

Estudio de iluminación de la planta sales del valle del parque industrial de Cd. Obregón, Sonora.

Felix Rodrigo Villegas Valenzuela, Gabriel Núñez Román

Resumen— El presente trabajo se llevó a cabo en la nave industrial de una planta empacadora de sal, en los espacios que corresponden a las áreas de producción, insumos, oficina, producto terminado, embarque y almacén. La metodología consistió en realizar un estudio de campo con el objetivo de conocer la situación real en que se encuentra la planta, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que logró en función de ello, sustituir equipo de iluminación convencional por equipo de iluminación eficiente y ahorrador de energía.

La metodología consideró el estudio de factibilidad técnico-económico, considerando dos actividades principales: la evaluación técnica y la evaluación económica. Finalmente, con los resultados de la evaluación económica se determina el análisis costo/beneficio. En base a este análisis se propone la reposición de activos, es decir, llevar a cabo la sustitución de equipo de iluminación convencional por equipo de iluminación eficiente y ahorrador de energía.

Palabras clave— Ahorro de energía, iluminación eficiente.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de iluminación y alumbrado son en la actualidad una de las prioridades más fuertes para cualquier industria, comercio y residencia, ya que sin ellos los antes mencionados no podrían completar ó culminar sus procesos, ni extenderse a incorporar procesos nocturnos.

En este trabajo se considera principalmente el ahorro de energía eléctrica, ya que la competitividad de las empresas actualmente radica en este concepto, y mediante el mismo se establecen criterios de evaluación para elegir la mejor propuesta en equipos e instalación, sin dejar de considerar las normas de utilización de energía eléctrica vigentes.

La planta empacadora de sal, ubicada al sureste de la ciudad, en la primera sección de la zona industrial, está interesada en llevar a cabo este proyecto de inversión para el ahorro de energía eléctrica.

La metodología consistió en realizar un estudio de campo, con el objetivo de conocer la situación real en que se encuentra la planta, permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que logra en función de ello, determinar acciones a seguir para obtener los resultados adecuados en uso eficiente de la energía eléctrica, siendo éste, la sustitución de equipo de iluminación convencional por equipo de iluminación ahorrador de energía.

La metodología consideró el estudio de factibilidad técnico-económico, considerando tres actividades principales:

- La evaluación técnica, en cuanto a sus condiciones de diseño y operación.
- Evaluación económica, considerando las inversiones, costos y beneficios con base a la información técnica-económica de los equipos y sistemas analizados.

Finalmente, con los resultados de la evaluación económica se determina el análisis costo-beneficio. En base a este análisis se desarrolló la propuesta para encontrar el periodo de recuperación de la inversión, que consistió en la reposición de activos, es decir, se hizo la sustitución de equipo de iluminación convencional por equipo de iluminación ahorrador de energía.

II. DESARROLLO

A continuación se presenta la metodología utilizada para el cálculo de corrección y mejora del nivel de iluminación requerido para la nave industrial, según [Manual Eléctrico CONELEC, 1989].

A. Método De Cavidad Zonal:

Paso 1. Determinar el tipo de trabajo que se desarrollará en el local, y así conocer la cantidad y calidad de luz necesitada.

Consultar norma oficial NOM-025-STPS-1999, condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Paso 2. Determinar la fuente luminosa que se usará.

Consultar información de fabricantes de luminarios de acuerdo a las características de operación que sean requeridas para el área de trabajo.

Paso 3. Determinar las condiciones ambientales que prevalecerán en el área.

Se deben obtener así los efectos del polvo, suciedad y ambiente.

Manuscrito recibido el 8 de junio del 2005. Este trabajo es respaldado por impulso, revista de electrónica, eléctrica y sistemas computacionales. Felix Rodrigo Villegas Valenzuela (e-mail: ferviv313@hotmail.com). Gabriel Núñez Román. Profesor de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico de Sonora en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Instituto Tecnológico de Sonora; Ave. Antonio Caso S/N Col. Villa ITSON; Ciudad Obregón, Sonora, México; C.P. 85130; Tel: (644) 4109000, ext. 1200; Fax: (644) 4109001.(e-mail gnunez@itson.mx)

Paso 4. Determinar las condiciones físicas y operaciones del área y como se usará.

Esto incluye las dimensiones del local, reflectancias, plano de trabajo, horas diarias de trabajo y años que el sistema será usado.

Paso 5. Seleccionar el luminario que se va a usar, algunos factores que ayudan a determinarlo son:

- a) altura de montaje
- b) tipo de lámpara seleccionada
- c) depreciación del luminario
- d) restricciones físicas del montaje
- e) mantenimiento
- f) costo, tamaño y peso
- g) aspecto estético.

Paso 6. Determinar factores de depreciación de luz para el área, dividida en dos categorías:

a) no recuperables: temperatura ambiental, voltaje de alimentación, características del balastro y características de la superficie del luminario.

b) recuperables: depreciación de la producción lumínica de la lámpara, lámparas fuera de operación, depreciación de la luminaria debido al polvo, depreciación de la superficie del local debido al polvo.

