

Curso Alumbrado LED

Facultad de Ingeniería – Universidad de la República

DEPRECIACIÓN LUMÍNICA, CONCEPTO DE *VIDA* EN ILUMINACIÓN LED



Mortalidad y vida útil

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas
 - 50 000 horas

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas
 - 50 000 horas
 - 100 000 horas

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas
 - 50 000 horas
 - 100 000 horas
- Las diferencias en las promesas son apreciables

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas
 - 50 000 horas
 - 100 000 horas
- Las diferencias en las promesas son apreciables
- ¿Cual es cierta?

Mortalidad y vida útil

- Fabricantes
 - 35 000 horas
 - 50 000 horas
 - 100 000 horas
- Las diferencias en las promesas son apreciables
- ¿Cual es cierta?
- ¿Alguna lo es?

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad
- Falla catastrófica

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad
- Falla catastrófica
 - rotura de filamento o electrodos

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad
- Falla catastrófica
 - rotura de filamento o electrodos
 - suele ocurrir antes de una depreciación significativa del flujo emitido

Mortalidad y vida útil

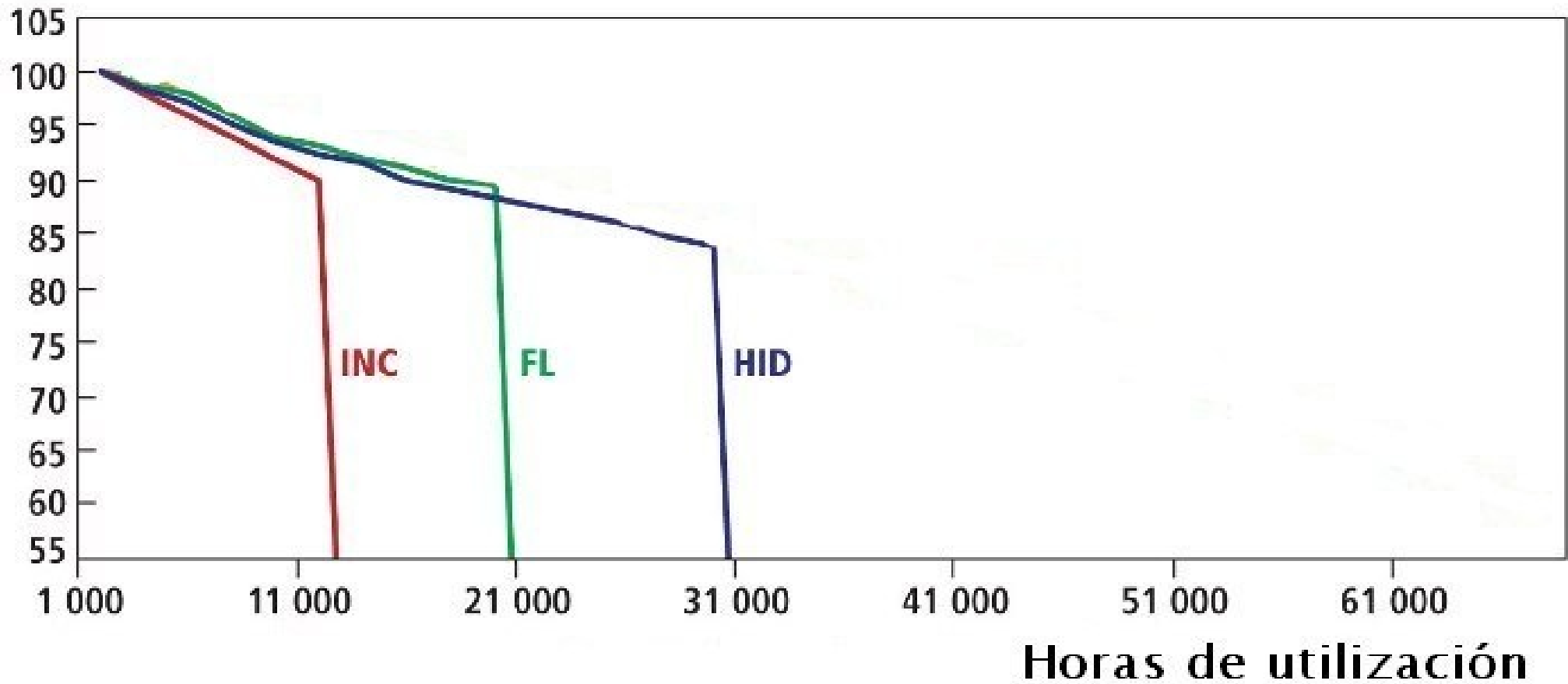
- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad
- Falla catastrófica
 - rotura de filamento o electrodos
 - suele ocurrir antes de una depreciación significativa del flujo emitido
 - prestar atención a la depreciación de flujo

Mortalidad y vida útil

- Otras tecnologías
 - recambio → determinado por la mortalidad
- Falla catastrófica
 - rotura de filamento o electrodos
 - suele ocurrir antes de una depreciación significativa del flujo emitido
 - prestar atención a la depreciación de flujo
 - tiene poca relevancia

Mortalidad y vida útil

Flujo (%)



Mortalidad y vida útil

- LED

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?
- Necesariamente

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?
- Necesariamente
 - fin de vida útil

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?
- Necesariamente
 - fin de vida útil → depreciación

Mortalidad y vida útil

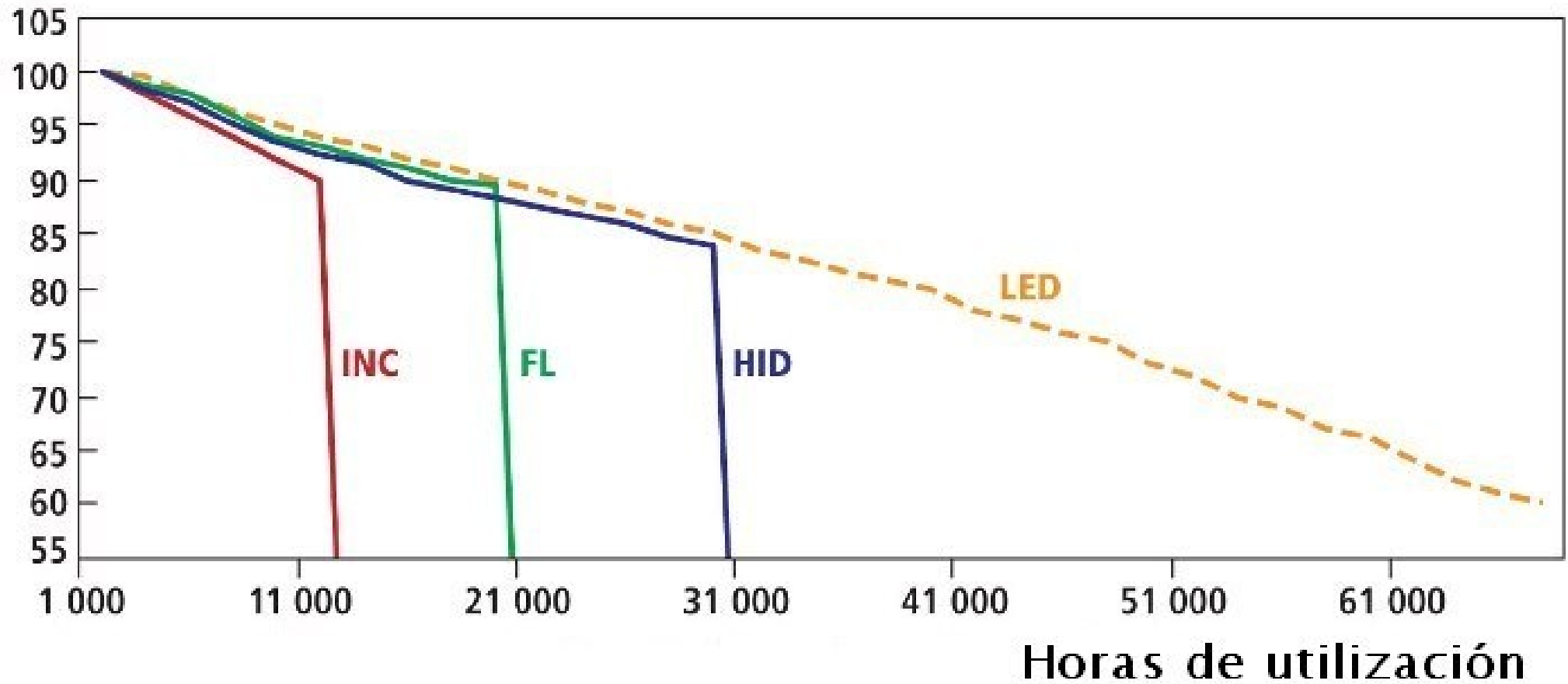
- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?
- Necesariamente
 - fin de vida útil → depreciación
 - conocer curva de depreciación

Mortalidad y vida útil

- LED
 - ausencia de falla catastrófica de la lámpara
 - mortalidad no puede determinar recambio
 - ¿qué prometen los fabricantes?
- Necesariamente
 - fin de vida útil → depreciación
 - conocer curva de depreciación
 - conocer la duración del LED

Mortalidad y vida útil

Flujo (%)



Mortalidad y vida útil

- Dificultad

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados → no hay consenso aún

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados → no hay consenso aún
- Solución

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados → no hay consenso aún
- Solución
 - Ensayos mas cortos

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados → no hay consenso aún
- Solución
 - Ensayos mas cortos
 - Extrapolación de resultados

Mortalidad y vida útil

- Dificultad
 - duración prolongada → ensayo prolongado
- 50 000 horas → 5.7 años de ensayo
- Ensayos acelerados → no hay consenso aún
- Solución
 - Ensayos mas cortos
 - Extrapolación de resultados
- Validación de esas extrapolaciones

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación
 - ensayos a diferentes temperaturas

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación
 - ensayos a diferentes temperaturas
 - ¿qué pasa si opera a temperatura distinta a la de los ensayos?

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación
 - ensayos a diferentes temperaturas
 - ¿qué pasa si opera a temperatura distinta a la de los ensayos?
- Necesidad

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación
 - ensayos a diferentes temperaturas
 - ¿qué pasa si opera a temperatura distinta a la de los ensayos?
- Necesidad
 - medir depreciación

Mortalidad y vida útil

- Dificultad adicional
 - dependencia con la temperatura de operación
 - ensayos a diferentes temperaturas
 - ¿qué pasa si opera a temperatura distinta a la de los ensayos?
- Necesidad
 - medir depreciación → **LM-80**

