

**Seminario en confiabilidad de dispositivos
electrónicos:
el caso particular de las luminarias
LED (Light Emitting Diode)
para alumbrado público**

Fernando Silveira, Francisco Veirano,
Nicolás Rivero, Michael Varela

Instituto de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la
República, Uruguay

Objetivos

- ◆ Brindar una introducción a la confiabilidad en general y en particular para el caso de los dispositivos electrónicos.
- ◆ Presentar un resumen de estudios recientes en mecanismos de fallas en luminarias LEDs y su seguimiento.
- ◆ Dar una introducción a los ensayos utilizados para la estimación del nivel de confiabilidad de dispositivos electrónicos y en particular la normativa que está surgiendo en el campo de la iluminación LED.

Plan (fechas actualizadas)

- ◆ Ma 26/3: Introducción, definición y matemática de la confiabilidad.
- ◆ Jue 28/3: Confiabilidad y mecanismos de falla de componentes electrónicos
- ◆ Jue 4/4: Normas test y envejecimiento acelerado
- ◆ Vie 5/4: Degradación de los LEDs (TM21), asignación de artículos a presentar por los asistentes

- ◆ **Jue 9/5: Mecanismos de falla en luminarias LED**

- ◆ Jue 23/5, Vie 24/5: Presentaciones de material adicional por parte de los asistentes

Mecanismos de falla en luminarias LED

Fernando Silveira, Francisco Veirano
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la
República, Uruguay

Resumen de lo visto hasta ahora . . .

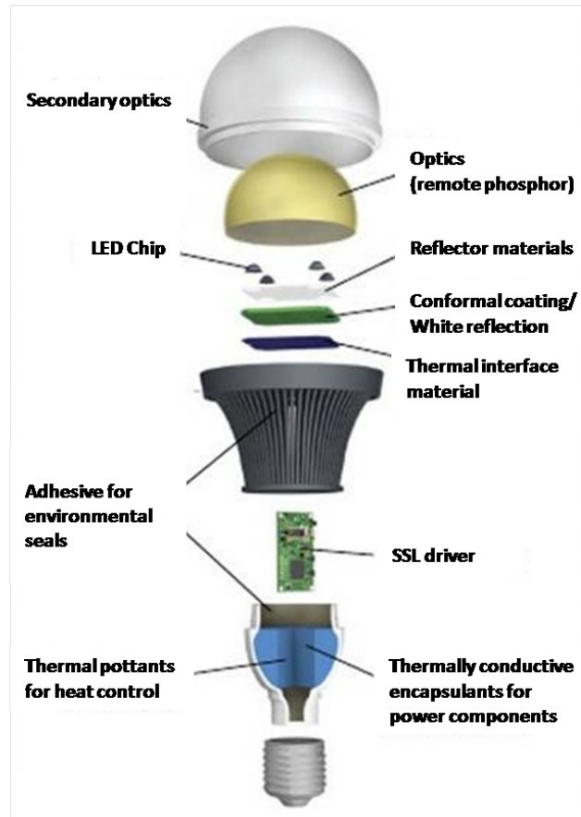
- ◆ Modelar tasa de fallas en función del tiempo
 - Ej. Modelo de Weibull
- ◆ Modelos de envejecimiento acelerado
 - Ej. Modelo de Arrhenius: Aceleración por temperatura
- ◆ Mecanismos de fallas en componentes electrónicos
 - Ej. Condensadores, transistores, ICs, etc
- ◆ Test de envejecimiento acelerado y normas
 - A partir de los modelos, estimar confiabilidad en tiempo reducido.
- ◆ Normas relativas a confiabilidad de LEDs
 - Ej. LM-80 (Ensayo, cómo medir), TM-21 (Cómo predecir)

