

Iluminación led asociada al control del uso del espacio y el alumbrado natural en la industria autopartista



Por Federico Albarracín
Los Molinos SRL y Alem Design
federico@electroalem.com

El trabajo expone las grandes posibilidades que existen en edificios industriales para considerar el aporte de luz natural disponible durante las horas de trabajo, y complementarlas con el sistema de alumbrado artificial. Colocar luminarias con tecnología led y protocolo de comunicación DALI permitió que el proyecto cumpliera con las nuevas necesidades de la industria respecto a uso racional de la energía, eficiencia energética y gestión de la energía eléctrica; pilares de las normas ISO 50001.

Palabras clave: DALI. Gestión. Energía.

Introducción

El comitente de este proyecto nos presentó una necesidad planteada por la ingeniería de obra: cotizar la factibilidad de una luminaria de leds que cumpliera con las especificaciones establecidas. Para este caso, se tomó el Anexo IV correspondiente a los artículos 71 a 84 de la Reglamentación aprobada por Decreto 351/79, que complementa la actual Ley de Higiene y Seguridad Laboral, cuyo capítulo XII "Iluminación y color" presenta la tabla n.º 2 (basada en la IRAM-AADL J20-06), que establece que para este tipo de recintos y para el tipo de actividad que en ellos se desarrolla, una iluminancia media mínima mantenida de cuatrocientos luxes (400 lx).

Debido a que el proyectista había realizado todos los cálculos luminotécnicos y luego la ingeniería eléctrica basada en luminarias con lámparas de mercurio halogenado de cuatrocientos watts (400 W) y un factor LOR 90, debíamos cumplir con esta especificación con luminarias de 25.000 lúmenes para los sesenta puntos de luz propuestos.

Como comercialmente no disponíamos de una luminaria con ese nivel de potencia, propusimos aumentar la cantidad de luminarias a 69 unidades, lo que en primera instancia fue rechazado por el comitente.

Sin embargo, nos permitió presentar nuestra alternativa al ingeniero de obra, para que sea evaluada y luego darnos una devolución. En esa oportunidad, ya en la obra, pudimos verificar algo que hasta ese momento la ingeniería no había cuantificado: la nave industrial poseía múltiples luceras en muros.

Esta variable nos permitió, por pedido del comitente, hacer un estudio respecto de la cantidad de energía disponible y del ahorro que implicaría si el sistema de alumbrado artificial se ajustara a las condiciones del alumbrado natural de manera automática.

Así surgió una nueva necesidad: no solo aprovechar el alumbrado natural, sino también ajustar el encendido y apagado a los usos periódicos, a la presencia y permanencia de los operarios, comunicar horarios de salida, almuerzo, etc. También permitió reducir el número de circuitos eléctricos, optimizando el espacio en tableros ya definidos.

Aporte del alumbrado natural

Para establecer la conveniencia de este vector energético, utilizamos *DIALux* y pudimos establecer el aporte del alumbrado natural en el plano de trabajo en los horarios de mayor uso. De esta manera, se pudo luego cuantificar la intensidad que debería tener el alumbrado artificial y así suponer la energía consumida en esos horario.

Con estos datos, el paso siguiente fue establecer el sistema más adecuado y de factibilidad con la instalación, permitiendo utilizar el proyecto eléctrico establecido en la primera etapa y adecuarlo a esta nueva necesidad.

Elección del sistema de gestión del alumbrado

Dentro de los distintos tipos de sistemas de control de flujo luminoso disponibles en el mercado, las dos opciones posibles eran:

a. Dimerizado por señal de uno a diez volts (1-10 V).