Ensayos: LM-80

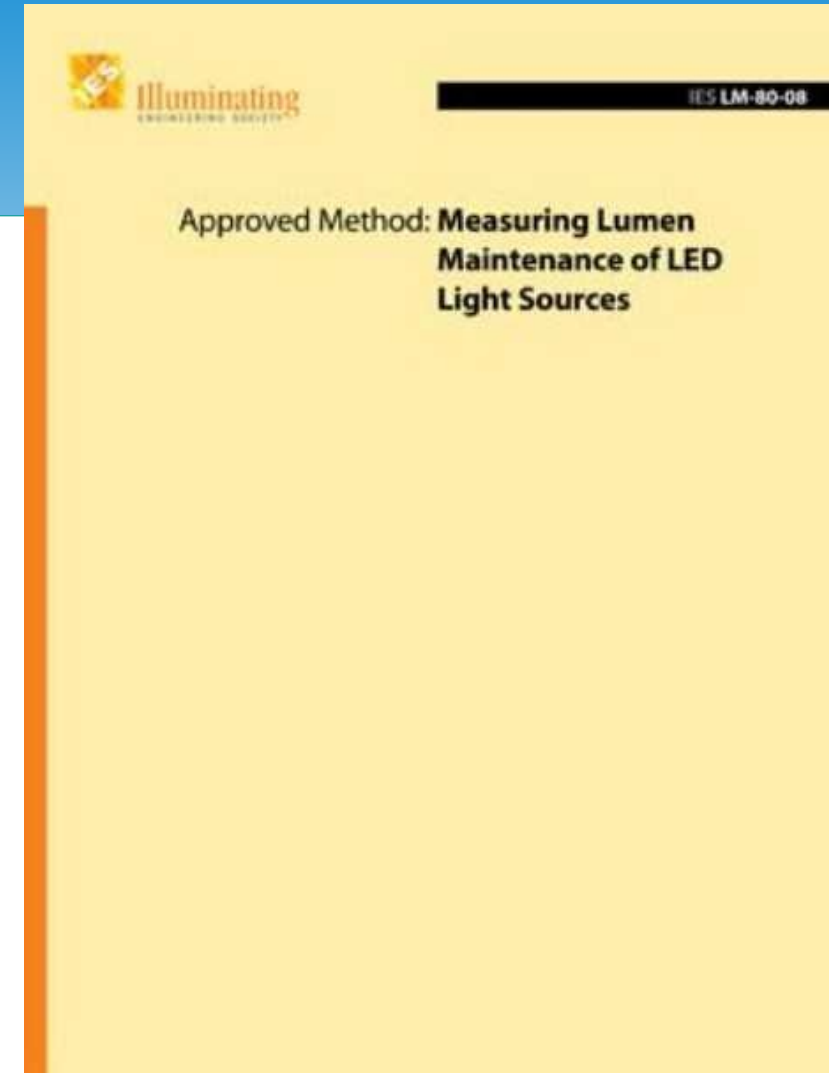


IES LM-80-08

**Approved Method: Measuring Lumen
Maintenance of LED
Light Sources**

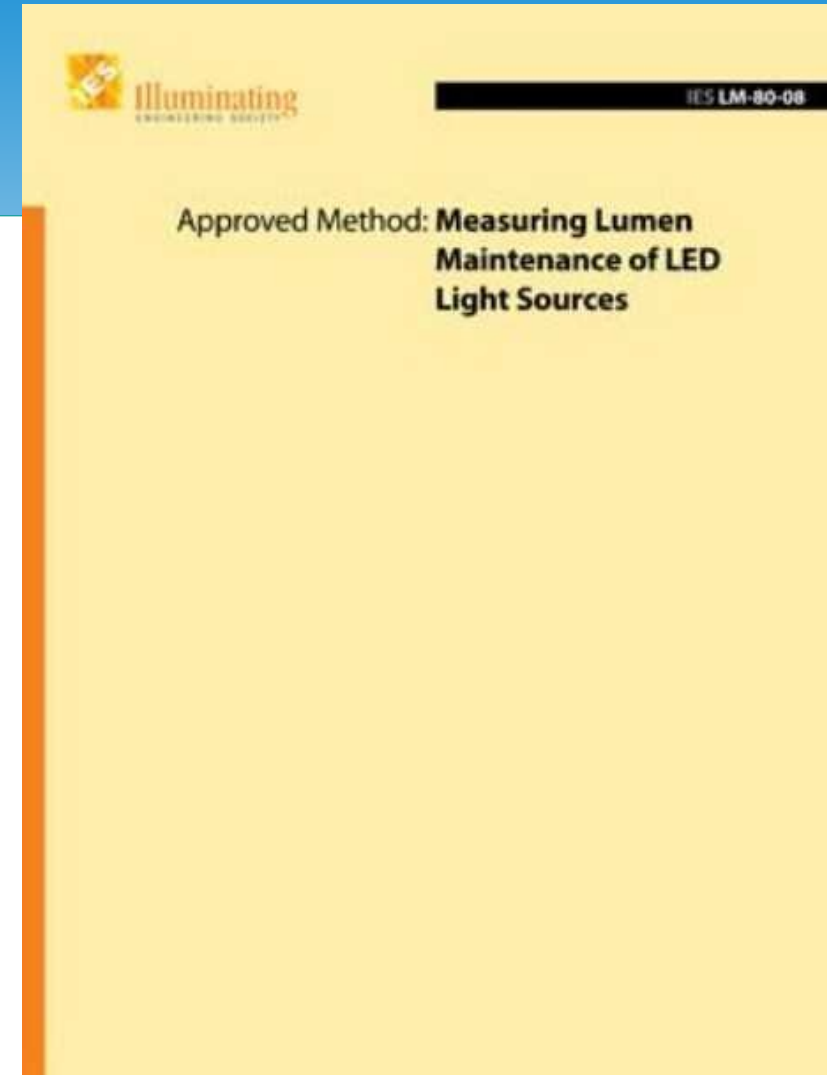
Ensayos: LM-80

- Establece las condiciones para ensayos de depreciación



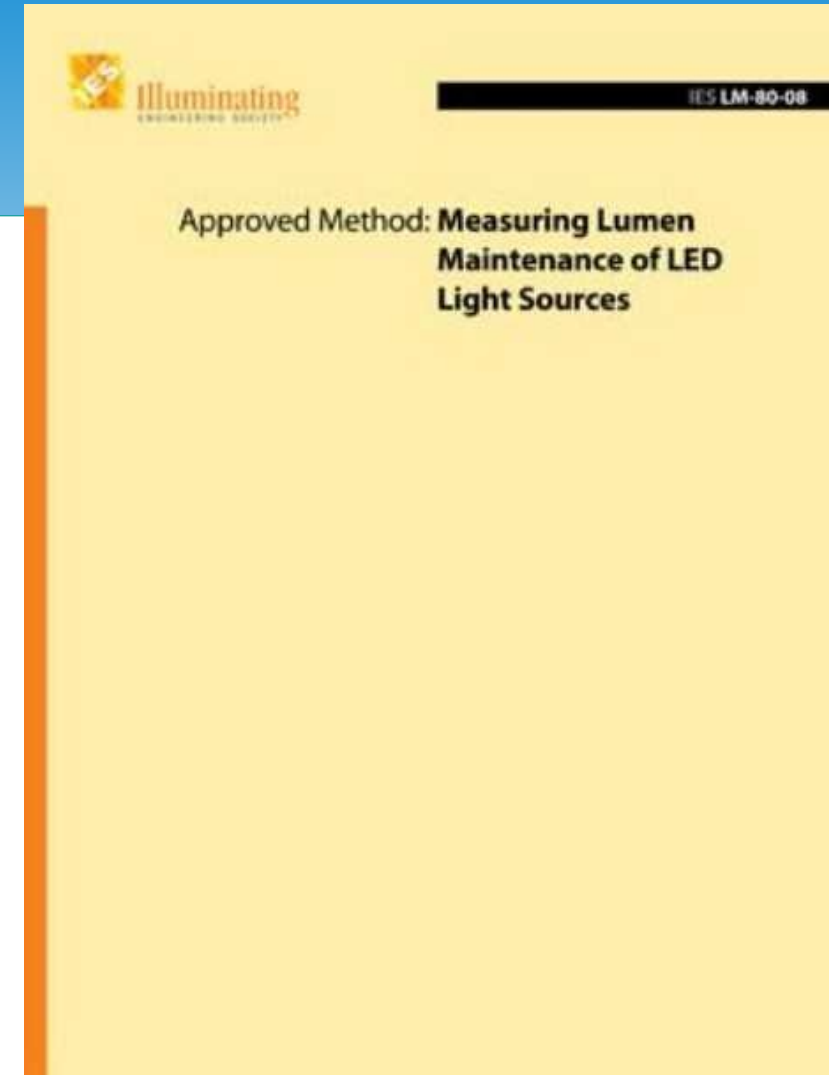
Ensayos: LM-80

- Establece las condiciones para ensayos de depreciación
- Orientado al LED como componente



Ensayos: LM-80

- Establece las condiciones para ensayos de depreciación
- Orientado al LED como componente
- Duración
 - 6000-10000 horas, o más



