

ADECUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN DE LOS ACCESOS A LA CIUDAD DE SANTA FE

1. RESUMEN

El presente trabajo es un proyecto de adecuación para el sistema de alumbrado público de los accesos vehiculares a Santa Fe. Teniendo en cuenta los niveles y uniformidades establecidos por la Dirección Nacional de Vialidad, y normas nacionales e internacionales, se han optimizado las instalaciones de manera que sea posible reducir el consumo de energía al menos en un 50% respecto del actual, cumpliendo con los requisitos normativos. El resultado es una instalación energéticamente eficiente, que provee una iluminación totalmente adecuada para los fines de una conducción vehicular segura.

Motiva esta propuesta el hecho de que las instalaciones se encuentran deterioradas, debido al vandalismo, los robos y el escaso mantenimiento. Además se ha comprobado que la iluminación está sobredimensionada en algunos sectores, mientras que en otros los niveles y uniformidades no son adecuados; además, en algunos tramos - especialmente rotondas e intercambiadores - el sistema de iluminación provisto es poco eficiente en cuanto a la iluminancia que aporta sobre la calzada.

Para reducir los costos de instalación al mínimo, se propone la reutilización de las luminarias y columnas instaladas en la mayoría de los casos, excepto cuando éstas - sea por su tipo ó ubicación - no son eficientes, situación en la cual se propone un nuevo sistema de alumbrado. Además, aprovechando la necesidad del reemplazo del tendido eléctrico, se lo ha rediseñado de manera de optimizar los cables y el uso de los transformadores, reduciendo así las pérdidas eléctricas.

2. PALABRAS CLAVE

Alumbrado público, eficiencia energética, iluminación eficiente.

3. INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía es fundamental para la minimización de cortes de energía, y un mínimo nivel de iluminación con buenos valores en la uniformidad, es sensiblemente mejor a una iluminación amenazada por una alta posibilidad de cortes, lo que puede ser motivo de deslumbramientos por cortes parciales y de inseguridad para el tráfico en las zonas de cortes.

Teniendo en cuenta que actualmente la potencia instalada del alumbrado público de los accesos vehiculares a Santa Fe es de 550 KW, considerando solamente las lámparas - es decir, sin tener en cuenta los equipos auxiliares y las pérdidas en transformadores y conductores - se evidencia que la implementación de un sistema más eficiente en esta área puede redituar grandes beneficios.

El principal objetivo del proyecto es, entonces, la adecuación de las instalaciones de iluminación de los accesos vehiculares a la ciudad, reduciendo al mínimo el consumo de energía en iluminación, pero logrando mantener sobre las calzadas niveles de iluminación suficientes para una conducción segura de los vehículos.

Por otra parte, actualmente una parte significativa de la zona a iluminar se encuentra a oscuras, ya sea por tramos de cables cortados, lámparas quemadas, u otras causas. De aquí surge la necesidad de realizar un proyecto que se pueda implementar a corto plazo.

3.1 CRITERIOS DE PROYECTO

Para determinar los niveles de iluminación de proyecto en los tramos libres, se utilizan los valores establecidos en la norma IRAM-AADL J2022-2 y en la normativa de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). En el caso de las denominadas *áreas conflictivas* (intercambiadores, cruces y rotondas) se toma como referencia la norma CIE 115, ya que no existen recomendaciones nacionales al respecto.

A fin de cumplir con los objetivos propuestos, se seguirán los siguientes criterios de proyecto, numerados en orden de importancia:

1. Iluminar adecuadamente las vías de circulación y áreas conflictivas. Para un tipo de calle dado, se considera que el nivel de iluminación es adecuado si supera los requerimientos de al menos una de las reglamentaciones antes citadas.
2. Utilizar lámparas de la menor potencia posible, para optimizar el uso de la energía, siempre que esto no comprometa lo establecido en el punto 1. La utilización de lámparas de menores potencias ayuda además a la prolongación de la vida útil de las mismas, lo que implica menor necesidad de mantenimiento.
3. Aprovechar las instalaciones (columnas, luminarias) existentes. Sólo en casos aislados se propondrá el reemplazo de las mismas, cuando la continuación de su uso implique gastos de energía demasiado elevados.

En todos los casos se propone la utilización de lámparas de sodio de alta presión con altos rendimientos, como la Osram NAV-T Super o la Philips SON-T Plus. No se aceptan lámparas de sodio convencionales.

