

Nuevas tecnologías aplicables a Instalaciones Industriales

Por: Ing. Manuel H. Luque Casanave
Profesor-Investigador
Facultad de Ingeniería Mecánica
Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú
verman@verman.com.pe

1. Mediciones con termografía por infrarrojos

La termografía por infrarrojos (IR) es una técnica que permite calcular y determinar temperaturas de un objeto a distancia, con exactitud y sin que el objeto cuya temperatura se desea medir esté en contacto físico con el medidor. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético que emite el objeto, utilizando cámaras termográficas. La cámara infrarroja hace uso de dispositivos optoelectrónicos para detectar y medir la radiación emitida, obteniéndose con ello la temperatura superficial de la estructura o equipo que se inspecciona.



Figura 1. Cámaras termográficas por infrarrojos

A partir de datos de las condiciones del entorno (humedad y temperatura del aire, distancia a objeto termografiado, ratio distancia a objeto/distancia focal del lente, temperatura reflejada, radiación incidente) y de las características de las superficies

termografiadas como la emisividad la energía radiada detectada es convertida por la cámara termográfica en valores de temperaturas. En la termografía, cada pixel corresponde con un valor de medición de la radiación; con un valor de temperatura. Se muestra en la cámara el objeto bajo medición IR con distintos tonos de color en su superficie, en la que cada color representa un valor de radiación y con ello de temperatura. Asimismo se muestra en la pantalla de la cámara un espectro de colores con escala de temperaturas.

A la cámara infrarroja se le puede incorporar filtros para filtrar longitudes de onda de emisiones no deseadas de gases o vapores que se encuentren en la trayectoria de medición, tal es el caso en que se desee medir en una caldera u horno solo la temperatura de la llama.

Se tienen equipos de medición termográfica portátiles, operados con batería y que son comúnmente empleados para inspecciones periódicas, poseen memoria y al final de las mediciones se descarga la información a una computadora o Lap Top para el análisis con un software propietario. Se cuenta con equipos conectados en línea para mediciones y/o registro continuo de temperaturas en sistemas de monitoreo y/o integrando un sistema de control, como es el caso de control de combustión por temperatura de llama.

Poseen guiador de rayo láser para indicar exactamente lo que se está enfocando. Vienen con juego de lentes de diferentes distancias focales para permitir mediciones focalizadas en un área específica del objeto bajo medición infrarroja; asimismo tienen conectividad para transferencia inalámbrica de imágenes directamente a la PC, Lap Top, a smartphones iPhone™, Android™, sea por vía Wi-Fi™ o Bluetooth™.



Figura 2. Cámaras termográficas con conectividad para transferencia inalámbrica a Smartphones de imágenes de mediciones de temperatura

Las mediciones con termografía por infrarrojos tiene múltiples ventajas, entre ellas la mayor rapidez y máxima eficacia de detectar temperaturas críticas al menor costo,

previene averías y pérdidas de tiempo por salida de servicio de equipos. Es una de las herramientas más útiles del mantenimiento predictivo. Con solo poder prever qué componentes están a punto de averiarse, se puede precisar en qué momento adoptar las debidas medidas correctivas, antes que fallen los equipos.

Las cámaras termográficas son la herramienta perfecta para predecir fallas, ya que consiguen hacer visible lo invisible, en una termografía los problemas saltan a la vista de inmediato. Se utilizan para supervisar las superficies de calderas, hornos, secadores, molinos, tanques de almacenamiento, deterioros del aislamiento térmico, determinando problemas por pérdidas de calor.

En muchos sectores, los sistemas mecánicos son la espina dorsal de todas las operaciones. Los datos térmicos recopilados con una cámara termográfica pueden ser una fuente muy valiosa de información complementaria para los estudios de vibración y la supervisión de los equipos mecánicos. Los sistemas mecánicos se recalientan si hay errores de alineamiento en ciertos puntos del sistema. Las fajas transportadoras son un buen ejemplo, si un rodillo está gastado, aparecerá claramente en la termografía, indicando que debe cambiarse; los componentes mecánicos que se desgastan y pierden eficiencia suelen disipar más calor, como resultado, los equipos o sistemas defectuosos aumentan rápidamente su temperatura antes de averiarse. Al comparar periódicamente lecturas de una cámara termográfica con el perfil de temperatura de una máquina en condiciones de funcionamiento normales, es posible detectar las fallas

antes que ocurran y saquen de servicio a un equipo y/o a la planta de producción, según la relevancia del equipo en la operación.