Ensayos: LM-80

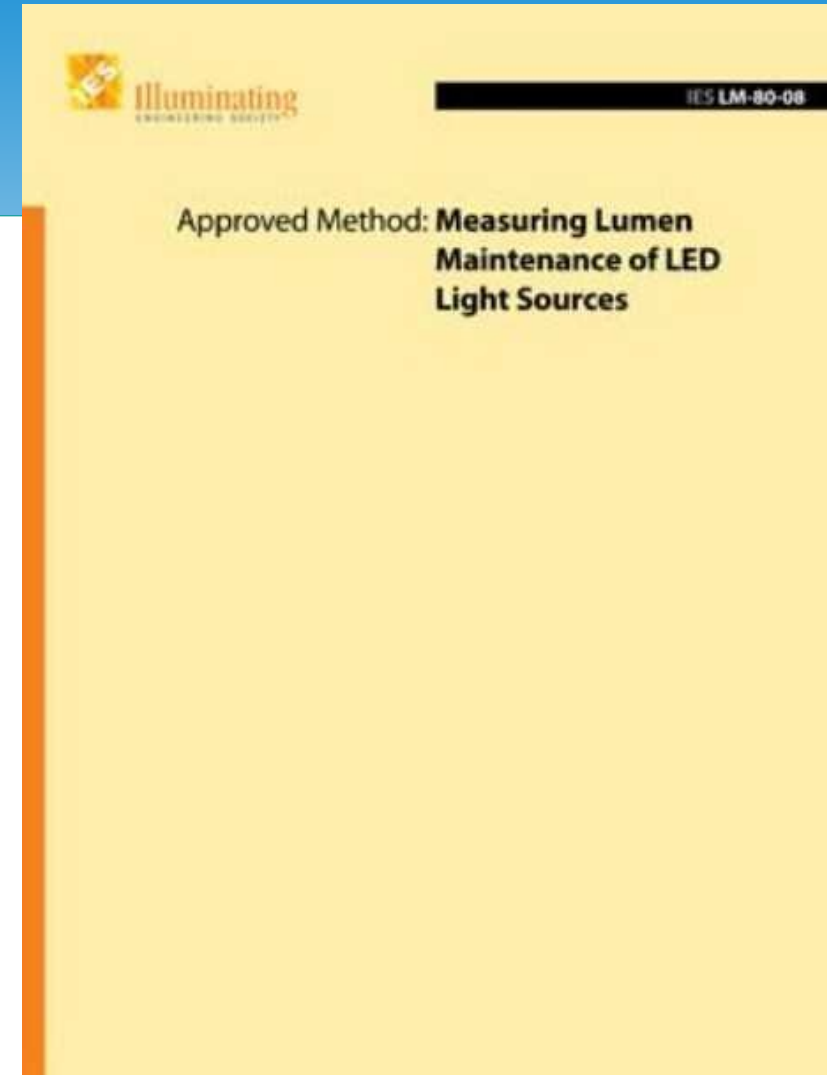


IES LM-80-08

**Approved Method: Measuring Lumen
Maintenance of LED
Light Sources**

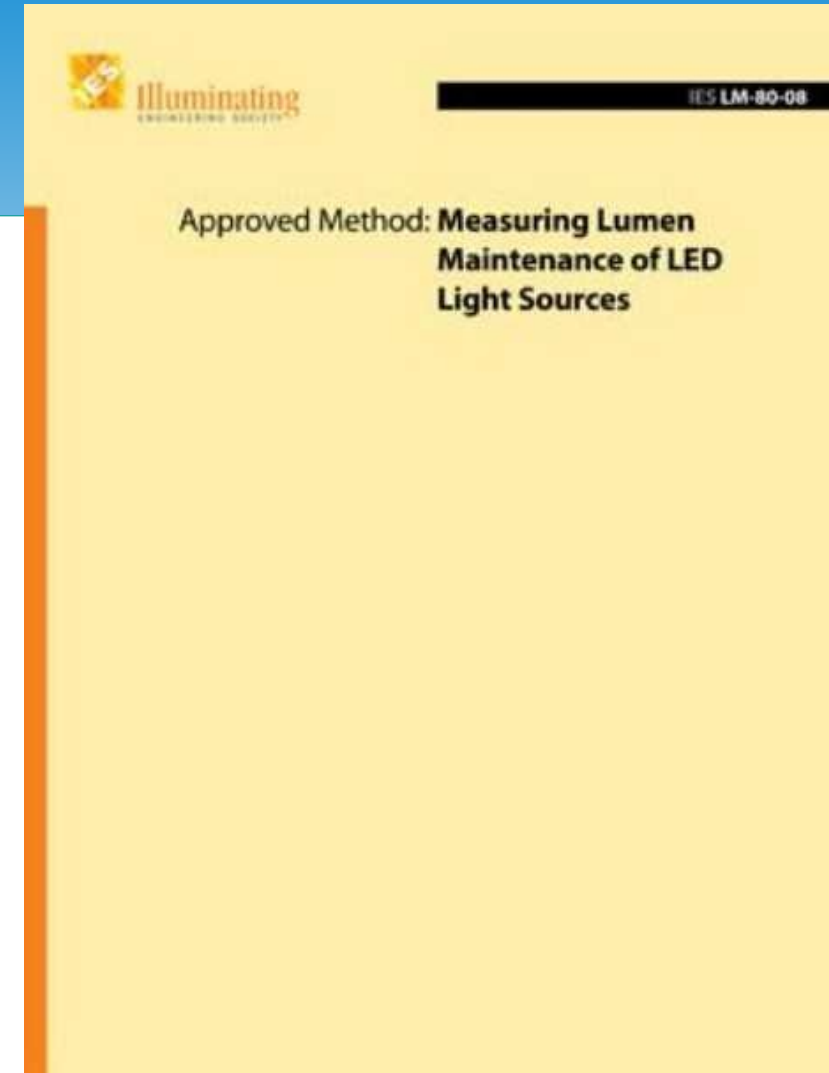
Ensayos: LM-80

- Temperaturas de ensayo



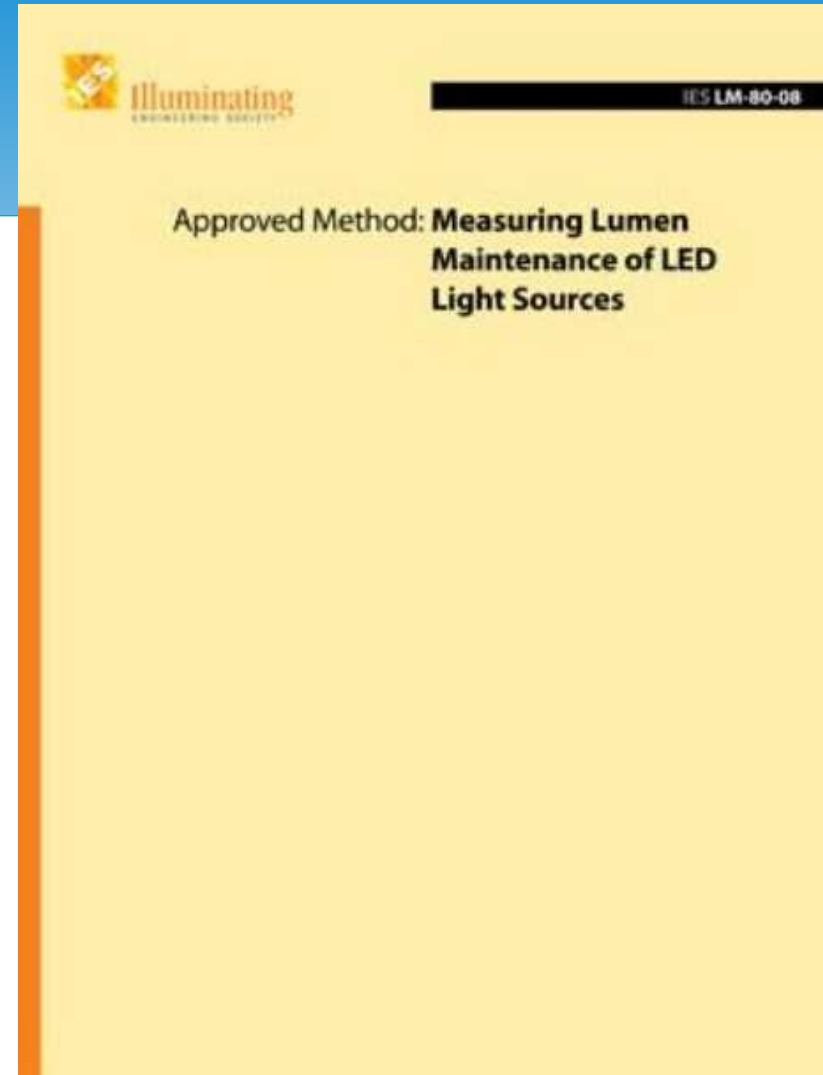
Ensayos: LM-80

- Temperaturas de ensayo
- No establece mecanismos para saber que pasa después



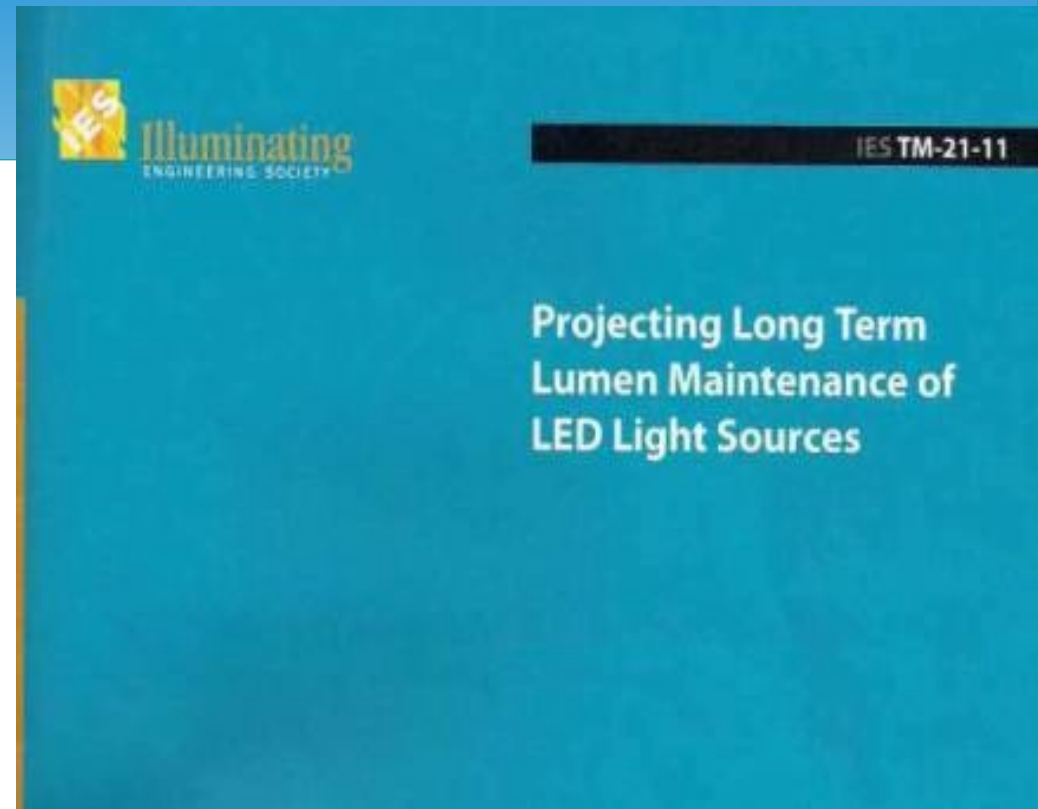
Ensayos: LM-80

- Temperaturas de ensayo
- No establece mecanismos para saber que pasa después
- Ahí aparece el TM-21