Objetivo de hoy . . . “ALT” en luminarias LED

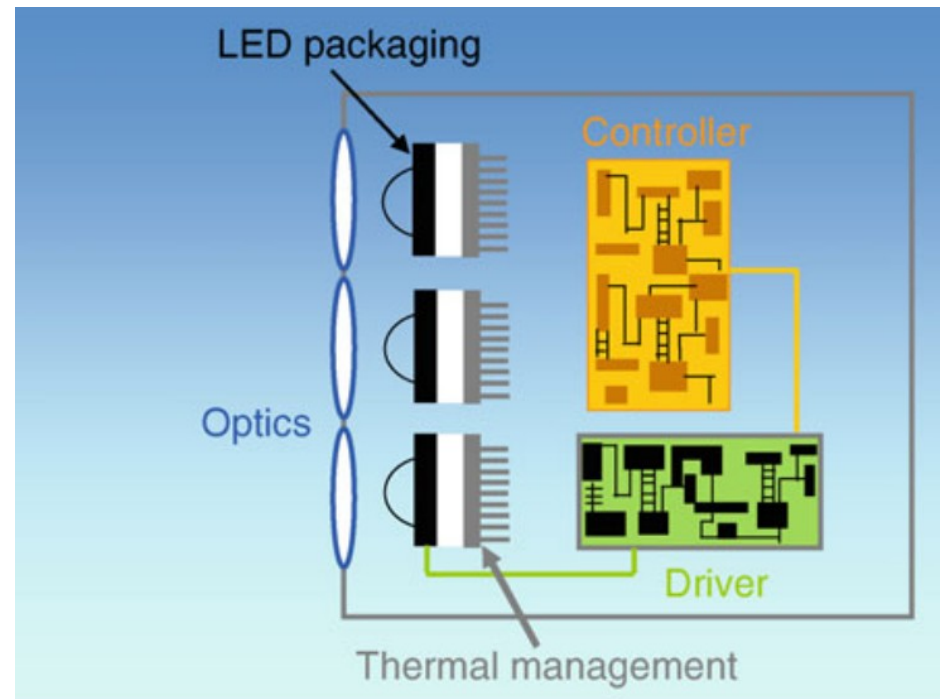
- ◆ Test de envejecimiento acelerado en luminarias LED
 - No hay consenso. Sin embargo, IEC TS 62861
 - Ejemplos de trabajos realizados en los últimos años.
- ◆ Preguntas que buscan responder . . .
 - ¿Qué “fallas” ocurren en una luminaria LED?
 - ¿Qué test debo realizar para asegurar cierta confiabilidad?
 - ¿Cuánto tiempo debo ensayar?

Objetivo de hoy . . .

- ◆ ¿Qué “fallas” ocurren en una luminaria LED?