Se realizan inspecciones de acoplamientos, transmisiones, rodamientos en desgaste, bombas, compresores, fajas de transmisión, sellos mecánicos, turbinas y fajas transportadoras. Se detectan tempranamente problemas de lubricación, errores de alineamiento, motores recalentados, rodillos gastados, bombas, ventiladores y compresores operando en sobrecarga.

La termografía también ofrece información muy valiosa sobre el estado del aislamiento de conductos, tuberías y válvulas. Se pueden detectar con la termografía fugas en bombas, tuberías y válvulas, averías del aislamiento, obstrucciones en tuberías. Además se usa la termografía para determinar desde el exterior el nivel de producto en tanques y silos de almacenamiento. Con las cámaras termográficas se realizan inspecciones de equipos eléctricos, sean de alta, media o baja tensión, componentes de mando y protección de los tableros eléctricos, empalmes de barras con conductores, recalentamiento de motores, bombas, compresores.

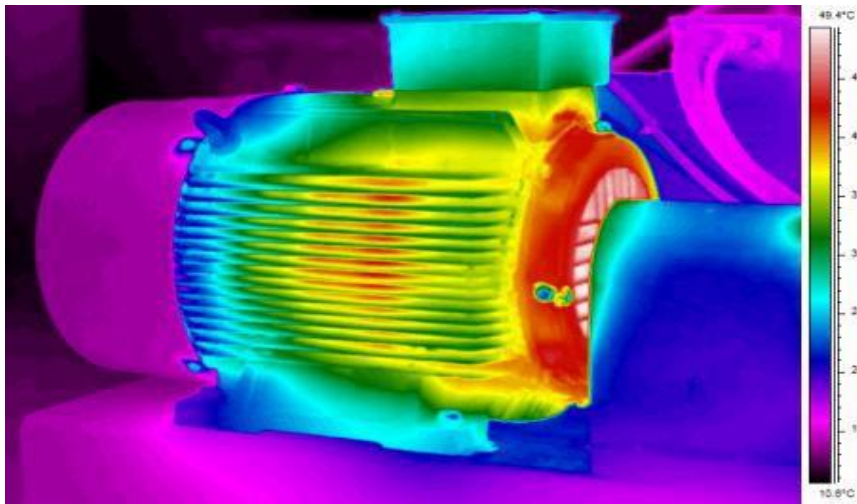


Figura 3. Termografía de un motor eléctrico

También se pueden inspeccionar motores, cuyas fallas como desgaste de rodamientos, pérdida de aislamiento en el devanado del estator, desalineamientos, etc. suelen producir un calor excesivo antes de la falla, en algunos casos no detectables mediante un análisis de vibraciones puesto que con frecuencia generan poca o ninguna vibración; en estos casos la termografía ofrece una visión completa y permite comparar las temperaturas con las que se tenían en operación normal.

Recientemente se están utilizando los UAVs o drones con cámaras termográficas para el monitoreo aéreo remoto de las temperaturas de tanques y de equipos de instalaciones de difícil acceso. Inspección de plantas solares con UAV y termografía; inspección de líneas de transmisión y torres de tendido eléctrico con termografía; inspección en turbinas de generadores eólicos con termografía y drones; mantenimiento predictivo e inspección en instalaciones industriales con UAV; termografía urbana y evaluación de eficiencia energética con drones; búsqueda de personas y rescate con drones y termografía (se detecta la presencia humana por la temperatura corporal diferenciada del entorno; control de cultivos con cámaras multiespectrales.