El dimerizado lo realiza el driver de la luminaria, tomando como señal una tensión de referencia variable entre uno y diez volts (1-10 V). Para ello debíamos llegar hasta cada luminaria desde un circuito protegido de baja tensión. La principal dificultad de este sistema fue la caída de tensión desde el tablero de control hasta el punto de luz más alejado, con lo cual no se podía garantizar el mismo nivel de potencia en cada sector de la planta. Otra limitación importante fue el modo

de modular la señal: había que adaptar un PLC para tal fin y buscar una programación estándar para luego verificar los datos.

b. Dimerizado por protocolo de comunicación DALI. Este protocolo estandarizado nos daba mayores prestaciones en cuanto al control de la señal y la bidireccionalidad de la comunicación en cada punto de luz. Otro punto favorable fue el de encontrar en el mercado diferentes marcas disponibles con este protocolo.

Adaptación del proyecto

Debido al estado avanzado del montaje eléctrico, tanto para fuerza motriz como para iluminación, se definió el protocolo DALI y los componentes del sistema de control de la marca *Philips Dynalite* por dos motivos:

- » los componentes estaban disponibles en nuestro país;
- » el análisis económico nos daba un repago inferior a los cuatro años (ver tabla 1), algo que con el correr del tiempo mejoró sustancialmente.

Proyecto ejecutivo

Cálculos de iluminancia en plano de trabajo

Del proyecto original con sesenta luminarias, se llegó al que se implementó, de veintitrés filas en tres columnas a lo largo de la nave de montaje, sumando un

	Ahorro \$/año			
	X campanas led	X tubos led	X campanas led DALI	X tubos led + control
Consumo de energía	\$7.040,61	\$2.403,29	\$9.111,37	\$3.004,11
Reemplazo	\$692,12	\$307,55	\$692,12	\$307,55
Fuerza de trabajo	\$119,40	\$191,91	\$134,89\$	280,48
Ahorros-pérdidas anuales	\$7.852,12	\$2.902,74	\$9.938,39	\$3.592,14
		\$10.754,87\$		13.530,53
Diferencia extra anual\$				2.775,66
Total facturado		\$34.803,37	Total + control	\$44.774,47
			Diferencia anual\$	9.971,1
Repago de la inversión contra la diferencia de ahorro excedente			Años	3,59
			Meses	43,11

Tabla 1. Relación de inversión entre una instalación on/off y DALI (valores en dólares)



Figura 1. Luminaria BY698P led200 de Philips

total de 69 luminarias modelo BY698P de 155 watts y 20.400 lúmenes, 6.500 K Ra 82 de marca Philips (figura 1). Todas presentan entrada de tensión de red (fase, neutro y puesta a tierra) y de comunicación DALI (DA+, DA-).

Teniendo en cuenta los valores sugeridos por la norma para el tipo de tarea que se desarrollaría, el nivel medio mínimo mantenido debería ser de cuatrocientos luxes (400 lx) a un metro del nivel de piso terminado (figuras 2 y 3).

Instalación y puesta en marcha

Para esta etapa, hubo que contar con la colaboración del ingeniero del proyecto, del contratista eléctrico y del personal de mantenimiento del comitente; era necesario cumplir con los tiempos establecidos y poner en marcha la nave 1 según los compromisos

asumidos. De esta manera, se pudo llevar adelante la adecuación de los circuitos eléctricos, equilibrar las cargas en cada fase, definir las protecciones eléctricas, etc., sin hacer grandes modificaciones sobre los tableros ya definidos (figura 4).

Entonces se dispuso un tablero adicional para los componentes del sistema de control, al lado del tablero general (figura 5).

Para el proceso de puesta en marcha, hubo que seguir con el protocolo que el software System.Builder v.64 indicaba. Este procedimiento solo puede realizarlo un instalador certificado, para lo cual tuvimos que hacer los cursos, rendir los exámenes y rubricar el convenio con Philips Dynalite.

El procedimiento es bastante simple (figura 6): se conformaron las zonas de encendido asociados a los sensores de movimiento dispuestos para tal fin. Esta tarea conlleva un tiempo que, para esta superficie y cantidad de luminarias, promedió las cuatro horas (figura 7).