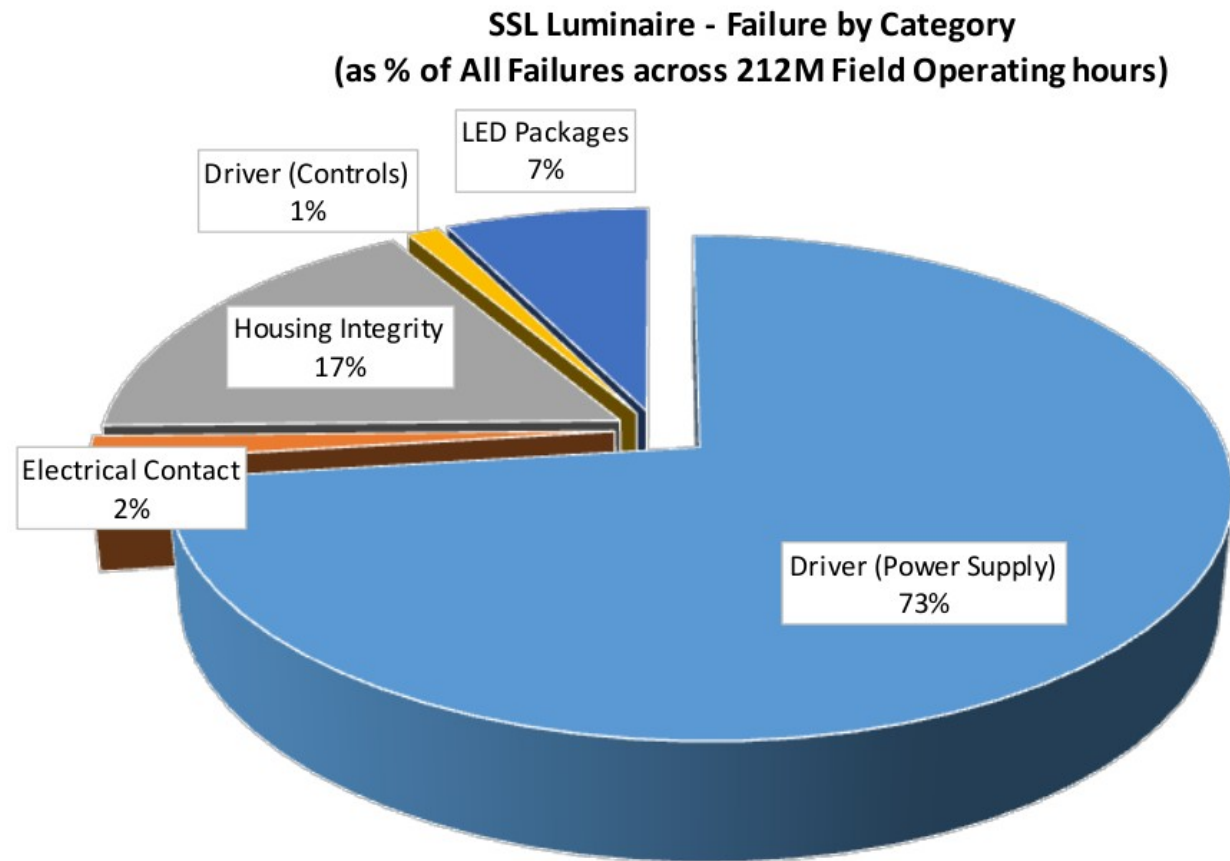
Philips MASTER LED retrofit lamp



Solid State Lighting Reliability Components to Systems, Springer 2012

¿Qué partes fallan?

- ◆ LED Luminaire Lifetime Recommendations for Testing and Reporting, 2014.
 - Estudios de campo, 7 años, 5% de fallas acumuladas, 212 millones de horas de operación



Importancia de confiabilidad . . .

- ◆ Proyecto: “Solid State Lighting Reliability”
- ◆ Departamento de Energía - EEUU
- ◆ RTI International – Centro de investigación
 - Encargado: Lynn Davis
- ◆ Colaboradores (LED System Reliability Consortium):
 - Auburn University
 - Cree Lighting
 - Etc
- ◆ Presupuesto ~ 3 MM dolares
- ◆ Tiempo: 2011 a 2017

A tener en cuenta . . .

- ◆ “Lumen depreciation is not a proxy for luminaire lifetime”, “LM-80 data with TM-21 can predict lumen depreciation but not lifetime”
- ◆ Se debe considerar la luminaria en su conjunto para definir la confiabilidad.
- ◆ Definición de falla:
 - Depreciación de Flujo (Falla gradual)
 - Cambios en el color
 - Fallas “catastróficas” o “abruptas”
 - Otras? Consumo, etc.

A tener en cuenta . . .

- ◆ Tener en cuenta que al realizar un test de envejecimiento acelerado con cierto estrés, no se introduzcan nuevos mecanismos de fallas debidos al estrés.