4. DESARROLLO

El proyecto comprende las siguientes vías de circulación:

- la Avenida de Circunvalación - incluidos sus intercambiadores de tránsito - que rodea la ciudad por el este y hasta el sureste,
- la Avenida Mar Argentino, que continúa desde la Circunvalación hasta el este, y
- la ruta 168 - incluido el intercambiador de La Guardia - que permite el acceso a la ciudad por el este.

Puesto que todas tienen diferentes configuraciones y requerimientos, serán desarrolladas en forma independiente.

4.1 AVENIDA DE CIRCUNVALACIÓN

La Circunvalación es, en su mayor parte, una vía de tránsito de dos manos, con platabanda central e iluminación central. En su extremo norte las calzadas se separan, y la iluminación pasa a ser unilateral.

Como parte de la Circunvalación se considerarán los dos tréboles intercambiadores de tránsito, iluminados con torres de proyectores, y sus respectivas ramas de enlace, parcialmente con iluminación unilateral.

Actualmente, la potencia instalada en lámparas en este sector es de 233 [KW].

4.1.1 Tramos con iluminación central

Las columnas de iluminación central tienen 10 [m] de altura y están distanciadas 30 [m]. Cada una posee dos luminarias con lámparas de 250 [W]. El ancho de la platabanda central es variable, siendo en su parte más ancha de unos 3 [m], valor que se tomará como referencia para el cálculo por ser el peor caso.

Los cálculos muestran que es posible utilizar sólo una de las dos luminarias en cada poste, alternando el lado, con lámparas de 250 [W]. Se obtienen valores de iluminancias de 29.8 [lx], mayores que los requeridos por la DNV, y luminancias entre 2.38 y 2.7 [cd/m²], muy cercanas a las recomendadas por IRAM. Las uniformidades permanecen dentro de normas, y el consumo de energía se reduce al 50%.

4.1.2 Tramo con dos vías separadas

Actualmente tiene iluminación unilateral, con columnas de 10 [m] separadas 25 [m] entre sí. Las columnas tienen un brazo de 2.50 [m] y están a una distancia de 3.50 [m] de la calle. Tienen lámparas de 250 [W].

En este caso se propone el reemplazo de las lámparas existentes por unas de 150 [W], con las que se obtienen valores de 25.1 [lx] y 1.97 [cd/m²], que cumplen tanto los requisitos de la DNV como de IRAM (clase B2). El ahorro en este caso es del 40 %.

4.1.3 Tréboles distribuidores de tránsito

Estos dos intercambiadores se localizan en los cruces de la Avenida de Circunvalación con la Autopista Santa Fe – Rosario, y con la Ruta 11.

Actualmente están iluminados mediante 12 columnas de 20 m de altura libre, conteniendo cada una de ellas 8 reflectores de 2 lámparas de sodio de alta presión de 400 W, situadas en las inmediaciones del trébol, para reforzar la iluminación en dicha zona.

Cálculos mediante software permiten determinar que, con esta configuración de luminarias, la influencia de la iluminación de las torres sobre la calzada es prácticamente despreciable por la distancia a la que éstas se encuentran. Por ejemplo, el rulo sureste del trébol tiene un diámetro exterior de aproximadamente 138 [m], estando situada una torre en el centro de la circunferencia descrita por la calzada. El cálculo de la iluminancia media producida por una torre en una superficie anular de 138 [m] de diámetro y 5 [m] de ancho, que representaría la calzada, da un valor de 1.6 [lx]. Para lograr dicho valor se necesitaron 16 lámparas de 400 [W], es decir un total de 6.4 [KW] sin contar el consumo de los equipos auxiliares. Esto demuestra que la utilización de dichas torres es totalmente antieconómica, por lo que en el presente proyecto se recomienda la no utilización de las mismas.

Para los rulos, se propone la utilización de columnas de 10 [m] de altura, con brazos de 2.50 [m], ubicadas del lado interno de los rulos, por razones de seguridad, y a una distancia de 2.50 [m] del cordón. La distancia entre ellas será de 35 [m].

Con esta disposición de luminarias, y lámparas de 250 [W], es posible obtener valores iniciales de 3.63 [cd/m²] y 37.8 [lx], los que superan a los establecidos por CIE y la DNV.