Ya con esta primera etapa del procedimiento realizado, se verificaron las agrupaciones de encendidos, la sensibilidad de los sensores de movimiento, los preestablecidos de la botonera y, en definitiva, que cada uno de los elementos que componían el sistema funcionaran correctamente, para luego proceder a la programación.

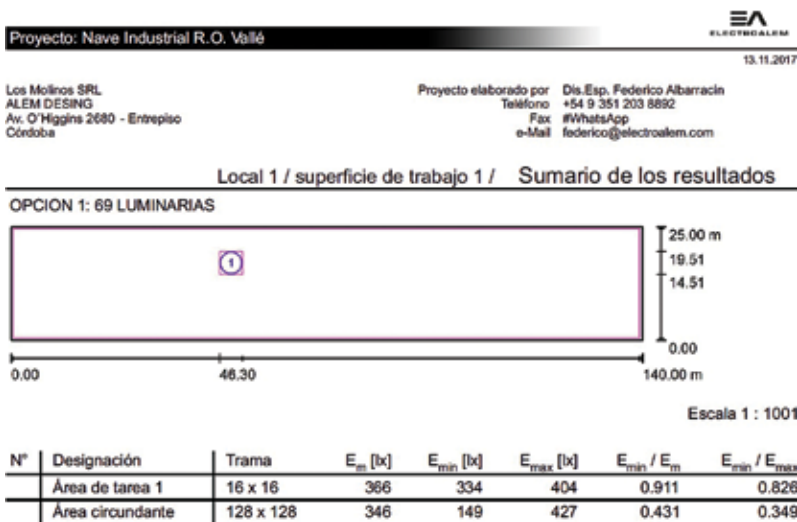


Figura 2. Resultados de iluminancia en el plano de trabajo - Dialux

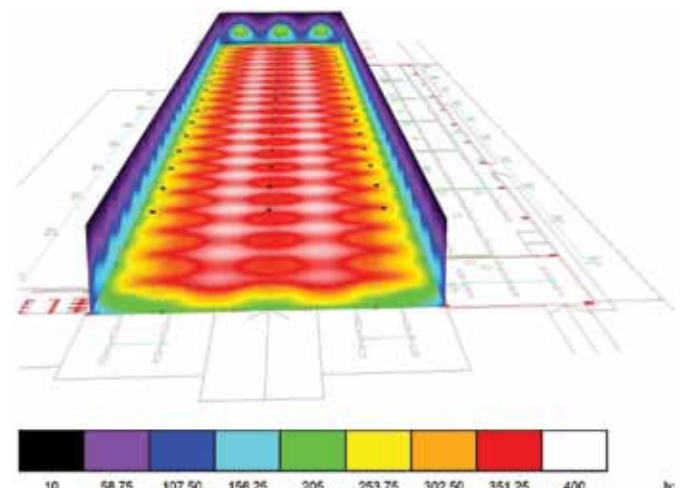


Figura 3. Diagrama de colores falsos sobre planta - Dialux

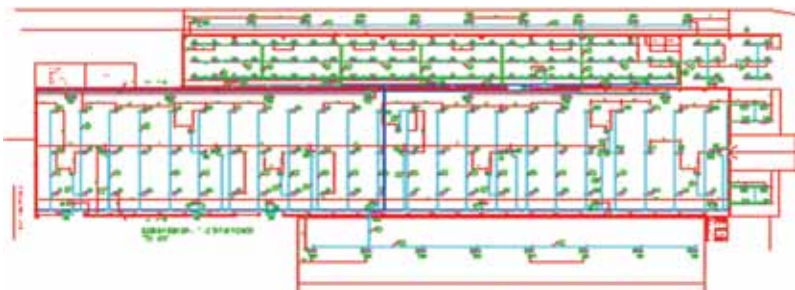


Figura 4. Planta de circuitos eléctricos instalados

De esta manera quedó habilitado el tablero de control y conectado a la intranet que dispone la empresa (figura 8).