Paquetes de LEDs

T= 80C ~3000hs

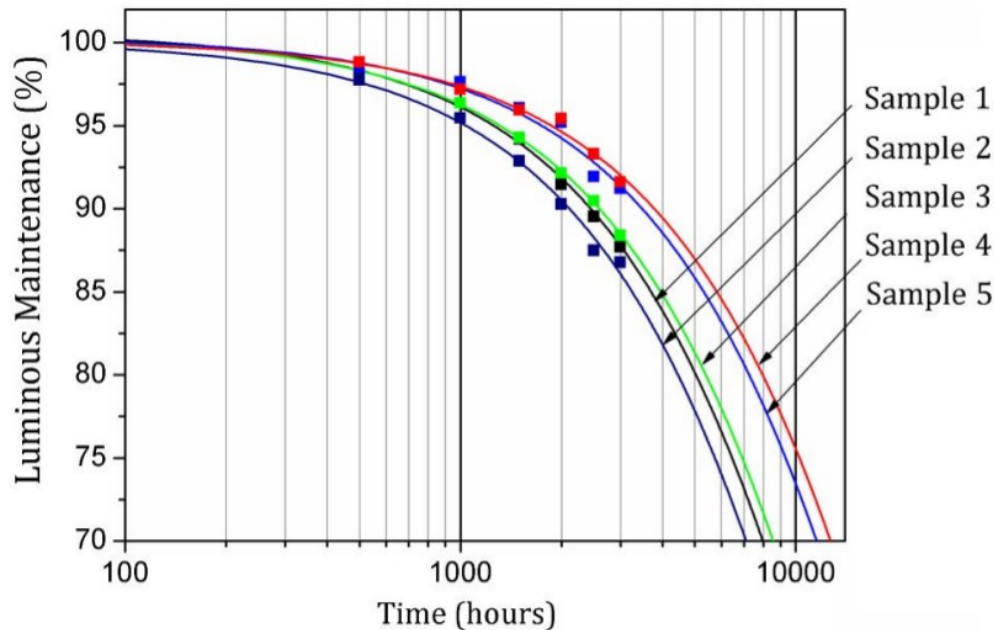


Fig. 12. Modified luminous maintenance for the five samples.

Ke, H.L. et al, 2016. Analysis of junction temperature and modification of luminous flux degradation for white LEDs in a thermal accelerated reliability test. Applied Optics

¿Cómo afectan cambios en T_j ?