Para los tramos de las avenidas en el interior del rulo, se utilizará la iluminación central actual. En este caso se utilizarán las dos luminarias de cada poste, pero con lámparas de 150 [W], para obtener una mayor uniformidad, y valores de iluminación de 2.74 [cd/m²] y 34.7 [lx] que cumplen perfectamente con los requisitos de la CIE.

4.1.4 Ramas de enlace (corte BB')

Solamente 2 de las 4 ramas del intercambiador Sur están iluminadas, con postes sin brazo de 10 [m] de alto distanciados unos 25 [m]. En el intercambiador Norte no existe ningún poste en las ramas de enlace.

En las ramas del trébol Sur donde ya están instaladas luminarias, se reemplazarán las lámparas de 250 [W] por unas de 150 [W], con lo que se obtienen valores iniciales de 2.03 [cd/m²] y 25 [lx].

En el resto de las ramas de enlace de ambos intercambiadores, se colocarán columnas de 10 [m] de altura libre, con brazo de 2.50 [m], situadas a 3.50 [m] del cordón. Con una separación entre columnas de 45 [m] y lámparas de 250 [W], se obtienen valores de 28 [lx] y 2.52 [cd/m²].

En ambos casos, los valores obtenidos superan a los requeridos por las normas.

4.1.5 Resumen de la propuesta

- Tramos con iluminación central (excepto tréboles): Se utilizará sólo una de las dos luminarias de cada poste, alternadamente, con lámparas de 250 [W].
- Sección con vías separadas: Manteniendo la configuración actual, se utilizarán lámparas de 150 [W].
- Intercambiadores: Dejarán de utilizarse las torres con proyectores, a cambio se propone:
 - En los tramos de doble mano, con iluminación central, utilizar las dos luminarias de cada poste, con lámparas de 150 [W].
 - En los rulos, utilizar iluminación unilateral desde la parte interior, mediante la colocación de columnas distanciadas 35 [m] con lámparas de 250 [W].
- Ramas de enlace: En las luminarias ya instaladas en parte del intercambiador sur, se utilizarán lámparas de 150 [W]. En las otras dos ramas de enlace de éste, y en las cuatro del intercambiador norte, se colocarán columnas cada 45 [m] con lámparas de 250 [W].

4.1.6 Ahorro previsto

La siguiente tabla muestra en detalle la comparación del sistema actual con el propuesto, y sus respectivas potencias. Utilizando la configuración sugerida, se obtiene un ahorro global del **55.8 %**.

La potencia de las lámparas está expresada en [W], mientras que los totales se indican en [KW].

Sector	Actual					Propuesto				
	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total
Avenida principal	201	2	402	250	100,5	165	1	165	250	41,25
						10	2	20	150	3
Trébol Norte	12	8	96	800	76,8	37	2	74	150	11,1
	9	2	18	250	4,5	28	1	28	250	7
	4	4	16	250	4	37	1	37	250	9,25
Trébol Sur	6	10	60	400	24	30	2	60	150	9
	1	5	5	400	2	28	1	28	250	7
	3	2	6	250	1,5	14	1	14	250	3,5
	24	1	24	250	6	24	1	24	150	3,6
Vías separadas	56	1	56	250	14	56	1	56	150	8,4
Total					233					103,1

4.2 AVENIDA MAR ARGENTINO

La Avenida Mar Argentino es una vía de dos sentidos, con una pequeña platabanda central, pero con iluminación bilateral enfrentada. Esta Avenida atraviesa un pequeño intercambiador localizado en el Parque del Sur, y una rotonda en la intersección con la Circunvalación, iluminados con torres como se explica en los siguientes puntos. Ambos sectores están contemplados dentro del proyecto.

En conjunto, esta instalación tiene una potencia de 98.4 [KW].

4.2.1 Iluminación de la Avenida

Las columnas de alumbrado tienen una altura de 13 [m], no tienen brazo, y están distanciadas unos 40 [m] entre sí. Poseen lámparas de 400 [W].

En este caso es posible el reemplazo de las lámparas actuales por unas de 250 [W], para obtener valores de 29.4 [lx] y 2.18 [cd/m²]. Esto satisface los requerimientos de la DNV, y provee valores muy superiores a los actualmente mantenidos. Además se produce un ahorro de energía del 40%.