Programación

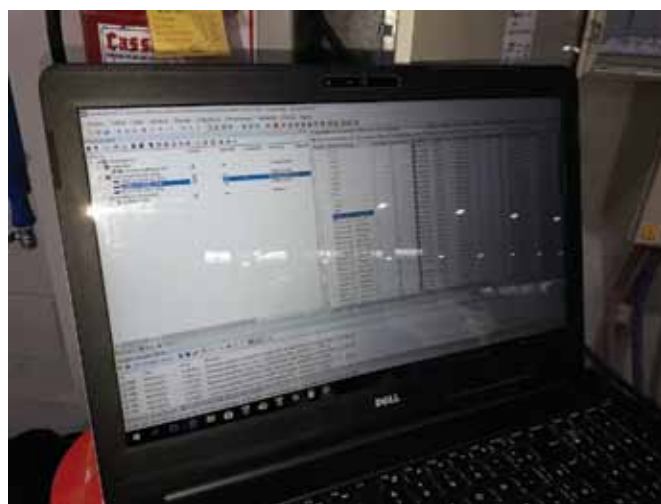
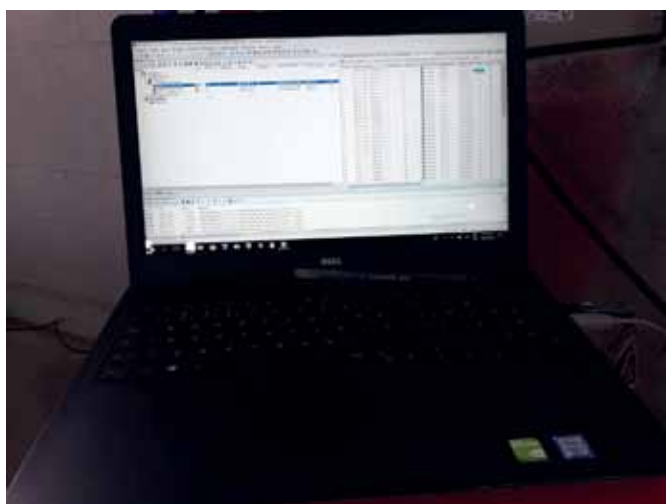
La programación, en este caso, se fue determinando con el correr de los días, e incluso al día de hoy se siguen modificando algunos parámetros. Pero a priori, cada agrupamiento que corresponde a una zona determinada en el plano está comandado por un sensor modelo *DUS-90 AHB DALI* (figura 9). Este tiene la capacidad de sensor movimiento y presencia, niveles de iluminancia (luxes) y crepuscular. Estas variables



Figura 5. Tablero seccional del sistema de control DALI

permiten ajustar el nivel mínimo admisible a un metro del piso. Su diseño le permite estar colocado al nivel de montaje de las luminarias y compartir la red DALI, por lo que se “cuelga” en el circuito DALI sin tener que enviar un cableado estructural adicional. Esto reduce muchísimo la cantidad de empalmes y tipologías de cables, con lo cual el nivel de fallas es mínimo.

La botonera modelo *DPN941* (figura 10) es la otra interfaz que permite forzar distintos niveles de intensidad o un encendido/apagado total de acuerdo al requerimiento de cada usuario. En este caso, se establecieron tres niveles de intensidad y un apagado total según el número del pulsador que se oprima. Esto



Figuras 6 y 7. Alta de equipos en *System.Builder*



Figura 8. Alta de equipos en *System.Builder*

se dejó en la puerta del tablero seccional de comando. La idea fue que, en caso de que el sistema dejara fuera de funcionamiento sensores e instalación, se pudiera oprimir un botón y encender la planta, algo que también se puede hacer remotamente desde una

aplicación como si se estuviera físicamente delante de la botonera.