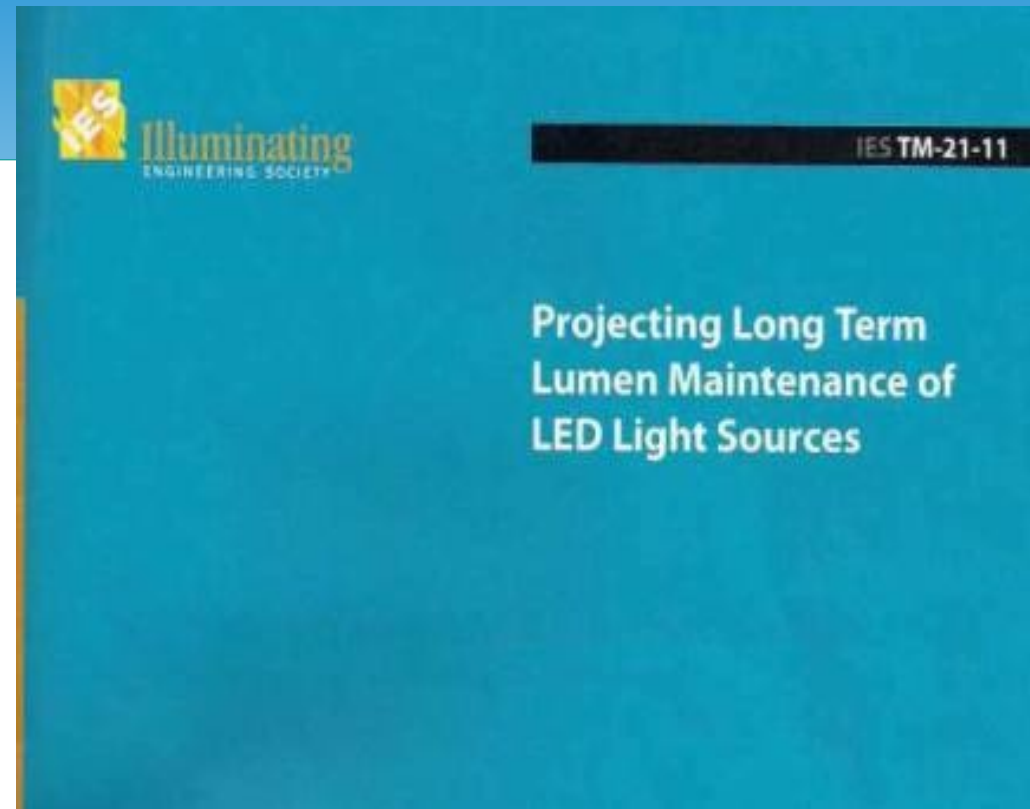
TM-21

- Reporte TM-21



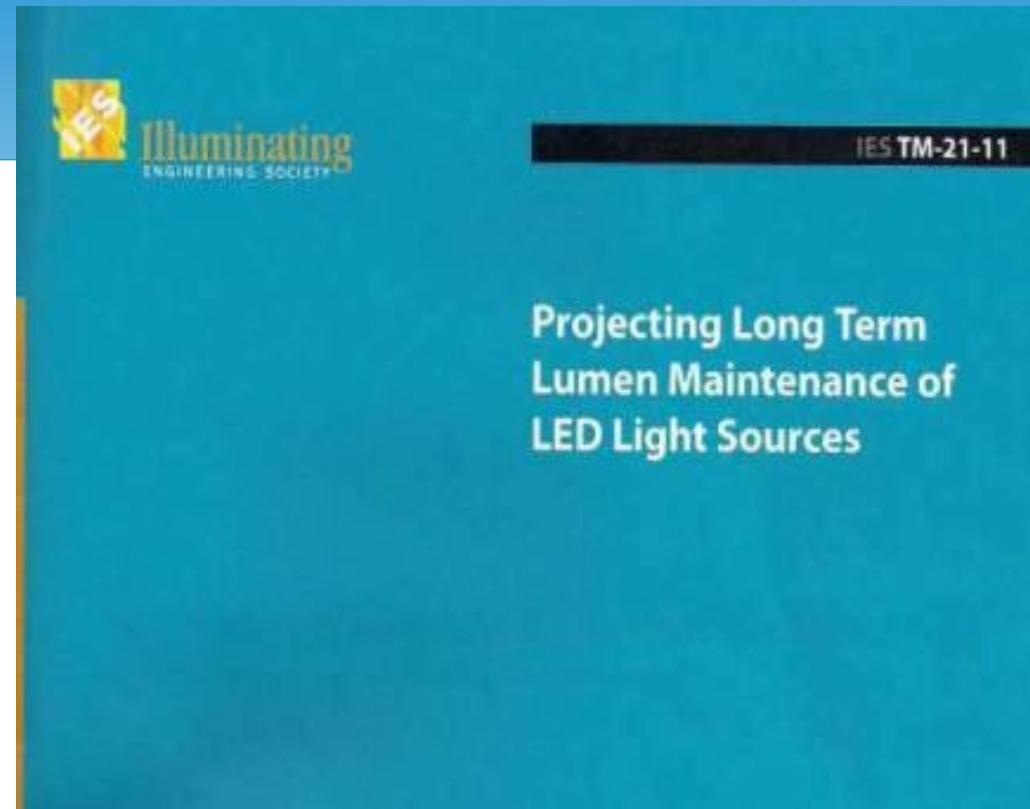
TM-21

- Reporte TM-21
 - Mecanismo para extrapolar resultados



TM-21

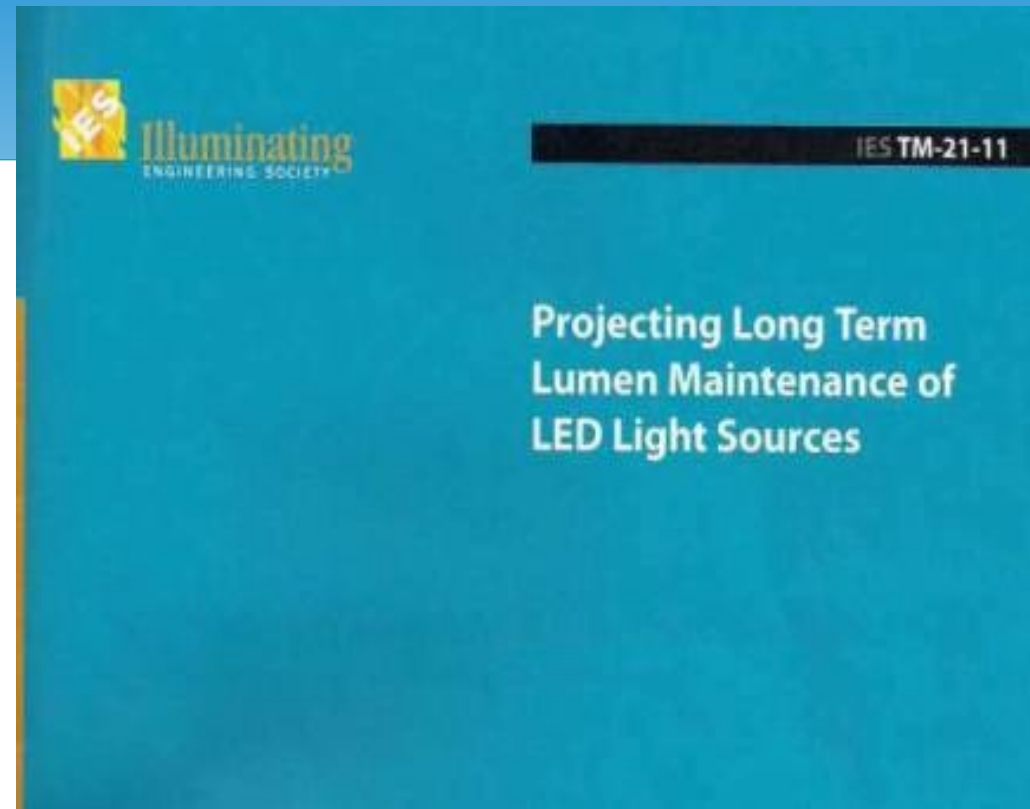
- Reporte TM-21
 - Mecanismo para extrapolar resultados
 - Usa datos LM-80



Ensayo
LM-80

TM-21

- Reporte TM-21
 - Mecanismo para extrapolar resultados
 - Usa datos LM-80
 - Propone método para predecir depreciación



LM-80 y TM-21

Entonces

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80 → Ensayos de depreciación de flujo

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80 → Ensayos de depreciación de flujo
 - Es una norma de ensayo

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80 → Ensayos de depreciación de flujo
 - Es una norma de ensayo
- TM-21

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80 → Ensayos de depreciación de flujo
 - Es una norma de ensayo
- TM-21 → Predicción del comportamiento en $t > t_{\text{ensayo}}$

LM-80 y TM-21

Entonces

- LM-80 → Ensayos de depreciación de flujo
 - Es una norma de ensayo
- TM-21 → Predicción del comportamiento en $t > t_{\text{ensayo}}$
 - Es un reporte que propone un mecanismo de cálculo

TM-21

- Grupo de trabajo de IES

TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio

TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo

TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo
 - prueba de varios modelos matemáticos

TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo
 - prueba de varios modelos matemáticos
 - validación con los los conjuntos de datos mas extendidos: 15 000 horas

TM-21

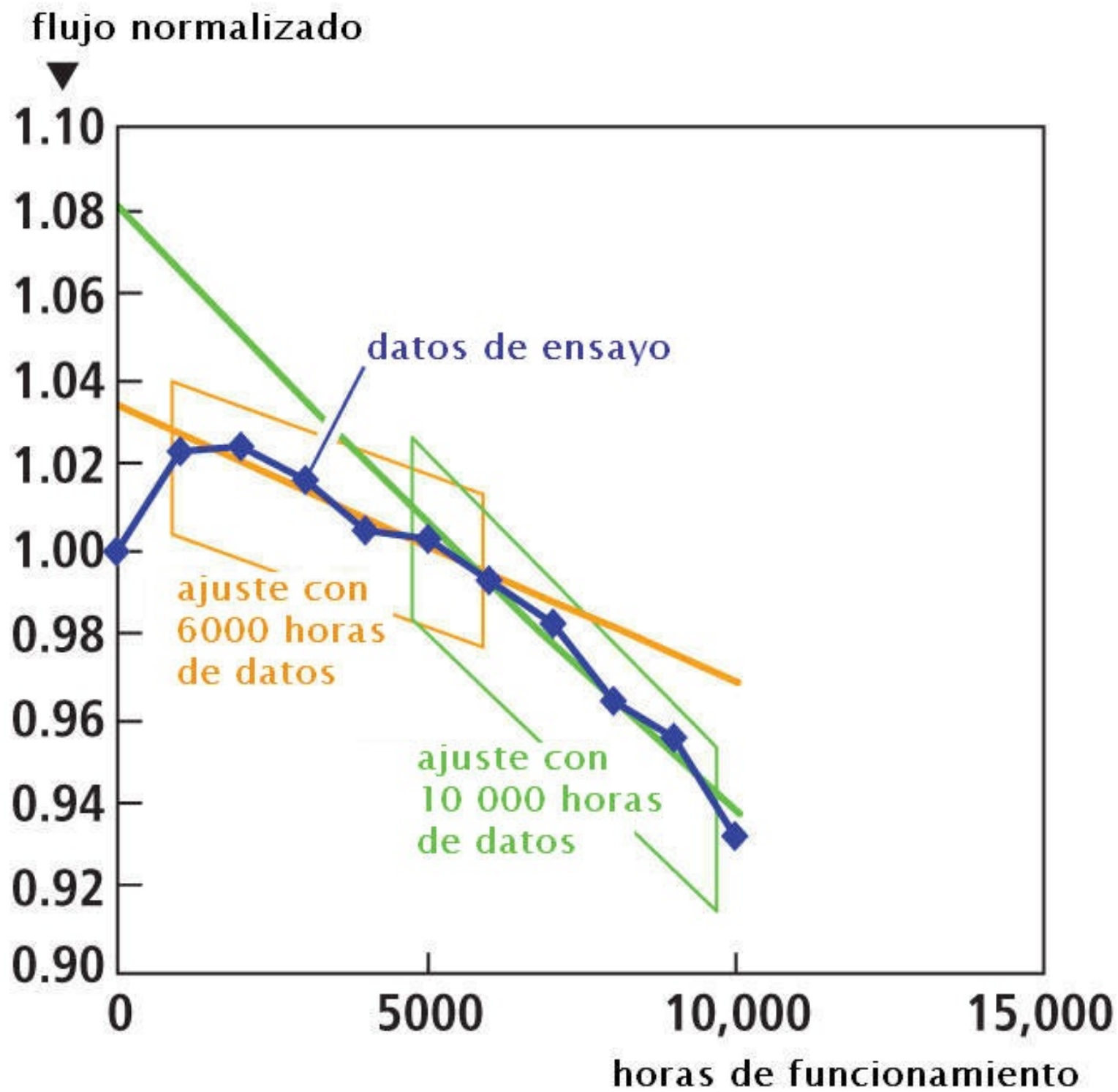
- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo
 - prueba de varios modelos matemáticos
 - validación con los los conjuntos de datos mas extendidos: 15 000 horas
- Hallazgos

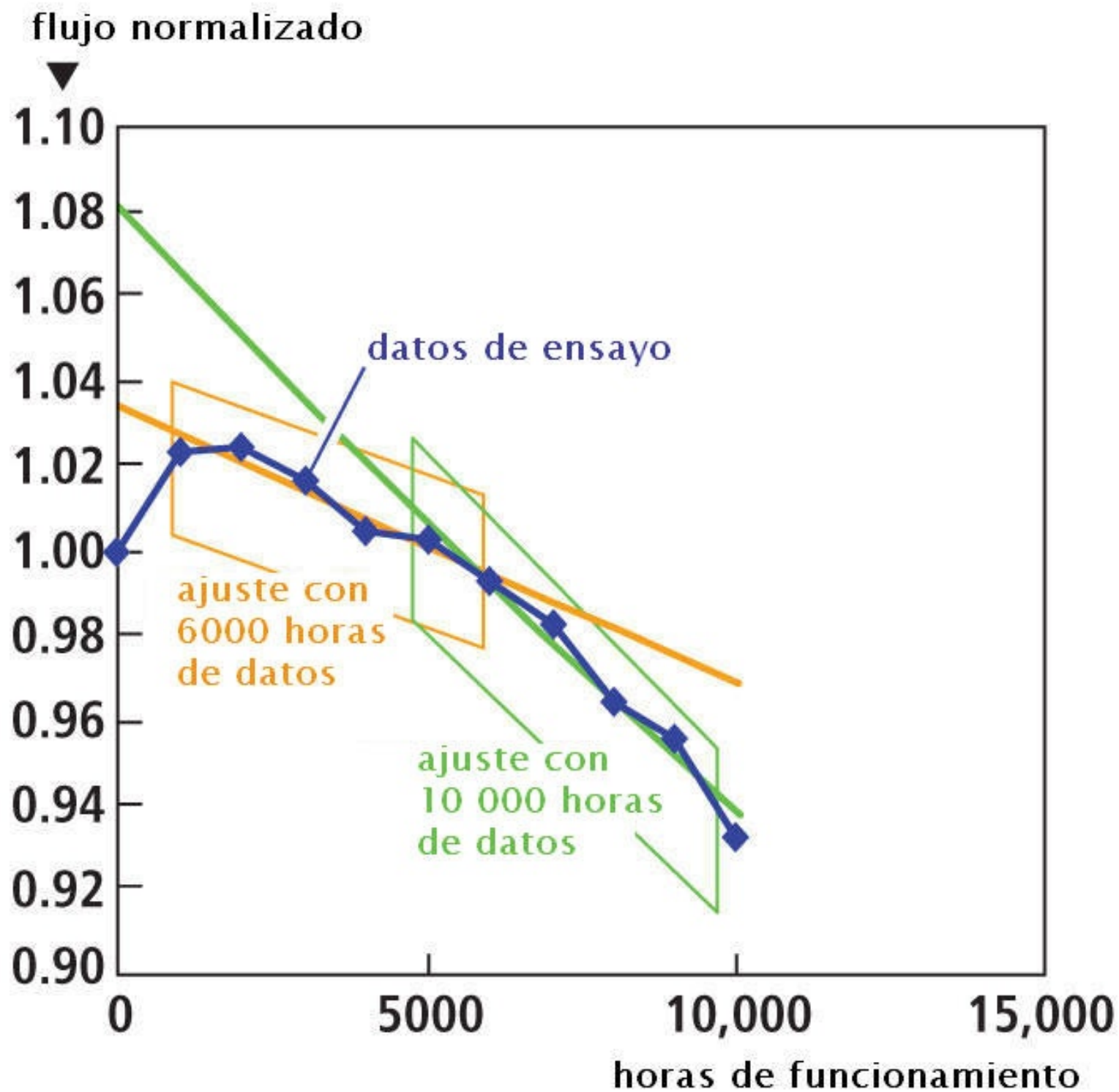
TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo
 - prueba de varios modelos matemáticos
 - validación con los los conjuntos de datos mas extendidos: 15 000 horas
- Hallazgos
 - Comportamiento luego de 6000 horas