4.2.2 Intercambiador en Parque del Sur

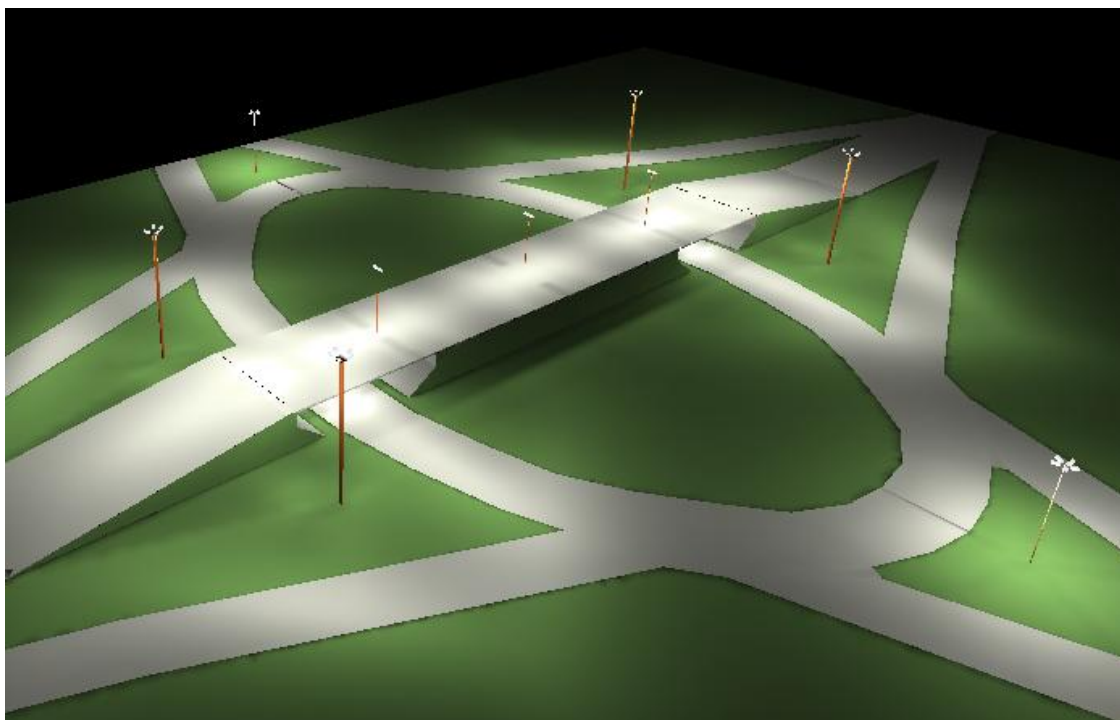
Actualmente cuenta con cuatro torres de unos 20 [m] de altura, con 10 proyectores de 400 [W] cada una. Los cálculos muestran que de esta manera, si bien se iluminan adecuadamente los alrededores, en el tramo central del puente es imposible conseguir buenos niveles de iluminación.

Además se utilizan dos torres de unos 13 [m] con 5 luminarias de alumbrado público, con lámparas de 400 [W], las cuales iluminan la parte exterior de la rotonda y las calles que confluyen a ésta.

La propuesta es mantener las torres para iluminar los tramos de subida al puente, y las calles periféricas (rotonda inferior). Se utilizarán solamente 5 proyectores por cada torre, orientados correctamente, y con lámparas de 250 [W]. Además deberán instalarse tres columnas en la platabanda central del puente, una centrada y las otras dos a una distancia de 30 [m] hacia los lados. Las columnas tendrán 10 [m] de altura libre, sin brazo, y llevarán dos luminarias cada una con lámparas de 150 [W] apuntadas para iluminar las dos manos.

Se continuará la utilización de las columnas de 5 luminarias, pero con lámparas de 150 [W], para la iluminación de la periferia de la rotonda y calles adyacentes.

Con esta disposición se obtienen valores de 33.3 [lx] sobre el puente, y valores superiores a los 25 [lx] en las calles de los alrededores.



4.2.3 Resumen de la propuesta

- Avenida: Reemplazo de las lámparas de 400 [W] existentes, por lámparas de 250 [W].
- Intercambiador en Parque del Sur: Utilizar sólo 5 proyectores en cada poste, y con lámparas de 250 [W]. Utilizar lámparas de 150 [W] en las luminarias que iluminan el exterior de la rotonda (colocadas en dos columnas de 5 luminarias cada una). Colocar sobre el puente 3 columnas con 2 luminarias de 150 [W] cada una.