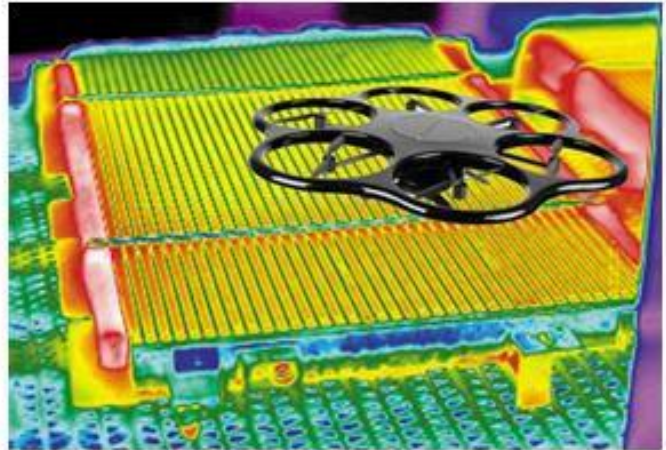
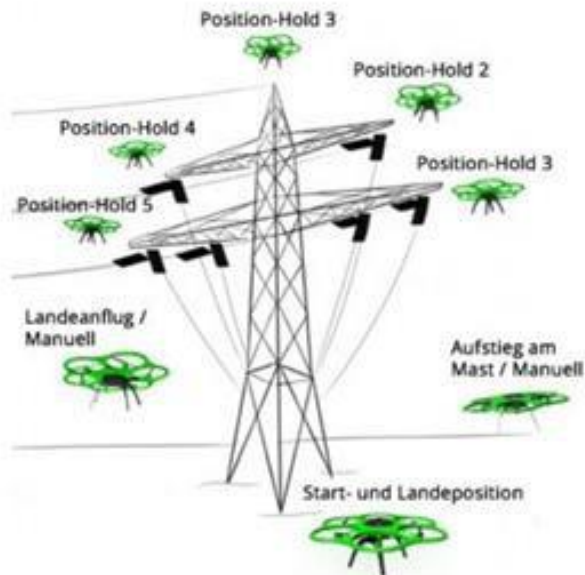


Figura 4. Termografía con el uso de UAVs (drones)

2. Lámparas LED

Las lámparas LED han marcado un hito en el mercado de la iluminación, por su alta eficacia lumínica, esto es menos Watts de potencia eléctrica demandada para brindar similar flujo luminoso con otros tipos de lámparas, por la mayor cantidad de horas de vida útil y por la variada gama de colores y arreglos en la iluminación. Si bien tienen un costo inicial relativamente mayor que otro tipo de lámparas, el ahorro en electricidad durante su operación y el mayor número de horas de vida útil justifica largamente su implementación.

Las características y especificaciones a tener en cuenta en la elección de un LED para garantizar los ahorros en energía y en costos, son las siguientes :

1. Etiqueta de eficiencia energética. Todas las lámparas -incluyendo las LEDs- deben incorporar en el embalaje, caja o blíster de venta, información sobre su consumo energético; esta información se refleja en esta etiqueta energética, la que muestra siete categorías de eficiencia energética A, B, C, D, E, F y G siendo A la más eficaz y G la menos eficaz.

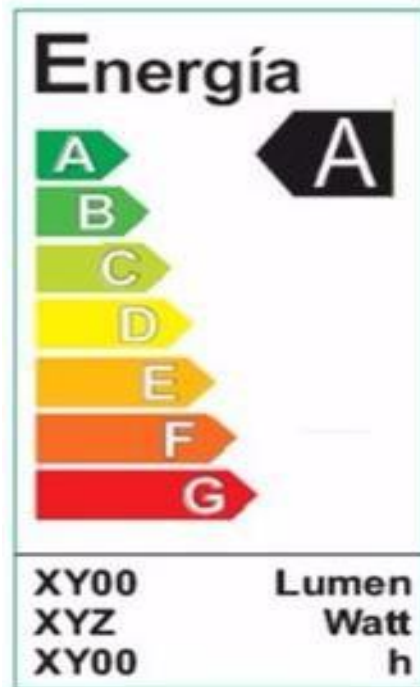


Figura 5. Modelo de etiqueta de eficiencia energética para lámparas

Donde :

XY00: Flujo luminoso. Es la potencia lumínica emitida por la lámpara (lúmenes).

XYZ: Potencia eléctrica demandada por la lámpara (Watts).

XY00: Vida útil según las horas de uso (horas)

2. El flujo luminoso (lúmenes). Representa la cantidad de luz que emite la lámpara.

3. La potencia (W). Es la potencia eléctrica que demanda la lámpara para brindar el flujo luminoso.

4. Eficacia lumínica (lúmenes/Watt). Este valor se obtiene de la etiqueta de eficiencia energética, al dividir los lúmenes entre los Watts mostrados. Este es el factor más importante para el ahorro de energía durante la operación de la lámpara.

5. El factor de potencia (PF). Se refiere al aprovechamiento energético que una lámpara LED hace de la electricidad que le llega, se mide en una escala del 0 al 1 y representa la fracción de energía consumida que se convierte en iluminación. Normalmente las lámparas LED tienen un PF mayor de 0,8 siendo un factor gravitante en el ahorro de energía respecto a otras lámparas.