Multiplicando todos los factores de pérdida es como se obtiene un factor de pérdida neta.

Los dos factores que afectan en mayor proporción la pérdida de luz son:

L.L.D. = depreciación de lúmenes de lámpara y

L.D.D. = depreciación del luminario debido al polvo.

Multiplicando estos dos factores es como se obtiene el Factor de Mantenimiento (m.f.).

Paso 7. Cálculo de las relaciones de cavidad:

- a) Del local.
- b) Del techo.
- c) Del piso.

Para el cálculo de la relación de cavidad se utiliza la fórmula 1.

$$\text{Relación de cavidad} = \frac{5 \times \text{altura} \times (\text{largo} + \text{ancho})}{\text{largo} \times \text{ancho}} \quad (1)$$

donde:

altura = altura de cavidad del local, piso o techo según el caso.

Paso 8. Determinar las reflectancias efectivas correspondientes a las cavidades de techo y piso.

Este procedimiento contempla el efecto de interreflexión de la luz considerando las diferentes superficies del local. Si todas las superficies son altamente reflectivas, o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo no será necesario efectuar este cálculo. En este caso se puede usar el valor actual de las reflectancias de las superficies (estimadas o medidas) para determinar el coeficiente de utilización.

Paso 9. Determinar el coeficiente de utilización.

Este se encuentra en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para el luminario que se usará. Para esto se debe conocer primeramente las reflectancias efectivas de techo, pared y piso.

Un valor de reflectancia de piso es del 20%.

Paso 10. Calcular el número de luminarios que se requieren de acuerdo a la fórmula 2.

$$\text{Lum.} = \frac{\text{nivel luminoso} \times \text{área}}{\text{lámp.} / \text{lum.} \times \text{lúmenes} / \text{lámp.} \times \text{c.u.} \times \text{m.f.}} \quad (2)$$

donde:

c.u. = coeficiente de utilización.

m.f. = factor de mantenimiento.

Paso 11. Cálculo de la DPEA.

Para calcular la Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado se utiliza la fórmula 7.3

$$\text{DPEA} = \frac{P (\text{conectada})}{A} \quad (3)$$

donde:

DPEA = densidad de potencia eléctrica para alumbrado

P (conectada) = carga total conectada de alumbrado

A = área total por iluminar.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio de iluminación fue realizado para todos y cada uno de los equipos luminosos con que cuenta la planta actualmente, en lo que se refiere a las seis secciones en que se divide toda la nave de producción.

Las cantidades de equipo con que cuenta la nave, especificadas de acuerdo a sus características de iluminación son las siguientes:

- 8 lámparas de vapor de sodio de 400 W, 220 V.
- 3 lámparas de vapor de sodio de 250 W, 220 V.
- 4 reflectores de 400 W, 220 V.
- 2 reflectores de 250 W, 220 V.
- 11 lámparas fluorescentes 2 x 39 W, 127 V.
- 4 lámparas fluorescentes de 22 W, 127 V.
- 5 lámparas incandescentes de 150 W, 127 V.

Como era de esperarse, casi en su totalidad, los equipos de iluminación presentaron un nivel lumínico por debajo del mínimo recomendado, y en algún caso, nulo.

Para obtener los valores de la tabla 1, se seleccionaron las siguientes luminarias:

- Se utilizó una luminaria marca Enduralume, sellada y con filtro anticorrosivo, contra polvo y humedad, contaminación alta, con lámpara de aditivos metálicos de 250 W. En las áreas de producción, insumos, producto terminado, embarque y almacén.
- Se consideró una luminaria sellada y con filtro anticorrosivo, contra polvo y humedad, contaminación alta, con lámpara fluorescente de 2x39 W, T-8 con balastro electrónico en las áreas de producción y oficina del supervisor.

De acuerdo a lo observado en las tablas 2 y 3, el consumo de energía eléctrica disminuye, por lo tanto, se tiene un ahorro de \$36,387.29 pesos del año. Por otro lado, al adquirir un sistema lámpara-balastro electrónico 2x32 W, con sello FIDE, se otorgará un incentivo de \$51.20. Como se tienen 18 luminarias, el ahorro será de \$921.60; obteniéndose así, un ahorro total de \$37,308.89.

TABLA 1. RESULT. OBT. EN CÁLCULO DE LUMINARIAS.

| Lugar | Nivel de iluminación requerido (luxes) | No. de luminarias | Nivel de iluminación mínimo (luxes) | DPE A (W/m ²) |
|-----------------------|--|-------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Producción | 300 500 (localizado) | 20 2 | 307.63 581.82 | 10.42 |
| Almacén de insumos | 50 | 4 | 151.28 | 7.57 |
| Oficina de supervisor | 350 | 1 | 404.37 | 10.59 |
| Producto terminado | 200 | 12 | 228.28 | 8.33 |
| Embarque | 200 | 12 | 249.44 | 9.37 |
| Almacén general | 50 | 3 | 95.31 | 4.62 |

TABLA 3. CONSUMO DE ENER. ELÉCT. DE EQUIPO AHORRADOR DE ENERGÍA.