4.2.4 Ahorro previsto

Valen las mismas consideraciones realizadas en el punto 4.1.6. En este caso, se prevé una disminución del consumo de energía del **46.7 %** respecto del actual.

Sector	Actual					Propuesto				
	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total
Avenida	156	1	156	400	62,4	156	1	156	250	39
Rotondas y cruces	8	5	40	400	16	8	3	24	250	6
	4	10	40	400	16	4	5	20	250	5
	2	5	10	400	4	2	5	10	150	1,5
						3	2	6	150	0,9
Total					98,4					52,4

4.3 RUTA 168

El proyecto abarca toda la extensión de la ruta desde la bajada del Puente Oroño - en la Fuente de la Cordialidad - hasta el intercambiador de tránsito de La Guardia, incluyendo a este último. Se consideran como parte integral de la ruta todos los puentes y rotondas que atraviesa.

Excepto por los tramos de intercambiadores, la ruta está iluminada con una disposición de columnas tipo bilateral alternada (al tresbolillo).

4.3.1 Fuente de la Cordialidad

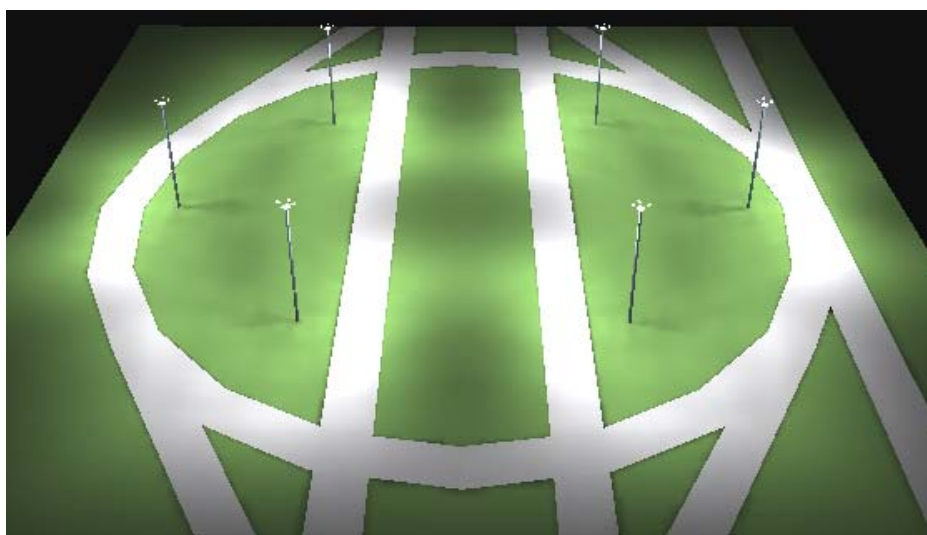
El sector de la fuente está iluminado actualmente con columnas de 20 [m] de altura, cada una de las cuales tiene 8 proyectores con lámparas de 400 [W].

Con una correcta orientación de los proyectores, es posible utilizar sólo 6 de las columnas, con 4 proyectores cada una, y lámparas de 250 [W], y aún así obtener buenos valores de iluminancia en las calles. De esta manera, en las calles rectas centrales se obtienen 39.8 [lx] de promedio, mientras que en las calles periféricas se llega a un valor de 36.5 [lx].

Con esta disposición el ahorro de energía es del 76.6 %.

La siguiente imagen muestra una simulación por computadora de cómo se vería la rotonda utilizando el sistema de iluminación propuesto. Se puede apreciar que incluso el parqueado central es iluminado. La fuente, emplazada en la parte central de la rotonda, cuenta con iluminación propia.

Las calles que llegan y parten de la rotonda también tienen iluminación independiente de los proyectores, mediante columnas con lámparas de alumbrado público. Por simplicidad, estas luminarias no fueron tenidas en cuenta al realizar la simulación - pero sí en los cálculos de iluminancias - por lo cual las calles parecen más oscuras que el resto.



4.3.2 Calles adyacentes a la fuente

Para iluminar este sector hay que tener en cuenta que la zona inmediatamente adyacente de la ciudad (Puente Oroño y Avenida Alem ó Costanera) tiene un nivel de iluminación elevado, por lo que es necesario crear una zona de transición con un nivel de iluminación mayor que el de la ruta, para permitir la adaptación del ojo tanto al ingresar a la ciudad como al salir de ella.