6. Cumplimiento de normas de fabricación y estándares de calidad. Entre ellas la Certificación UL (Underwriters Laboratory) o Factory Mutual (FM) que certifican la calidad de los componentes de fabricación de la lámpara. Cumplimiento de normas técnicas internacionales, de la Unión Europea Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad. UNE EN 62031; Norma Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2012, Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general, límites y métodos de prueba;

7. La temperatura (°K). Este factor indica el color de la luz que emite la lámpara LED; dependiendo de la temperatura, se cuenta con luz amarilla (2700°K) o blanca (6000°K). Las temperaturas más utilizadas en la iluminación suelen ser los 2700°K en hogares, los 3000°K para oficinas y 4000°K para industrias y almacenes. Las bombillas con temperatura de 6500° K son las que arrojan una luz comparable a la luz del día y suele ser común en hospitales o grandes fábricas. Existe una tabla que se puede pedir a la hora de comprar un dispositivo para conocer detalladamente el color que proporcionará la bombilla en cuestión.

8. El índice cromático (CRI o Ra). El CRI indica porcentualmente la calidad y fiabilidad de la luz que emite la lámpara en comparación con su luz natural. Está indicado en una escala entre el 0 al 100, donde 100 es la luz y el color natural. Por ejemplo un CRI de 90 o 100 nos asegura unos resultados excelentes, respetando la viveza y brillo de los colores naturales.

Para tener una iluminación adecuada a la actividad que se ejerce en el ambiente a iluminar, tener en cuenta el concepto de iluminancia.

La Iluminancia (lux= lúmen/m²). Mide la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Según el tipo de actividad hay una iluminancia recomendada (lux)¹⁷. En Perú la iluminancia recomendada está especificada en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), tópico III.4 Instalaciones Eléctrica y Mecánicas, Norma EM.010. Tabla de Iluminancias para Ambientes al Interior.¹⁸

La determinación de la iluminancia es el primer paso que debe dar el usuario para determinar el número de lámparas LEDs que se necesitará en una instalación en base al área a iluminar (m²) y al flujo luminoso (lúmenes) que ofrecen las lámparas LEDs en el mercado.

Los fabricantes de luminarias LED deberán proporcionar en forma clara, concisa, realista y normalizada, las características y parámetros técnicos de sus luminarias, posibilitando la comparación entre productos de diferentes fabricantes:

Los diodos emisores de luz (LED) no tienen filamentos u otras partes mecánicas sujetas a roturas o fallas, por lo que su vida útil es mucho mayor, alcanzando una duración de hasta 50 mil horas. Las lámparas y luminarias LED no contienen mercurio, no producen radiación infrarroja, ni contaminación lumínica, la mayoría de sus componentes son reciclables: La iluminación LED es mucho más brillante y nítida que la tecnología fluorescente u halógena, posee un encendido inmediato y no presenta

variaciones en la intensidad de la iluminación.

Las lámparas LED se diferencian por la cantidad de leds (diodos emisores de luz) que contienen, desde 3 hasta series de 20. Igualmente por el material del que están fabricados los leds, el que un LED emita más luz depende de la cantidad de material activo (material que convierte la electricidad en fotones) que se haya utilizado. Según tenga más o menos el precio de la lámpara LED se encarece. Para evitar usar leds de alta densidad, que son más caros, algunos fabricantes incluyen 12, 20 o más leds en sus lámparas de calidad inferior, lo que acarrea a futuro problemas al usuario, pues al estar colocados en serie los leds, al fallar uno fallarán los siguientes por lo que la vida de la lámpara se reduce. Es recomendable adquirir las lámparas LEDs de fabricantes conocidos como Philips, Osram, GE, LG, Samsung, Sylvania, Toshiba, Bridgelux.

La implementación de iluminación LED con sistemas que se activan ante la presencia humana en la planta, logra ahorros significativos de energía. Se implementan en corredores de tránsito, en oficinas, en almacenes, en áreas externas a la planta. Se puede seleccionar el nivel de iluminación exterior para que se activen durante el día o la noche en presencia o ausencia de luz solar.

Recomendaciones al adquirir e instalar equipos de iluminación LED:

- a.** Determinar los niveles de iluminación recomendados para el ambiente a iluminar en lux (1 lux = 1 lúmen/m²). Tener en cuenta que se pueden necesitar varias lámparas LEDs para lograr el valor en lux recomendado distribuidas convenientemente en el área del ambiente a iluminar.
- b.** Multiplicar el área (m²) por el valor en lux recomendados por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) para ese ambiente y obtener con ello los lúmenes totales que se necesitan.
- c.** Identificar el tipo de lámpara LED a utilizar, ver los lúmenes que brinda la lámpara. El número de lámparas a instalar se determina dividiendo el total de lúmenes obtenidos en el paso anterior entre los lúmenes que brinda cada lámpara a instalar.
- d.** Es importante que en el cableado la sección de los conductores que se utilice sea del calibre adecuado (mm² de sección) según la intensidad de corriente demandada (Amperios).
- e.** Tener en cuenta que los empalmes deben ser soldados, además utilizar termocontraíbles.
- f.** Es preciso respetar la conexión ya sea en serie o en paralelo según sea necesario.