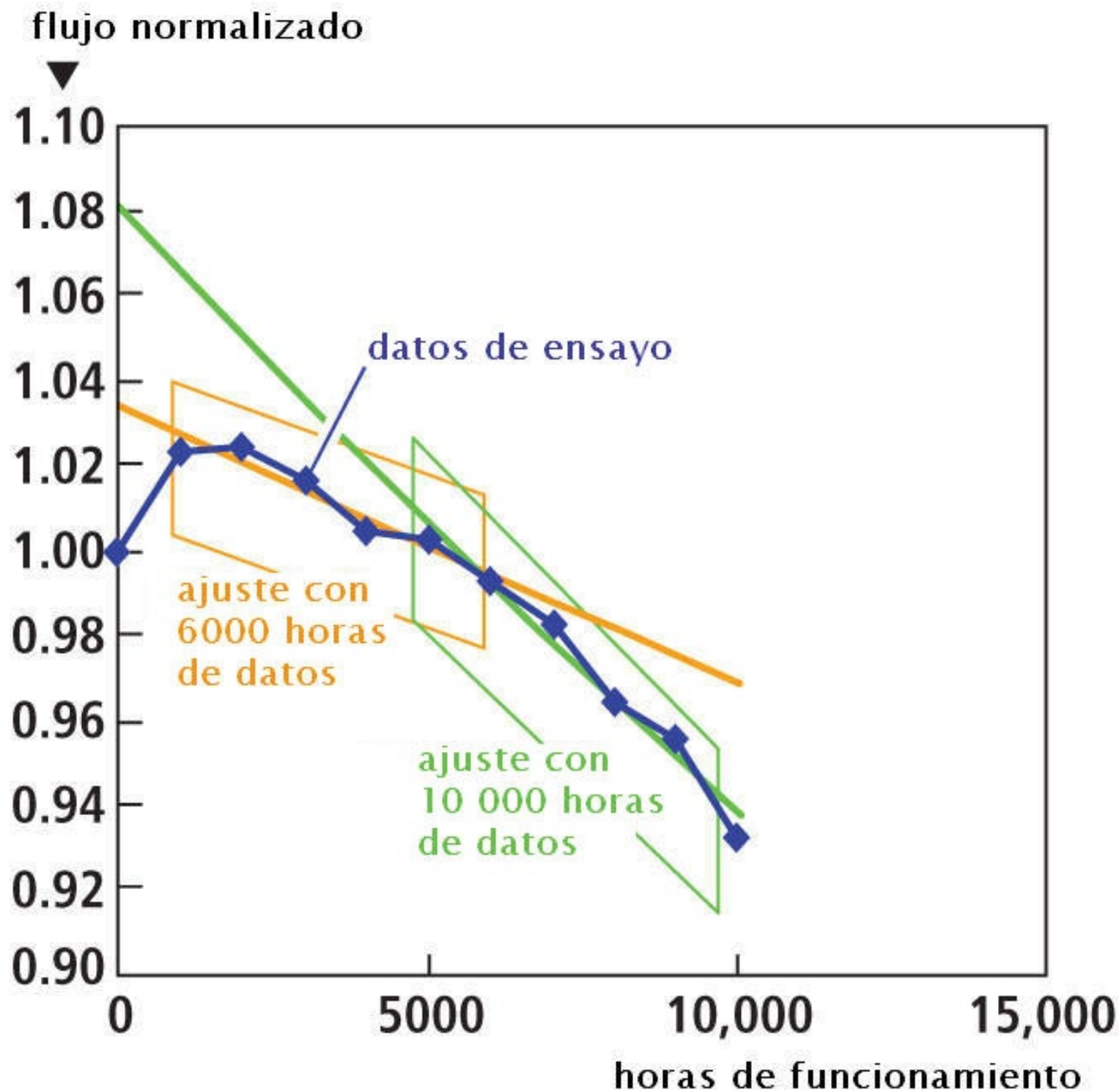
TM-21

- Grupo de trabajo de IES
 - 3 años estudio
 - 40 conjuntos de datos LM-80, la mitad de mas de 10000 horas de ensayo
 - prueba de varios modelos matemáticos
 - validación con los los conjuntos de datos mas extendidos: 15 000 horas
- Hallazgos
 - Comportamiento luego de 6000 horas
 - **no** predecible consistentemente





- Cambio de tendencia



- Cambio de tendencia
- Diferencia en ajustes con distintos tramos del conjunto de datos

TM-21

- Hallazgos

TM-21

- Hallazgos
 - Luego de 6000 horas

TM-21

- Hallazgos
 - Luego de 6000 horas → cambios de tendencia

TM-21

- Hallazgos
 - Luego de 6000 horas → cambios de tendencia
 - Aún con 10 000 horas no se puede dar certeza estadística de que pasará a 35 000 horas

TM-21

- Hallazgos
 - Luego de 6000 horas → cambios de tendencia
 - Aún con 10 000 horas no se puede dar certeza estadística de que pasará a 35 000 horas
- Además

TM-21

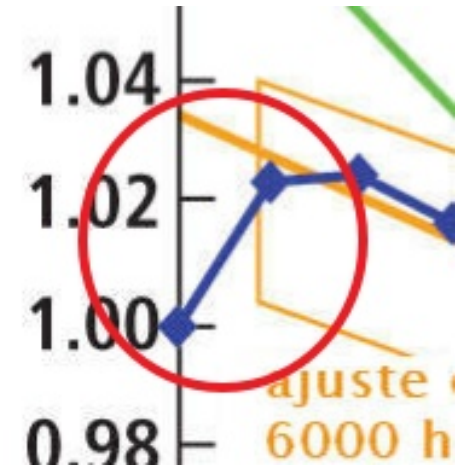
- Hallazgos
 - Luego de 6000 horas → cambios de tendencia
 - Aún con 10 000 horas no se puede dar certeza estadística de que pasará a 35 000 horas
- Además
 - Obtener conjuntos de datos mas prolongados es difícil porque ocurren otras fallas no asociadas a la degradación propia del LED

TM-21

- Recomendaciones

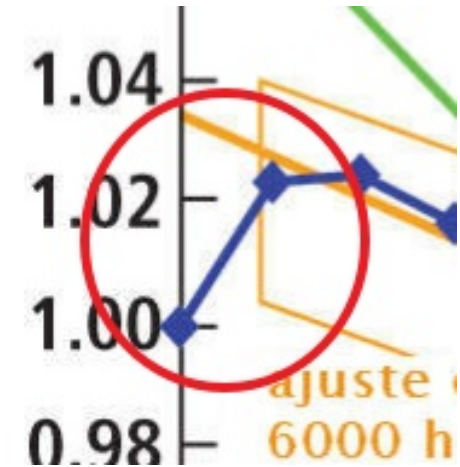
TM-21

- Recomendaciones
 - Descarte de los primeros datos



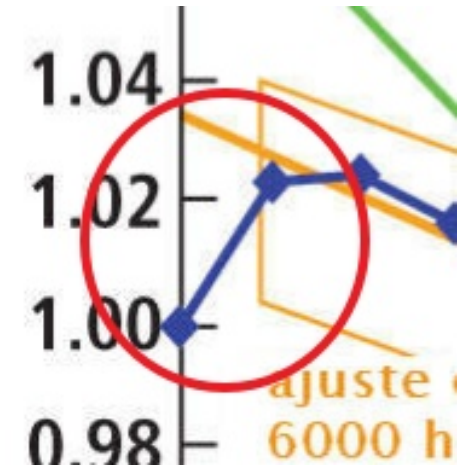
TM-21

- Recomendaciones
 - Descarte de los primeros datos
 - subida de flujo



TM-21

- Recomendaciones
 - Descarte de los primeros datos
 - subida de flujo
 - transitorio no representativo de la evolución posterior

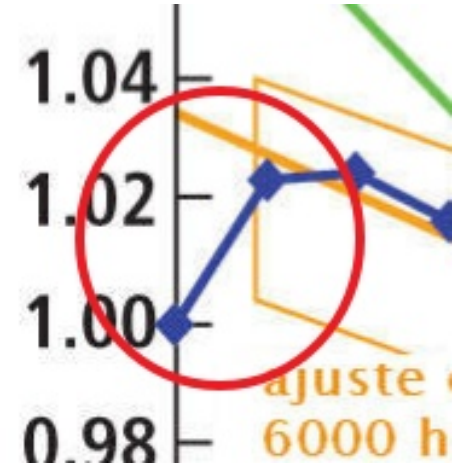


TM-21

- Recomendaciones

- Descarte de los primeros datos
 - subida de flujo
 - transitorio no representativo de la evolución posterior