Actualmente están iluminadas con columnas de 20 [m] de altura, con 4 luminarias del tipo alumbrado público cada una, situadas en forma radial, que emplean lámparas de 400 [W]. Por la distribución del flujo luminoso que tienen este tipo de luminarias, es muy bajo el rendimiento que tienen las luminarias orientadas perpendicularmente a la calzada, considerando la iluminación sobre la misma. Mucho más bajo aún es el aporte de las luminarias que apuntan en dirección exterior.

Para visualizar la ineficiencia de la disposición actual, considérese el siguiente cálculo: utilizando solamente la luminaria orientada hacia la calle, con una lámpara de 250 [W], se obtiene una iluminancia media de 25.5 [lx]; si además se utilizan las luminarias adyacentes (es decir, las que están en sentido perpendicular a la calle), se alcanza un valor de 36.4 [lx]. Esto muestra que triplicando la potencia (incremento del 300%), la iluminancia de la calle sólo aumenta cerca de un 43%.

Por lo tanto, se propone la utilización de una lámpara de 400 [W], solamente en la luminaria orientada hacia la calle. Se obtiene una iluminancia de 44.2 [lx] y una reducción del consumo del 75 %.

4.3.3 Tramos libres de la ruta

En la ruta las columnas están dispuestas alternadamente a ambos lados, con una distancia entre ellas de 35 [m]. Las columnas tienen 13 [m] de altura y un brazo de 3.5 [m], y están ubicadas de tal manera que la luminaria queda aproximadamente 1 [m] dentro de la calle. Actualmente tienen lámparas de 400 [W].

Se utilizarán lámparas de 150 [W], respetando la disposición de las luminarias. De esta manera se obtienen valores iniciales de 2 [cd/m²] y 23.6 [lx], con un ahorro de energía de 62.5 %.

4.3.4 Puentes que forman parte de la ruta

Tienen iluminación central, con columnas de aproximadamente 8 [m] de altura, ubicadas a una distancia promedio de 30 [m]. Las columnas no tienen brazo, y cada una de ellas posee dos luminarias con lámparas de 400 [W].

Utilizando la misma disposición de luminarias y con lámparas de 150 [W], se obtienen muy buenos valores iniciales de iluminación (3.12 [cd/m²] y 39.1 [lx]), y se produce un ahorro de 62.5 %.

4.3.5 Puente frente al barrio El Pozo

El puente está iluminado con dos columnas de 20 [m], con cuatro luminarias dispuestas de la misma manera que las calles adyacentes a la Fuente de la Cordialidad. La iluminación sobre el puente propiamente dicho es buena, no así en las curvas de ingreso y salida del mismo.

De las cuatro luminarias instaladas en cada poste, sólo dos tienen un aporte significativo de luminancia sobre la calle y el puente, justamente las que están orientadas según estas direcciones. No obstante, por la distancia a la que se encuentran, sólo alcanzan a iluminar el tramo de puente más cercano. Asimismo, es necesario reforzar de alguna manera la iluminación sobre las curvas.

Por estas razones se propone la utilización de una de las luminarias de cada poste, con lámparas de 250 [W] (las que están hacia la ruta), y la adición de tres proyectores en cada poste, con lámparas de igual potencia, orientados hacia el puente y las curvas.

Con la configuración propuesta, se alcanzan valores superiores a los 20 [lx] en las curvas, y 25 [lx] en la mano del puente más alejada de las luminarias (en la mano más cercana, se supera ampliamente este valor). Además de obtener una mejora significativa en los niveles de iluminación, especialmente en las zonas de mayor peligro, se produce un ahorro del 37.5%.

4.3.6 Intercambiador de La Guardia

El sistema de iluminación actual consiste en la utilización de 16 torres de 20 [m] de altura, con 8 proyectores de 400 [W] cada una. Por la ubicación de las torres, ciertos sectores no alcanzan los niveles de luminancia estipulados por las normas (por ejemplo, el tramo central del puente), y en otros casos la uniformidad no es buena. Además, los proyectores se ubican sobre toda la periferia de la torre en forma equidistante, de modo que algunos de ellos no apuntan en direcciones útiles respecto a la iluminación de las calzadas.