¹⁷Nota : 1 lux = 1 lúmen/m²

¹⁸http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/04_EM/RNE2006_EM_010.pdf

Cinco ventajas de la iluminación LED:

1. Mayor eficacia energética. Los LED's consumen entre el 80-90% menos de electricidad. Esto supone un importante ahorro en la factura eléctrica.

2. Mayor vida útil. La vida media de una lámpara LED se sitúa entorno a las 45.000 horas frente a las 2000 horas que una bombilla estándar ofrece. El dato salta a simple vista, con una lámpara LED tendríamos cinco años de luz continuada, 24 horas al día y 7 días a la semana; frente a los 83 días de la bombilla estándar.

3. Son más ecológicas. Las bombillas normales contienen tungsteno y los fluorescentes mercurio, productos tóxicos. Los LED son reciclables y cumplen con la normativa europea RoHS de sustancias contaminantes.

4. No son una fuente de calor. Al contrario de las bombillas tradicionales no desprenden calor lo que evita el desperdicio de energía y permite su uso en lugares pequeños y delicados donde ese calor producido puede ser perjudicial.

5. Bajo mantenimiento. La larga vida de los productos LED evitan tener que estar realizando un mantenimiento frecuente.

El mayor precio de la lámpara LED con respecto a la iluminación tradicional se compensa con el ahorro anual que se tiene en energía eléctrica. En la Tabla 25 se muestra una guía para la sustitución de lámparas basada en equivalencias de varios tipos de lámparas.

Tabla 1. Guía para la sustitución de lámparas

SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS																					
Tipo de lámpara	Incandescente									Halógena						Fluorescente T8					
Potencia (W)	25	40	60	75	100	150	200	250	300	35	50	75	100	150	200	18	36	54	72	90	108
	Sustitución por																				
Tipo de lámpara	LED	HAL	BC	LED	HAL	BC	LED	HAL	BC	LED	BC	LED	HBC	BC	HBC	FTS	LED	FTS	LED	FTS	LED
Potencia (W)	6	13	5	7	20	8	12	30	11	4	20	7	30	20	45	16	9	28	18	51	29
Ahorro de energía	76%	48%	80%	83%	50%	80%	80%	50%	82%	89%	43%	80%	40%	73%	40%	11%	50%	22%	50%	12%	50%

HAL=Lámpara Halógena

BC=Lámpara de Bajo Consumo

HBC=Lámpara Halógena de Bajo Consumo

FT5=Fluorescente Lineal T5

Fuente: Basada en la información técnica disponible de lámparas LEDs Philips y Osram

3. Especificaciones técnicas para motores eléctricos de alta eficiencia

Los motores de alta eficiencia y de calificación Premium debido a sus menores pérdidas funcionan a temperatura más baja que los motores equivalentes de eficiencia estándar. Ello redundará en una vida más larga del aislamiento y del lubricante, y en menos tiempo improductivo. Asimismo, por su diseño específico, tienen la capacidad de tolerar mayores variaciones de voltaje y, de ser necesario, mayores temperaturas ambiente. Un beneficio adicional es que, al generarse menor calor residual en el espacio que rodea al motor, se reducen las necesidades de ventilación.

Al adquirir un motor de alta eficiencia o de eficiencia Premium tener en cuenta no solo la alta eficiencia, sino que el motor además debe cumplir con la velocidad de rotación (RPM), el torque nominal requerido del motor, cumplir con el torque de arranque, la calificación NEMA A,B, C, D. Según la función del motor en el proceso, la corriente de arranque y el factor de servicio, el ambiente de trabajo.

Las características y especificaciones técnicas a tener en cuenta en la elección de un motor eléctrico de alta eficiencia para garantizar los ahorros en energía y en costos, son las siguientes:

1. Etiqueta de eficiencia energética

Los motores eléctricos deben tener una etiqueta de eficiencia energética pegada en el cuerpo o en el embalaje y el catálogo. El objetivo es que el comprador tenga la información relevante sobre la demanda de potencia y consumos de energía para una decisión técnico económica de su adquisición.

