartable su utilización.

Siempre que se reduce la intensidad de corriente se incrementa la eficacia del equipo. Sin embargo, como era de esperar, los coeficientes de uniformidad no varían al variar el flujo total emitido.