Se propone el uso de las torres de proyectores en forma racional, colocando solamente el número de proyectores necesario para la iluminación de las calles, y correctamente orientados. En todos los casos se utilizarán lámparas de 250 [W]. Además se colocarán 11 columnas con luminarias de alumbrado público en configuración bilateral alternada en el puente, con una separación de columnas del mismo lado de 60 [m]. Las mismas tendrán 10 [m] de altura libre, sin brazo, y estarán equipadas con lámparas de 250 [W].

Con la configuración propuesta se obtienen valores de 3.06 [cd/m²] y 36 [lx] sobre el puente. En cualquier otro sector, se mantienen iluminancias medias superiores a los 20 [lx], reforzándose en intersecciones y curvas.

El ahorro de energía alcanza al 68.3 %.

4.3.7 Resumen de la propuesta

- Calles adyacentes a la fuente: Utilizar sólo la luminaria orientada hacia la calle, con una lámpara de 400 [W]
- Fuente de la Cordialidad: Utilización de 6 de las 8 columnas existentes, y sólo con 4 proyectores por columna, debidamente orientados, con lámparas de 250 [W].
- Tramos libres de la ruta: Respetar la geometría actual, pero con el uso de lámparas de 150 [W].
- Puentes que forman parte de la ruta: Utilizar lámparas de 150 [W] con la disposición actual de columnas y luminarias.
- Puente frente a El Pozo: Utilizar una luminarias por cada poste (la orientada hacia la calle y el puente) con lámparas de 250 [W]. Instalar tres proyectores de 250 [W] en cada poste, para iluminar las curvas y el puente.
- Intercambiador de La Guardia: Utilización de una fracción de los proyectores (52 en total), debidamente orientados, y con lámparas de 250 [W]. Colocación sobre el puente de 11 columnas con luminarias de alumbrado público, utilizando lámparas de 250 [W].

4.3.8 Ahorro previsto

Igual que en los casos anteriores, la siguiente tabla compara la disposición actual con la propuesta, y la disminución de potencia instalada en este caso. El ahorro global es del **67.7 %**.

Sector	Actual					Propuesto				
	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total	Cant. Cols.	Lum.x Col.	Total Lum.	Pot. Lámp.	Pot. Total
Acceso a la rotonda	27	4	108	400	43,2	27	1	27	400	10,8
Sector fuente	8	8	64	400	25,6	6	4	24	250	6
Puentes	26	2	52	400	20,8	26	2	52	150	7,8
Accesos y deriv.	8	4	32	400	12,8	8	4	32	150	4,8
Puente El Pozo	2	4	8	400	3,2	2	4	8	250	2
Intercambiador	16	8	128	400	51,2	1	5	5	250	1,25
	1	4	4	400	1,6	2	4	8	250	2
						13	3	39	250	9,75
						11	1	11	250	2,75
					1	4	4	250	1	
Tramos libres	146	1	146	400	58,4	146	1	146	150	21,9
Total					216,8					70,05

5. CONCLUSIÓN

Este trabajo muestra cómo es posible mediante soluciones simples de diseño, realizar instalaciones de iluminación que sean mucho más eficientes. Con la utilización de lámparas de sodio de alta presión de elevados rendimientos, un diseño adecuado en cuanto a la ubicación, orientación y tipo de luminarias, y una selección precisa de los niveles de iluminación (evitando el sobredimensionamiento), sería posible reducir la actual potencia instalada de 548.2 [KW] a un valor de sólo 225.6 [KW], consiguiendo un ahorro global de energía del **58.8 %**.

Considerando que el consumo propio de los balastos es del 10% de la potencia de las lámparas, el ahorro porcentual se mantiene igual, pero la potencia disminuye de 603 [KW] a 248.2 [KW], es decir, se logra una reducción en la potencia total instalada de **354.8 [KW]**.

En sólo un año, considerando un promedio de utilización de 8 horas por día, se evitaría consumir una energía de **1036 [MWh]**.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Dirección Nacional de Vialidad - "Normativa de diseño geométrico de carreteras", Capítulo VII: "Iluminación".
- IRAM-AADL J2022-2:1995 - "Alumbrado público - vías de tránsito - Clasificación y niveles de iluminación"
- CIE 115:1995 - "Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic"
- Asociación Argentina de Luminotecnia - "Iluminación: luz, visión y comunicación" Tomo 2
- Proyecto Efficient Lighting Innovative (ELI) - "Iluminación eficiente"