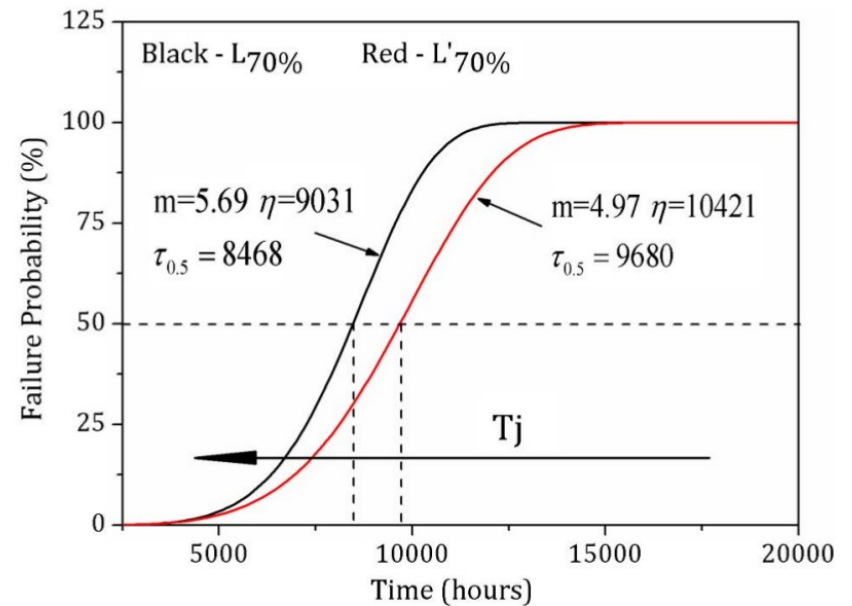


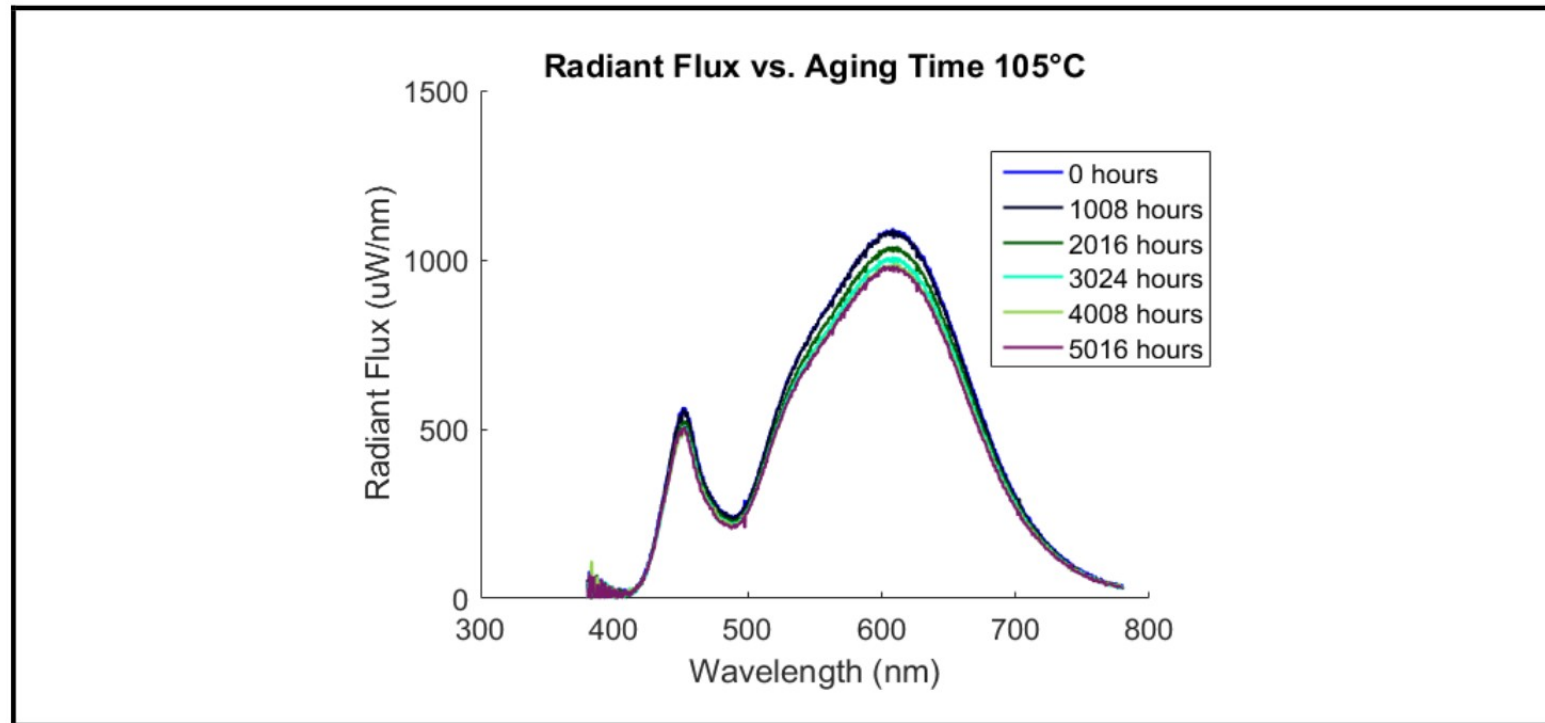
Fig. 14. Failure probability curves of the Weibull distribution derived from $L_{70\%}$ and $L'_{70\%}$.