- Ajuste utilizando el tramo final del conjunto de datos disponibles



TM-21

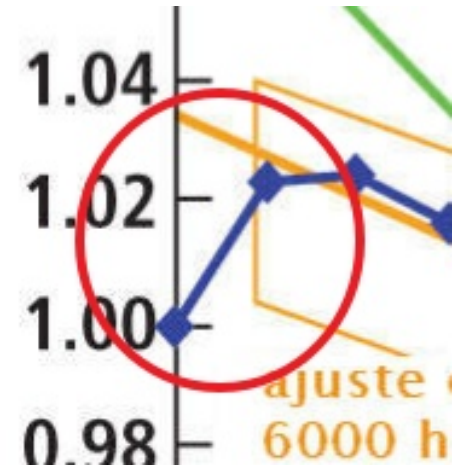
- Recomendaciones

- Descarte de los primeros datos

- subida de flujo
 - transitorio no representativo de la evolución posterior

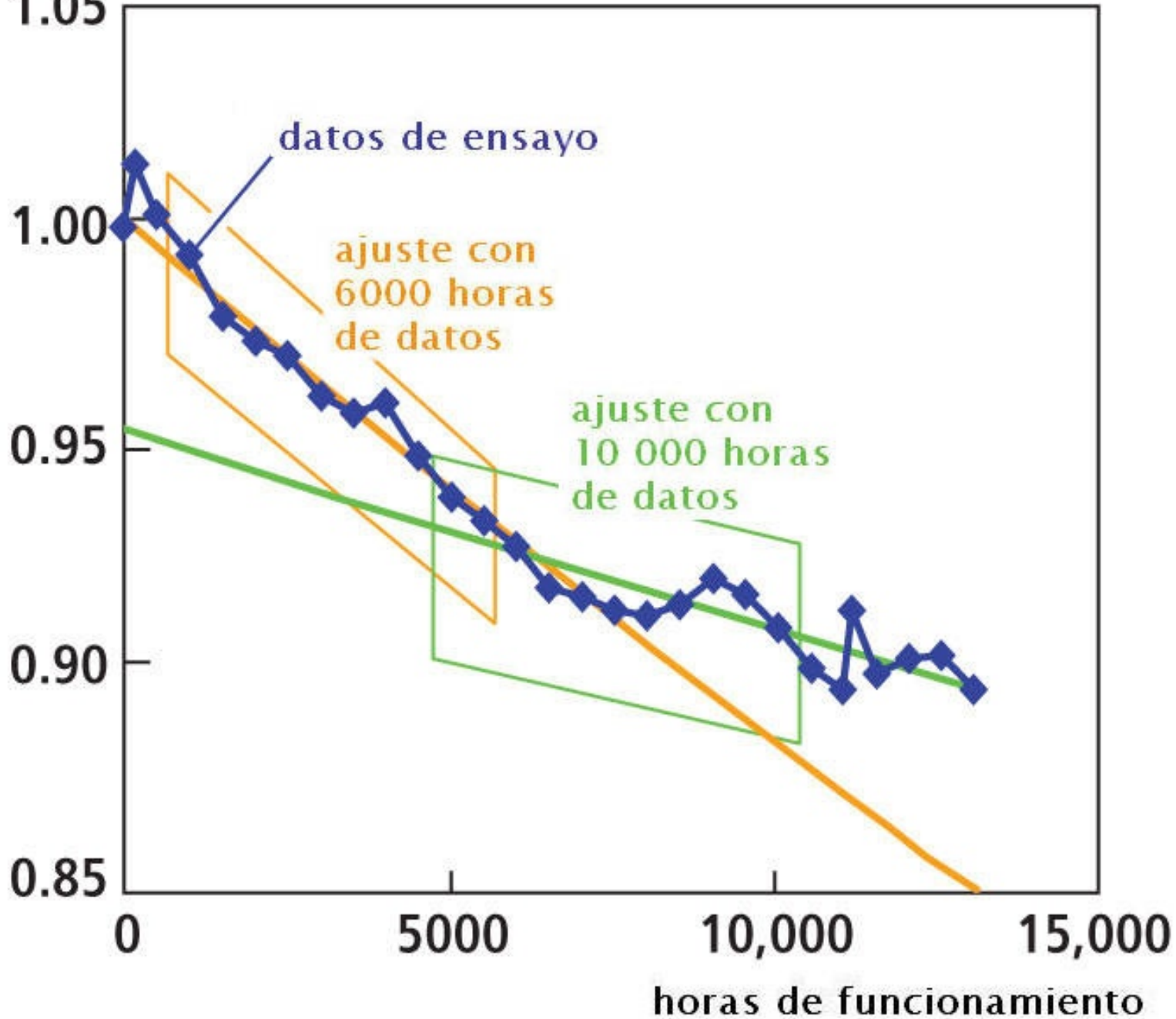
- Ajuste utilizando el tramo final del conjunto de datos disponibles

- mejor correlación entre predicción y datos futuros para los conjuntos de datos de verificación

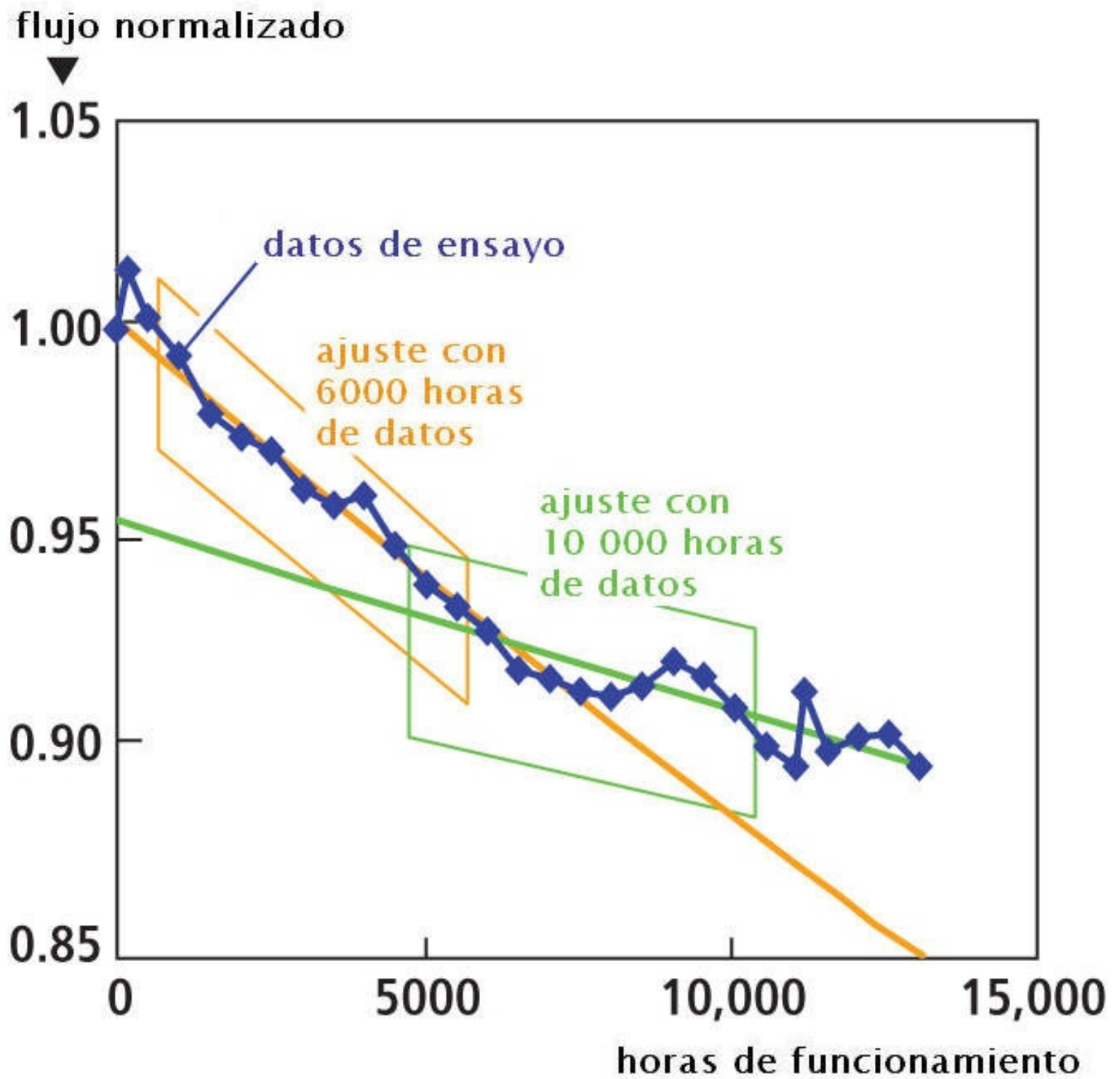


flujo normalizado

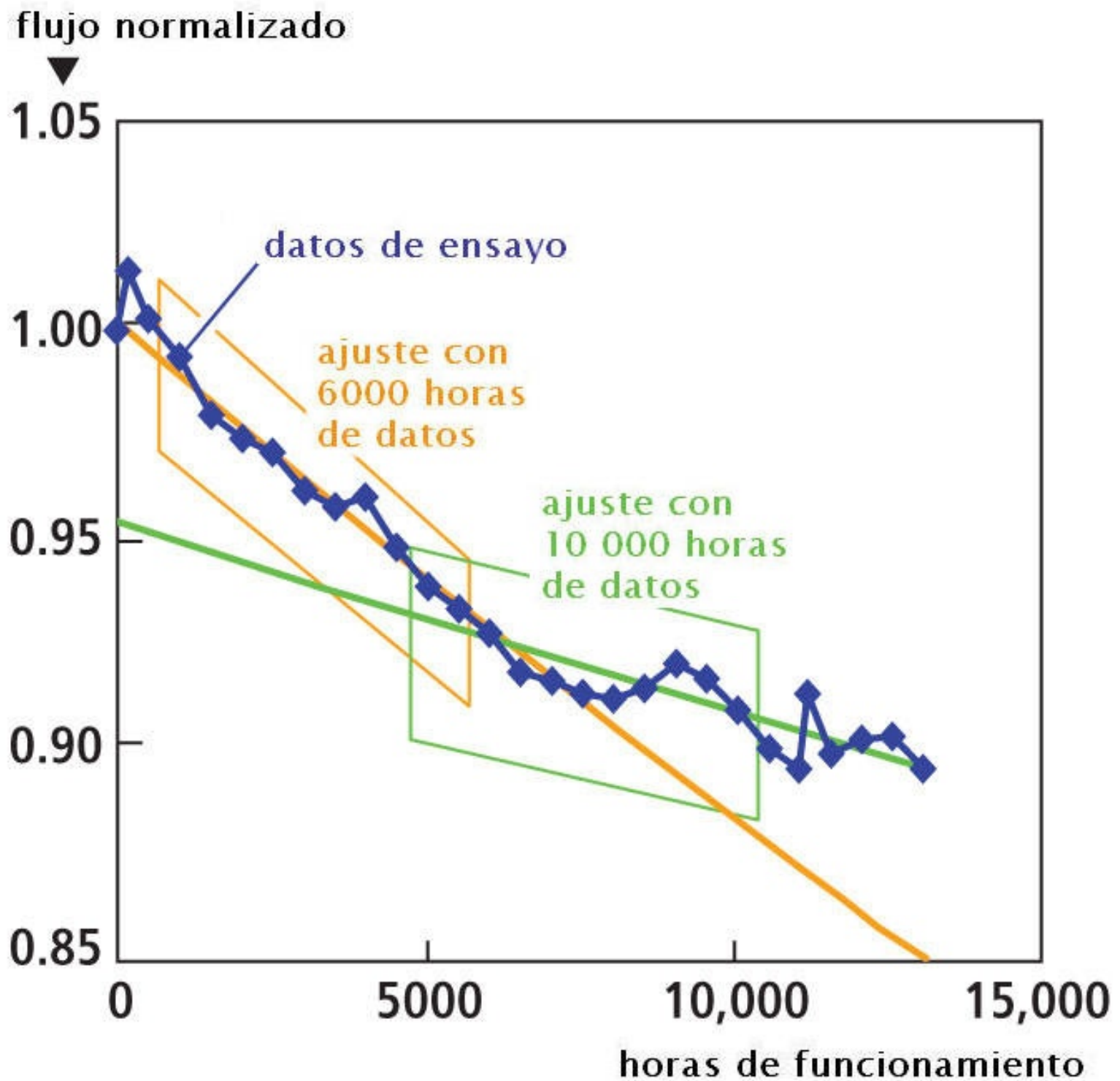
▼
1.05



- Datos > 10 000 h



- Datos > 10 000 h
- Ajustes usando distintos tramos anteriores



TM-21

- Insumos

TM-21

- Insumos
 - Datos de ensayo LM-80

TM-21

- Insumos
 - Datos de ensayo LM-80
 - al menos 6000 horas



TM-21

- Insumos
 - Datos de ensayo LM-80
 - al menos 6000 horas
 - puntos medidos cada 1000 horas mínimo



TM-21

- Insumos
 - Datos de ensayo LM-80
 - al menos 6000 horas
 - puntos medidos cada 1000 horas mínimo



- TM-21 recomienda

TM-21

- Insumos

- Datos de ensayo LM-80

- al menos 6000 horas
 - puntos medidos cada 1000 horas mínimo



- TM-21 recomienda

- mas horas de ensayo



TM-21

- Insumos

- Datos de ensayo LM-80

- al menos 6000 horas
 - puntos medidos cada 1000 horas mínimo



- TM-21 recomienda

- mas horas de ensayo
 - intervalos de medida < 1000 horas



TM-21

- Metodología propuesta

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades
 - Datos utilizados

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades
 - Datos utilizados
 - 6000 a 10000 horas de ensayo

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades
 - Datos utilizados
 - 6000 a 10000 horas de ensayo, últimas 5000 horas

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades
 - Datos utilizados
 - 6000 a 10000 horas de ensayo, últimas 5000 horas
 - > 10000 horas

TM-21

- Metodología propuesta
 - Normalización de datos
 - tomando flujo 100% en $t = 0$ horas
 - Valor de flujo en cada instante t_i posterior
 - valor promedio entre todas la muestras ensayadas, del flujo normalizado
 - Muestras
 - se recomienda 20 unidades
 - Datos utilizados
 - 6000 a 10000 horas de ensayo, últimas 5000 horas
 - > 10000 horas, 2^{da} mitad de la serie