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | POT. (W) | POT. TOTAL (kW) | Hrs. año | Consumo anual (kWh.) | Importe anual (pesos)* |
|----------|----------------------------|----------|-----------------|----------|----------------------|------------------------|
| 18 | Lum. Holophane 2x32 W, T-8 | 80 | 1.44 | 4,200 | 6,048 | 5,291.09 |
| 51 | Lum. Holophane A.M. 250 W. | 312 | 15.912 | 4,200 | 66,830.40 | 58,466.57 |

*Considerando un precio promedio de \$0.87485 / kWh..

TABLA 4. INSTALACIÓN DE EQUIPO CONVENCIONAL.

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|----------|--------------------------------------|---------------------|------------------|
| 18 | Luminario convencional 2x39 W, T-12. | 890 | 16,020.00 |
| 51 | Luminario convencional VSAP 400 W. | 1,725 | 87,975.00 |

TABLA 5. INSTALACIÓN DE EQUIPO AHORRADOR DE ENERGÍA.

| CANTIDAD | DESCRIPCIÓN | COSTO UNITARIO (\$) | COSTO TOTAL (\$) |
|----------|----------------------------------|---------------------|------------------|
| 18 | Luminario Holophane 2x32 W, T-8. | 1,428.50 | 25,713.00 |
| 51 | Luminario Holophane A.M. 250 W. | 2,875 | 146,625.00 |

En las tablas 4 y 5 se observan los costos de la instalación tanto de unidades convencionales como de unidades ahorradoras, observándose un costo adicional de \$68,343.00 al instalar unidades ahorradoras, pero se generará un ahorro anual de \$37,308.89; considerando una inversión de \$172,338.00; el periodo de recuperación de la inversión será de 1 año, 9 meses y 29 días.

Con esta cantidad de equipos de iluminación, se logra, de acuerdo a cálculos y normas empleadas, establecer un nivel de iluminación óptima para realizar las funciones de trabajo en la elaboración y empaque de sal comestible.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sustitución de equipo de iluminación convencional por equipo de iluminación eficiente y ahorrador de energía en función al costo-beneficio, en la metodología seguida proporciona la información, de tal manera que se pueda decidir en invertir por etapas, debido a que indica el tiempo de recuperación de la inversión de cada equipo luminoso analizado, y así también, analizar que equipos luminosos son prioritarios para el reemplazo.

Como propuesta para la inversión financiera y reposición de activos, esta debe programarse de tal manera que se sustituyan los equipos de iluminación convencionales por ahorradores de energía más prioritarios en cuanto el trabajo que se realiza en cada área de subdivisión de la nave de producción con que cuenta la planta industrial.

REFERENCIAS

- [1] Chapa Carreón, 1994. Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría, Editorial Limusa, México.
- [2] CONAE, 1995. Metodología de aplicación de la norma NOM-007-Ener-95, México pp. 56.
- [3] CONELEC, 1989. Manual Eléctrico, México.
- [4] Frier John, Gazley Mary, 1994. Sistemas de Iluminación Industriales, Editorial Limusa, México.
- [5] González Burgueño, Jorge Luis. 2003. "Metodología utilizada para la evaluación de motores eléctricos en la Planta Industrial Sales del Valle S.A. de C.V.". Tesis de Ingeniero Electricista. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México. pp 79.
- [6] Núñez Bojórquez, Raymundo. 1996. "Proyecto de Iluminación en una nave industrial empleando el método de cavidad zonal". Tema de sustentación de Ingeniero Electricista. Instituto Tecnológico de Sonora. Cd. Obregón, Sonora, México. pp 138.
- [7] www.stps.gob.mx (Octubre de 1999).
- [8] www.sener.gob.mx (Septiembre de 1995).

Felix Rodrigo Villegas Valenzuela actualmente es candidato a obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Eléctrica del ITSON. Fue Profesor de Matemáticas, Física y Computación en el Instituto Superior de Comercio y Puericultura de Cd. Obregón, Sonora desde Septiembre de 2001 hasta Julio de 2004. Actualmente desempeña el cargo de Auxiliar Administrativo en OOMAPASC en la Agencia de Pueblo yaqui, Cajeme, Sonora.

Gabriel Núñez Román egresó del Instituto Tecnológico de Sonora en 1985 como Ingeniero Industrial, en 2003 obtuvo el grado de Maestría en Ingeniería en Administración de la Tecnología Eléctrica en el Instituto Tecnológico de Sonora. Desde 1993 hasta la fecha se ha desempeñado como Profesor de Tiempo Completo del Instituto Tecnológico de Sonora en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.