Cambios en el color

T= 105C

~5000hs

Figure 4B-9. SPDs of Warm White XR-C Samples Subjected to Test Condition 1 for Varying Times

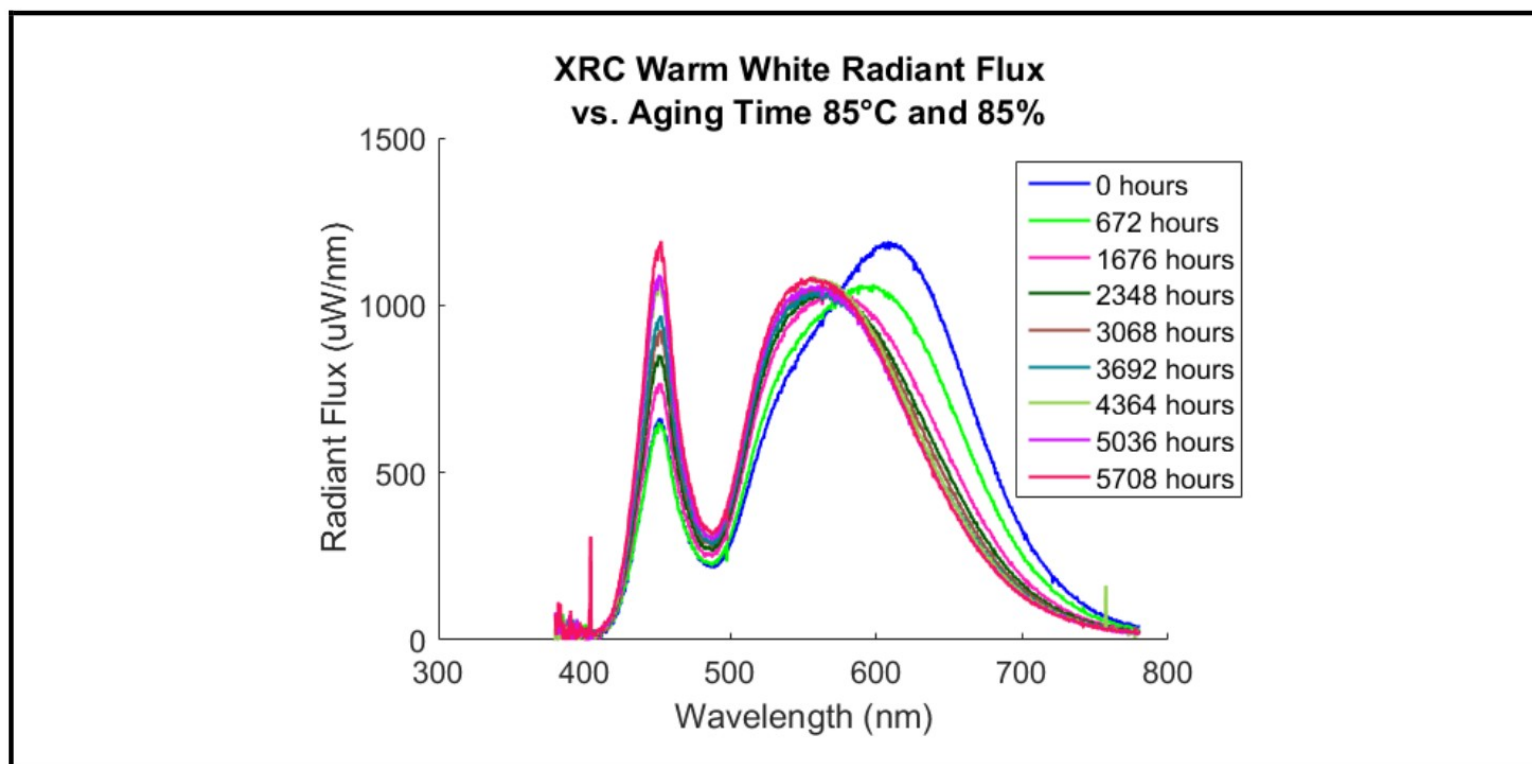


Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

Cambios en el color

T= 85C y RH=85% 1 h ON y 1h OFF ~5000hs

Figure 4B-13. Absolute Radiant Flux Measurements of Product XR-C at Different Times in 8585 Testing



Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

LED Luminaire Driver . . .