TM-21

- Decaimiento exponencial

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$
- Entonces

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$
- Entonces
 - B

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$
- Entonces
 - B : valor base proyectado para $t = 0$

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$
- Entonces
 - B : valor base proyectado para $t = 0$
 - α

TM-21

- Decaimiento exponencial
- Obtención de parámetros de curva de ajuste mediante mínimos cuadrados
- t : tiempo en horas
- $\Phi(t)$: flujo promedio normalizado en tiempo t
- $\Phi(t) = B * e^{-\alpha * t}$
- Entonces
 - B : valor base proyectado para $t = 0$
 - α : tasa de decaimiento

TM-21

- Si p es el valor normalizado de fin de vida útil (ej. 70% u 80%)

TM-21

- Si p es el valor normalizado de fin de vida útil (ej. 70% u 80%), se tiene
- $p = B * e^{-\alpha * t_p}$

TM-21

- Si p es el valor normalizado de fin de vida útil (ej. 70% u 80%), se tiene
- $p = B * e^{-\alpha * t_p}$
- luego $t_p = \ln(B/p) / \alpha$

TM-21

- Si p es el valor normalizado de fin de vida útil (ej. 70% u 80%), se tiene
- $p = B * e^{-\alpha * t_p}$
- luego $t_p = \ln(B/p) / \alpha$
- a t_p se le llama
 - L_p

TM-21

- Si p es el valor normalizado de fin de vida útil (ej. 70% u 80%), se tiene
- $p = B * e^{-\alpha * t_p}$
- luego $t_p = \ln(B/p) / \alpha$
- a t_p se le llama
 - L_p : vida proyectada para un mantenimiento de flujo al porcentaje p respecto al flujo inicial

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80
 - se reporta el valor de horas efectivamente medido

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80
 - se reporta el valor de horas efectivamente medido
 - no hay necesidad de extrapolar

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80
 - se reporta el valor de horas efectivamente medido
 - no hay necesidad de extrapolar
- Ej.:
 - Ensayo de 10 000 horas

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80
 - se reporta el valor de horas efectivamente medido
 - no hay necesidad de extrapolar
- Ej.:
 - Ensayo de 10 000 horas
 - A 8500 horas el flujo cae al 90%

TM-21

- Si L_p se alcanza durante el ensayo LM-80
 - se reporta el valor de horas efectivamente medido
 - no hay necesidad de extrapolar
- Ej.:
 - Ensayo de 10 000 horas
 - A 8500 horas el flujo cae al 90%
 - Entonces $L_{90} = 8500$ horas

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades
 - máximo: 6 * (tiempo de ensayo)

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades
 - máximo: 6 * (tiempo de ensayo)
 - Muestra de 10 unidades

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades
 - máximo: 6 * (tiempo de ensayo)
 - Muestra de 10 unidades
 - máximo: 5.5 * (tiempo de ensayo)

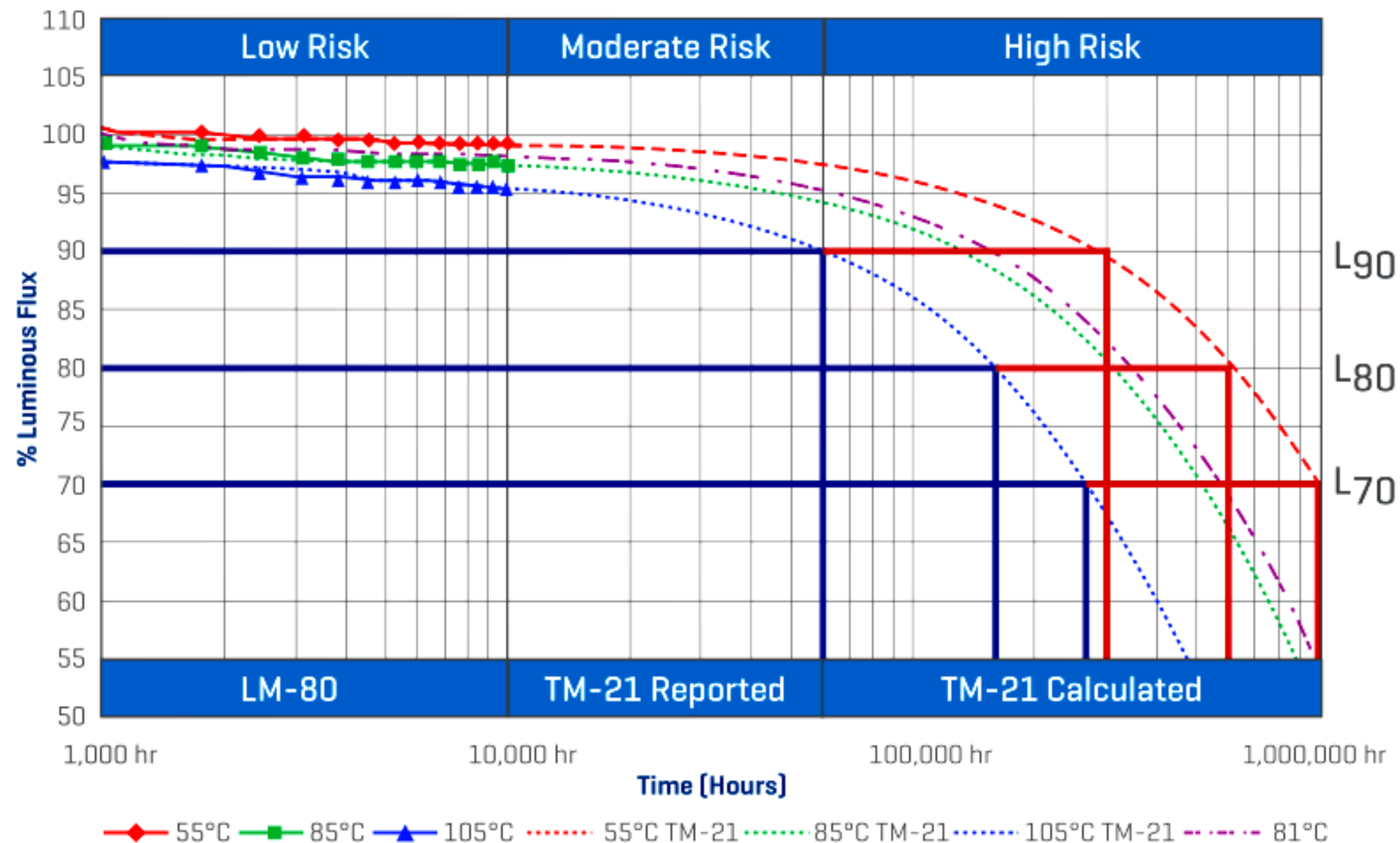
TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades
 - máximo: 6 * (tiempo de ensayo)
 - Muestra de 10 unidades
 - máximo: 5.5 * (tiempo de ensayo)
- Ej.:
 - Ensayo de 6000 horas, 20 muestras

TM-21

- Limitaciones en el tiempo proyectado
 - Muestra de 20 unidades
 - máximo: 6 * (tiempo de ensayo)
 - Muestra de 10 unidades
 - máximo: 5.5 * (tiempo de ensayo)
- Ej.:
 - Ensayo de 6000 horas, 20 muestras
 - L_p informado no puede superar 36 000 horas

TM-21 PROJECTION FROM THE LM-80 RESULTS



TM-21

- Efecto de la temperatura

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80
 - 55 °C
 - 85 °C

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80
 - 55 °C
 - 85 °C
 - otra adicional provista por el fabricante (ej.: 105 °C)

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80
 - 55 °C
 - 85 °C
 - otra adicional provista por el fabricante (ej.: 105 °C)
- Los ajustes por temperatura solo se permiten dentro del rango de temperaturas LM-80

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80
 - 55 °C
 - 85 °C
 - otra adicional provista por el fabricante (ej.: 105 °C)
- Los ajustes por temperatura solo se permiten dentro del rango de temperaturas LM-80
 - para temperaturas inferiores se informa el valor a 55 °C

TM-21

- Efecto de la temperatura
 - TM-21 permite la utilización de la ecuación de Arrhenius para proyecciones a temperaturas diferentes a las de ensayo
- Temperaturas LM-80
 - 55 °C
 - 85 °C
 - otra adicional provista por el fabricante (ej.: 105 °C)
- Los ajustes por temperatura solo se permiten dentro del rango de temperaturas LM-80
 - para temperaturas inferiores se informa el valor a 55 °C
 - no se puede extrapolar a temperaturas mayores a la máxima disponible (siguiendo el ej., no a mas de 105 °C)

TM-21

- Uso de Arrhenius

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

- con α_1 , α_2 correspondientes a $T_{s,1}$ y $T_{s,2}$ (temperaturas ensayos LM-80) se hallan

E_a/k_B y A

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

- con α_1 , α_2 correspondientes a $T_{s,1}$ y $T_{s,2}$ (temperaturas ensayos LM-80) se hallan

E_a/k_B y A

- Luego se calcula α_i para la temperatura de uso $T_{s,i}$

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

- con α_1 , α_2 correspondientes a $T_{s,1}$ y $T_{s,2}$ (temperaturas ensayos LM-80) se hallan

E_a/k_B y A

- Luego se calcula α_i para la temperatura de uso $T_{s,i}$
- $B_0 = \sqrt{(B_1 * B_2)}$

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

- con α_1 , α_2 correspondientes a $T_{s,1}$ y $T_{s,2}$ (temperaturas ensayos LM-80) se hallan

E_a/k_B y A

- Luego se calcula α_i para la temperatura de uso $T_{s,i}$
- $B_0 = \sqrt{B_1 * B_2}$
- finalmente a temperatura $T_{s,i}$:

TM-21

- Uso de Arrhenius

$$\alpha_i = A * e^{\left(\frac{-E_a}{k_B * T_{s,i}}\right)}$$

- con α_1 , α_2 correspondientes a $T_{s,1}$ y $T_{s,2}$ (temperaturas ensayos LM-80) se hallan

E_a/k_B y A

- Luego se calcula α_i para la temperatura de uso $T_{s,i}$
- $B_0 = \sqrt{(B_1 * B_2)}$
- finalmente a temperatura $T_{s,i}$: $L_p = \ln(B_0/p) / \alpha_i$

TM-21

- Ej.:

TM-21

- Ej.:
 - Ensayo 10 000 horas a 55 °C y a 85 °C, muestra de 20 unidades

TM-21

- Ej.:
 - Ensayo 10 000 horas a 55 °C y a 85 °C, muestra de 20 unidades
 - Proyecciones L_{70} para cada temperatura hasta 60 000 horas

TM-21

- Ej.:
 - Ensayo 10 000 horas a 55 °C y a 85 °C, muestra de 20 unidades
 - Proyecciones L_{70} para cada temperatura hasta 60 000 horas
 - Pero el LED se usará a 70 °C