En la Figura 57 se aprecia un modelo de etiquetas de eficiencia energética para los motores eléctricos.

ENERGIA		IE2
Fabricante		XYZ
Modelo		XYZ
Más eficiente (Menor consumo) 		
Menos eficiente (Mayor consumo)		
Los resultados se obtienen aplicando los métodos de ensayo descritos en las Normas Técnicas Peruanas e internacionales correspondientes		
La etiqueta debe ir adherida al motor, debiendo permanecer hasta ser adquirido por el consumidor		Entidad Certificadora

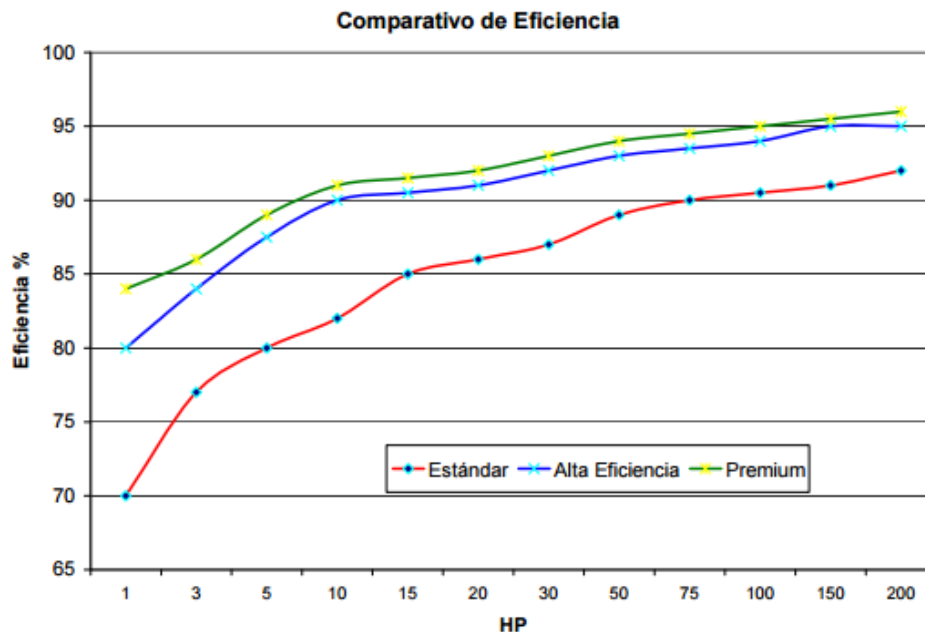
Figura 6. Modelo de etiqueta de eficiencia energética para motores eléctricos

2. Cumplimiento de normas de fabricación y estándares de calidad. Entre ellas la Certificación UL (Underwriters Laboratory) o Factory Mutual (FM) que certifican la calidad de los componentes de fabricación del motor.¹⁹



Figura 7. Motor eléctrico de alta eficiencia con certificados de calidad de componentes.

El hecho de que un motor eléctrico tenga una eficiencia mayor significa que se disminuye los costos de operación del motor y se puede recuperar la inversión adicional en un tiempo razonable, sobre todo si se opera a una carga cercana a la potencia nominal. Los motores de alta eficiencia poseen generalmente un menor deslizamiento (mayor velocidad de operación) que los motores de eficiencia estándar, debido a los cambios que se producen en los parámetros del motor. Los motores de alta eficiencia son normalmente más robustos y mejor construidos que los motores estándar, lo que traduce en menores gastos en mantenimiento y mayor periodo de vida útil. En la Figura 8 se presenta un gráfico comparativo de eficiencias de motores, en el que por ejemplo se aprecia para motores con potencias mayores a 100 HP, eficiencias del orden de 91 % para motores estándar y mayores a 95 % para motores Premium.



Fuente : Programa Integral de Asistencia Técnica y Capacitación; Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala-Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, México

Figura 8. Gráfico comparativo de eficiencia de motores

A manera de ejemplo, un motor de 15 HP de eficiencia estándar de 89%, y un motor de alta Eficiencia con una eficiencia de 92%. La diferencia de precios puede ser aproximadamente 30%. Para un uso de 16 horas diarias durante todo el año la diferencia se puede pagar en un periodo menor a 15 meses. A partir de ese momento, el uso del motor de alta eficiencia generará ahorro para la empresa.

¹⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Underwriters_Laboratories