Condensadores, Inductores, Resistencias, MOSFET, Puente de diodos, etc

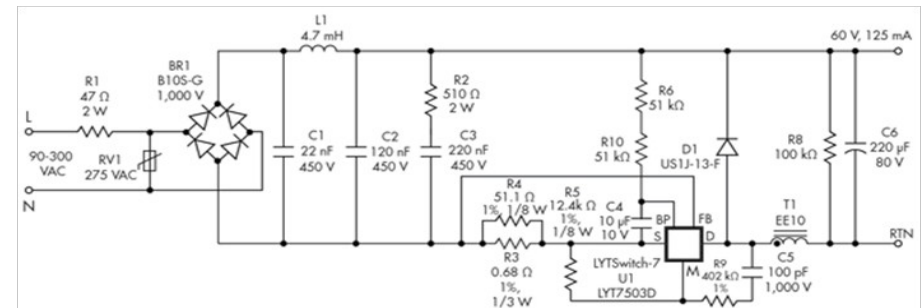
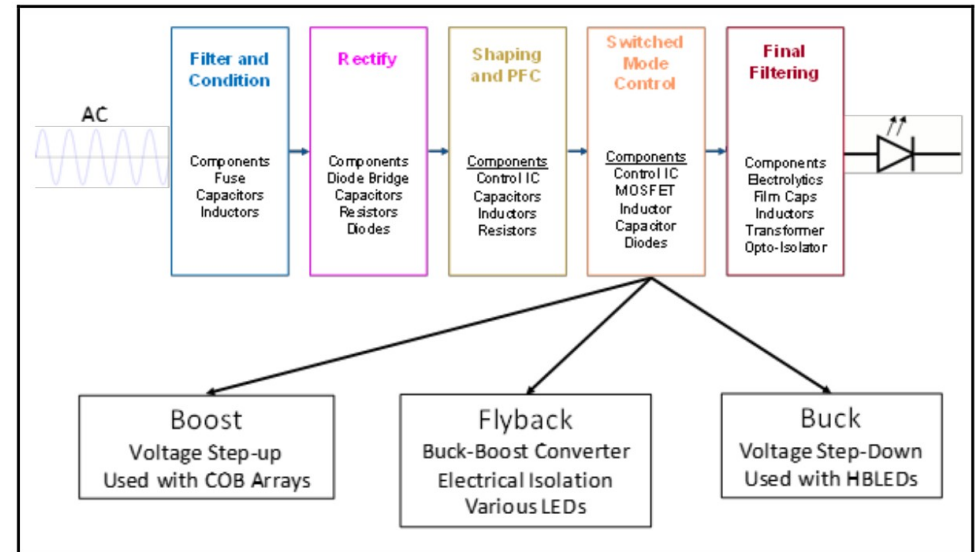


Figure 4D-60. Generalized Schematic of the Electrical Circuits Commonly Used in SMPS Drivers for SSL Devices



W.D. van Driel et al. (eds.), *Solid State Lighting Reliability Part 2*

LED Luminaire Driver . . .

Puntos débiles – Condensador electrolítico

storage ~150hs

Table 4D-11. Change in Capacitor Properties during 2,280 Hours of 135°C HTSL Testing

Capacitor Number	Initial Capacitance (μF)	Rated Voltage (V)	Capacitance Change	ESR Change
1	220	35	-5.9%	+318%
2	33	350	-1.5%	+50%
3	33	350	+0.8%	+65%
4	22	50	-11.5%	+364%

A pesar de degradación de condensador . . . flujo luminoso no degradado . . . buen diseño

Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

LED Iluminaire Driver . . .