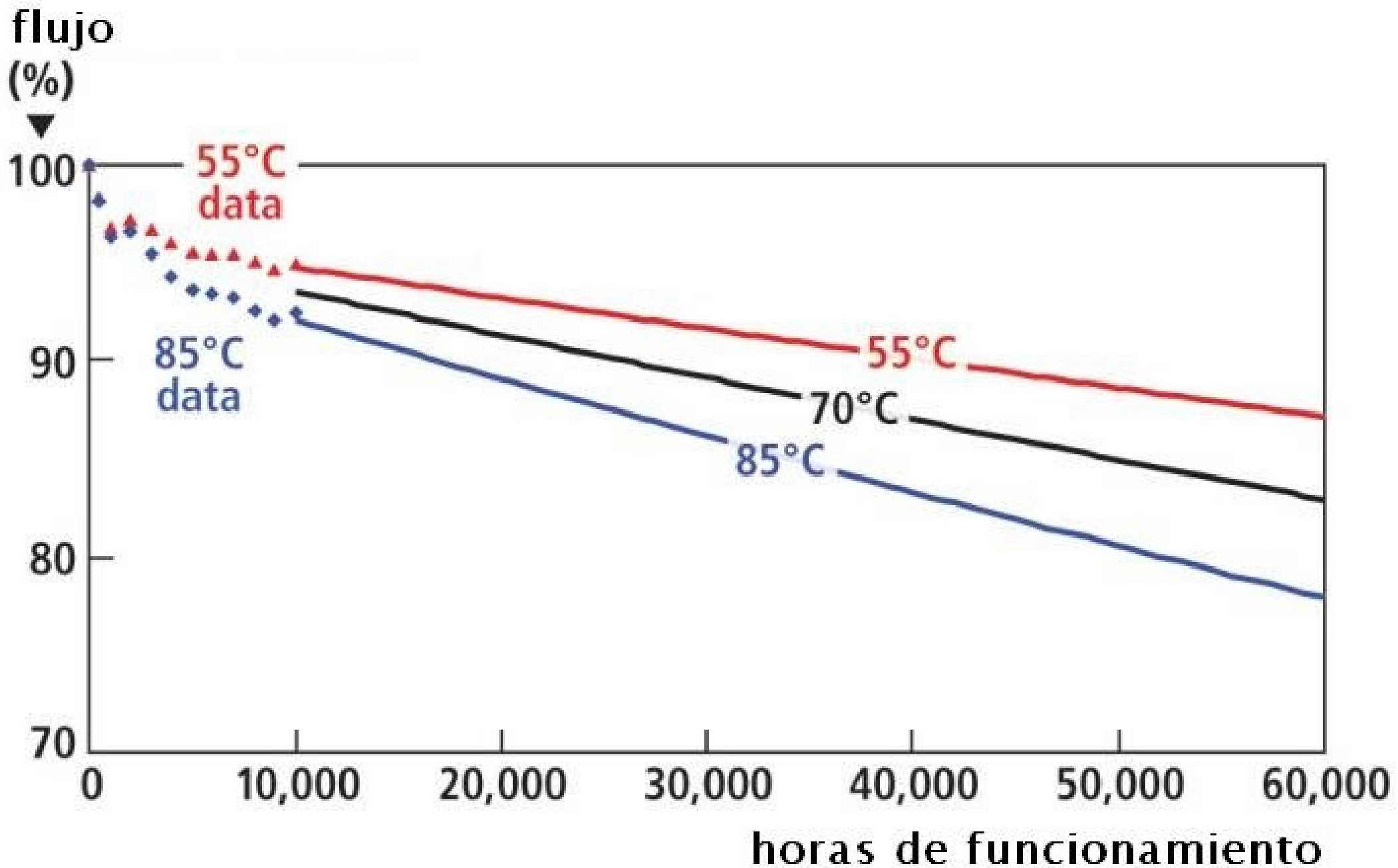
TM-21

- Ej.:
 - Ensayo 10 000 horas a 55 °C y a 85 °C, muestra de 20 unidades
 - Proyecciones L_{70} para cada temperatura hasta 60 000 horas
 - Pero el LED se usará a 70 °C
 - utilizar Arrhenius para obtener la proyección a temperatura “in situ” 70 °C

TM-21

- Ej.:
 - Ensayo 10 000 horas a 55 °C y a 85 °C, muestra de 20 unidades
 - Proyecciones L_{70} para cada temperatura hasta 60 000 horas
 - Pero el LED se usará a **70 °C**
 - utilizar Arrhenius para obtener la proyección a temperatura “in situ” 70 °C

$T_{s,1}$ (°C)	55
$T_{s,1}$ (K)	328.15
a_1	1.684E-06
B_1	0.9639
$T_{s,2}$ (°C)	85
$T_{s,2}$ (K)	358.15
a_2	3.354E-06
B_2	0.9525
E_a/k_B	2699
A	6.283E-03
B_0	9.582E-01
$T_{s,i}$ (°C)	70
$T_{s,i}$ (K)	343.15
a_i	2.413E-06
Projected L_{70} (Dk)	130,131
Reported L_{70} (Dk)	>60,000



TM-21

- Nomenclatura para los resultados

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas
 - resultado con 10 000 horas de ensayo

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas
 - resultado con 10 000 horas de ensayo
 - $L_{70}(6k) > 36\ 000$ horas

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas
 - resultado con 10 000 horas de ensayo
 - $L_{70}(6k) > 36\ 000$ horas
 - resultado de la proyección fue mayor que 6 veces el tiempo del ensayo → se informa ese valor como cota inferior

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas
 - resultado con 10 000 horas de ensayo
 - $L_{70}(6k) > 36\ 000$ horas
 - resultado de la proyección fue mayor que 6 veces el tiempo del ensayo → se informa ese valor como cota inferior
 - $L_{70}(4k) = 4400$ horas

TM-21

- Nomenclatura para los resultados
- $L_p(Dk)$, donde
- p : porcentaje de flujo respecto al valor inicial
- D : duración total del ensayo LM-80 dividido 1000 y redondeado
- Ejemplos:
 - $L_{75}(6k) = 34\ 000$ horas
 - resultado con 6000 horas de ensayo
 - $L_{80}(10k) = 51\ 000$ horas
 - resultado con 10 000 horas de ensayo
 - $L_{70}(6k) > 36\ 000$ horas
 - resultado de la proyección fue mayor que 6 veces el tiempo del ensayo → se informa ese valor como cota inferior
 - $L_{70}(4k) = 4400$ horas
 - resultado alcanzado durante el ensayo, se informa sin realizar cálculo de proyección

TM-21

- Software de cálculo

TM-21

- Software de cálculo
 - cuidado con casos de borde

TM-21

- Software de cálculo
 - cuidado con casos de borde
 - fácil cometer errores

TM-21

- Software de cálculo
 - cuidado con casos de borde
 - fácil cometer errores
- El reporte suministra varios conjuntos de datos para ayudar a validar software desarrollado

TM-21

- Software de cálculo
 - cuidado con casos de borde
 - fácil cometer errores
- El reporte suministra varios conjuntos de datos para ayudar a validar software desarrollado
- Existe una planilla de cálculo provista por ENERGY STAR

TM-21

- Software de cálculo
 - cuidado con casos de borde
 - fácil cometer errores
- El reporte suministra varios conjuntos de datos para ayudar a validar software desarrollado
- Existe una planilla de cálculo provista por ENERGY STAR
 - “ENERGY STAR TM-21 Calculator for Uneven Test Intervals”



ENERGY STAR® TM-21 Calculator for Uneven LM-80 Intervals

[Click for IES TM-21-11 Addendum A](#)

Notes: This alternate calculator is for use with LM-80 data only where the testing intervals are not consistent with the IES TM-21-11 Addendum A requirements. All other projections must be made with the standard TM-21 Calculator. Users should download a new copy of this calculator for each use, to ensure use of the most up-to-date version of the calculator. Users are encouraged to bookmark the hyperlink to this calculator. Project-specific copies complete with calculations may be saved on a local drive.

This calculator is based on the Illuminating Engineering Society's TM-21-11: *Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources*. Calculator results have been reviewed by the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Calculations are locked; only data entry cells may be modified.

Calculator inputs are entered on the second tab, with instructions. The calculator may be used with one, two or three case temperatures, in ascending case temperature order from left to right. Inputting values on the second tab generates a complete TM-21 report on the Report tab.

Questions may be directed to lighting@energystar.gov.

Table 1: Report at each LM-80 Test Condition

Description of LED Light Source Tested (manufacturer, model, catalog number)					
Sample size	-	Sample size	-	Sample size	-
Number of failures	-	Number of failures	-	Number of failures	-
DUT drive current used in the test (mA)	-	DUT drive current used in the test (mA)	-	DUT drive current used in the test (mA)	-
Test duration (hours)	-	Test duration (hours)	-	Test duration (hours)	-
Test duration used for projection (hour to hour)	-	Test duration used for projection (hour to hour)	-	Test duration used for projection (hour to hour)	-
Tested case temperature (°C)	-	Tested case temperature (°C)	-	Tested case temperature (°C)	-
α	-	α	-	α	-
B	-	B	-	B	-
Reported LM(Dk) (hours)	-	Reported LM(Dk) (hours)	-	Reported LM(Dk) (hours)	-

Table 2: Interpolation Report
(projection based on *in-situ* temperature entered)

$T_{s,1}$ (°C)	-
$T_{s,1}$ (K)	-
α_1	-
B_1	-
$T_{s,2}$ (°C)	-
$T_{s,2}$ (K)	-
α_2	-
B_2	-
E_d/k_b	-
A	-
B_0	-
$T_{s,1}$ (°C)	-
$T_{s,1}$ (K)	-
α_1	-
Reported LM(Dk) (hours)	-

Report Generated By:	Notes:
Company:	
Date:	

- Hoja de reporte
- Sigue el formato recomendado por TM-21

LM-80 Test Inputs

Description of LED Light Source Tested (manufacturer, model, catalog number)	Test Data for 55°C Case Temperature		Test Data for 85°C Case Temperature		Test Data for 105°C Case Temperature	
	Time (hours)	Lumen Maintenance (%)	Time (hours)	Lumen Maintenance (%)	Time (hours)	Lumen Maintenance (%)
	0	100.00%	0	100.00%	0	100.00%
	542	99.30%	542	98.50%	541	97.50%
	1010	99.50%	1009	98.40%	1010	97.00%
	1699	99.50%	1698	98.20%	1669	96.40%
	2372	99.40%	2370	97.90%	2372	95.80%
	3124	99.10%	3123	97.60%	3125	95.40%
	3812	99.00%	3811	97.60%	3812	95.20%
	4520	98.80%	4515	97.30%	4520	94.80%
	5185	98.90%	5181	97.20%	5186	94.60%
	6019	98.90%	6014	97.20%	6019	94.50%
	6780	98.60%	6776	96.80%	6781	94.10%
	7577	98.60%	7573	96.80%	7577	94.00%
	8411	98.40%	8407	96.50%	8412	93.70%
	9239	98.00%	9234	96.10%	9239	93.20%
	10074	98.30%	10070	96.30%	10074	93.40%

LM-80 Testing Details	
Total number of units tested per case temperature:	25
Number of failures:	0
Number of units measured:	25
Test duration (hours):	10074
Tested drive current (mA):	150
Tested case temperature 1 (T_c , °C):	55
Tested case temperature 2 (T_c , °C):	85
Tested case temperature 3 (T_c , °C):	105

In-Situ Inputs

Drive current for each LED package/array/module (mA):	104
In-situ case temperature (T_c , °C):	32.2
Percentage of initial lumens to project to (e.g. for L_{70} , enter 70):	80

Results

Time (t) at which to estimate lumen maintenance (hours):	60,000
Lumen maintenance at time (t) (%):	91.33%
Reported L80 (hours):	>60000

- Planilla de Energy Star cargada con ejemplo en el que se puede jugar con los valores...

LM-84 y TM-28

LM-84 y TM-28

- LM-84

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa, utiliza
 - datos LM-80

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa, utiliza
 - datos LM-80
 - datos LM-84

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa, utiliza
 - datos LM-80
 - datos LM-84
 - metodología TM-21

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa, utiliza
 - datos LM-80
 - datos LM-84
 - metodología TM-21
 - se agrega mecanismo para estimar curva de corrección $C(t)$ aplicable a proyección TM-21 para considerar efecto de luminaria completa

LM-84 y TM-28

- LM-84 : ensayos de decaimiento de flujo / color para la luminaria completa
- TM-28 : proyección del decaimiento de flujo para la luminaria completa, utiliza
 - datos LM-80
 - datos LM-84
 - metodología TM-21
 - se agrega mecanismo para estimar curva de corrección $C(t)$ aplicable a proyección TM-21 para considerar efecto de luminaria completa

$$\Phi(t)_{LM-84} = \Phi(t)_{LM-80} * C(t)$$

FIN

- Consultas

FIN

- Consultas

MUCHAS GRACIAS