En este caso, el cableado que se utiliza es un UTP Cat.5e, que conforma la red Dynet. Esta red corre fuera de la intranet de la empresa, su comunicación no se direcciona a un solo dispositivo que recibe y envía señales y abre y cierra relés; el sistema está diseñado con el concepto de “inteligencia distribuida” por lo tanto la robustez del sistema y el grado de error es mínimo.

Por último, el PDEG (figura 11) es el dispositivo que permite la interfaz con la red externa. Integra una IP que permite ver los datos programados en línea y dispone de un reloj satelital. Se da de alta en el mismo momento que el resto de los dispositivos y, por intermedio de él, se puede acceder de forma remota al sistema.

Conclusiones

El objetivo del proyecto fue proveer al comitente un sistema de alumbrado artificial que se adecuara automáticamente a la dinámica del alumbrado natural, y que cumpliera con todas las condiciones de iluminancia y uniformidad según establecen las normativas vigentes. También, que este sistema implicara una curva de amortización razonable para el sector y que además se dispusiera del respaldo técnico para su mantenimiento.

La primera valoración positiva del uso del sistema fue de parte de la presidencia del usuario final, que



Figura 9. Sensor *DUS-90 AHB DALI Philips*



Figura 10. Botonera modelo *DPN941 Philips*

Parámetros eléctricos a tres niveles de iluminancia	Circuitos eléctricos de referencia					
	QB5		QB8		QB13	
	In	Un	In	Un	In	Un
408 Lx	3,9 A	230 V	3,7 A	232 V	3,9 A2	28 A
330 Lx	2,5 A	231 V	2,5 A	232 V	2,5 A2	28 A
260 Lx	1,3 A	230,5 V1	,2 A	232 V	1,3 A2	28,9 A

Tabla 2.V valores nominales de tensión y corriente a diferentes niveles de iluminancia

pudo ver concretado el anhelo de que los espacios que no se usaran mantuvieran la iluminación apagada. El siguiente valor agregado fue el del ahorro energético; a continuación se pueden observar los datos extraídos de la medición de tres circuitos testigos tomados en tiempo real: tensión nominal y corriente nominal. El horario de trabajo se fijó entre las 6:00 y las 14:00 horas. Y dependiendo de la época del año y del grado de ocupación, hay circuitos que están en valores del 65 por ciento de la corriente nominal, e incluso algunos al 33 por ciento.

Se tomaron los valores de iluminancia en el plano de trabajo durante la noche para los tres niveles de la botonera, y el resultado fue el que se muestra en la tabla 2.

En una mañana muy nublada de invierno, a las 8:30 horas, las luminarias se regularon al cien por ciento (100%) de su intensidad (figura 12). Con el correr de las horas, antes del mediodía y con un cielo parcialmente nublado, se regularon al sesenta por ciento (60%) y en los momentos de baja ocupación, al cuarenta por ciento (40%).

Los resultados obtenidos se resumen a continuación:



Figura 11. PDEG Dynalite Philips

- » Las enormes posibilidades de seguir mejorando la programación.
- » El adecuado uso de la energía eléctrica permite certificaciones internacionales que posicionan la marca en otros mercados y la hacen competitiva.
- » El valor agregado de la toma de conciencia del uso racional de las variables energéticas y el uso de recursos naturales para la preservación y cuidado del medioambiente, produce un efecto multiplicador en los colaboradores de la empresa y sus clientes.
- » La posibilidad de generar nuevos negocios para las empresas distribuidoras de materiales eléctricos e iluminación, los estudios de ingeniería y los contratistas eléctricos. ❖

Reconocimientos

Al señor Ricardo Valle, presidente de R&O Vallé; a los señores Gabriel Meta, Andrés Díaz Chávez y Alejandro Amaya, de Philips Signify; al señor Marcelo Fioravanti, quien hizo la ingeniería del proyecto.

Referencias

- [1] Norma IRAM AADL J 2006. Luminotecnia, Iluminación artificial de interiores, niveles.



Figura 12. Estado de alumbrado a las 8:30 horas