Puntos débiles – Condensador electrolítico

storage ~150hs

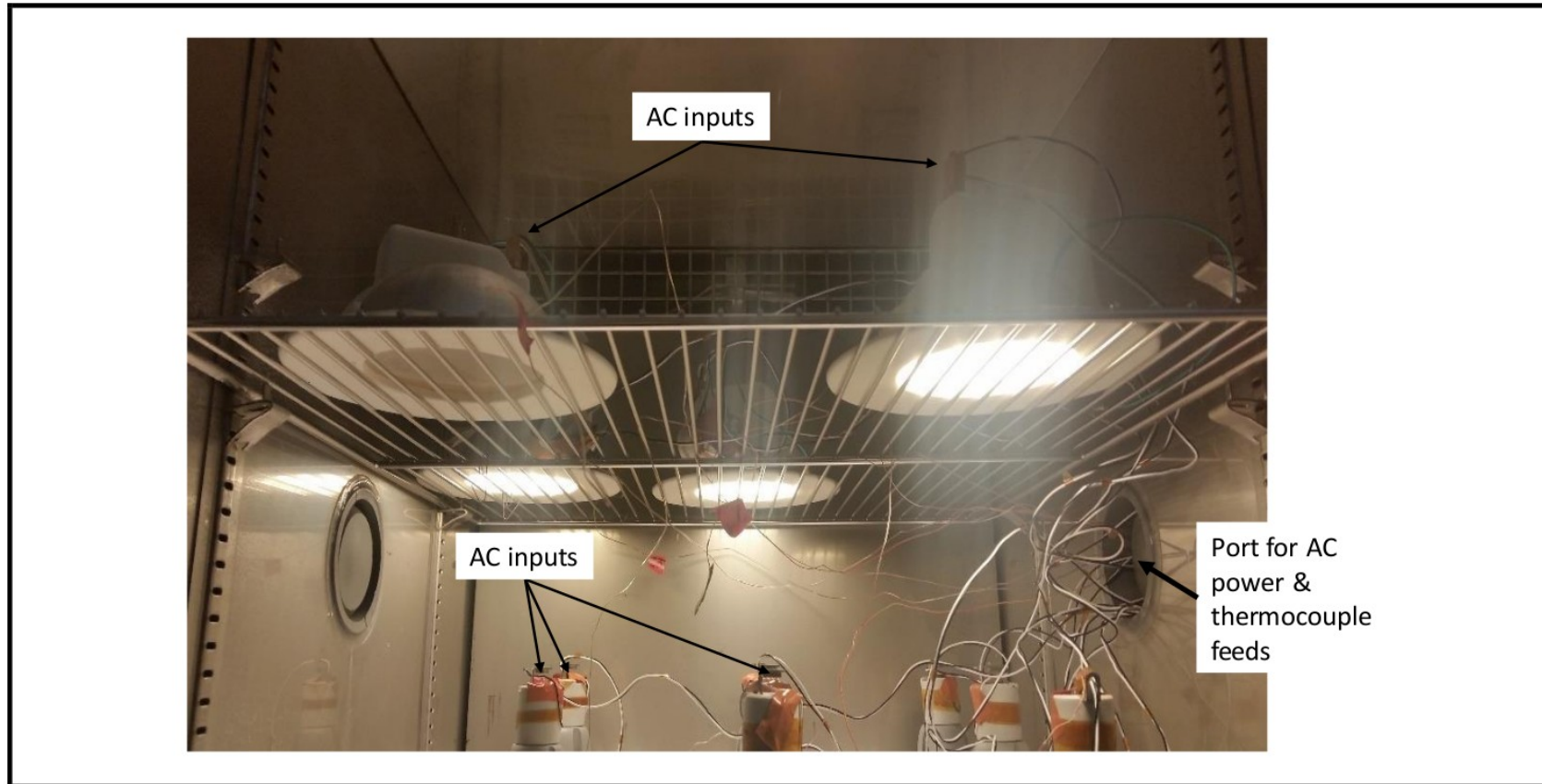
Table 4D-12. Change in Capacitor Properties during 5,352 Hours of 8585 WHTSL Testing

Capacitor Number	Initial Capacitance (μF)	Rated Voltage (V)	Capacitance Change	ESR Change
1	220	35	-2.8%	+9%
2	33	350	+0.7%	+5%
3	33	350	+0.4%	+6%
4	22	50	-2.1%	+1%

Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

LED Luminaire . . .

Figure 4D-79. Interior of Environmental Chamber Used to Simultaneously Expose both LEDs and Drivers in a Luminaire to AST Environments

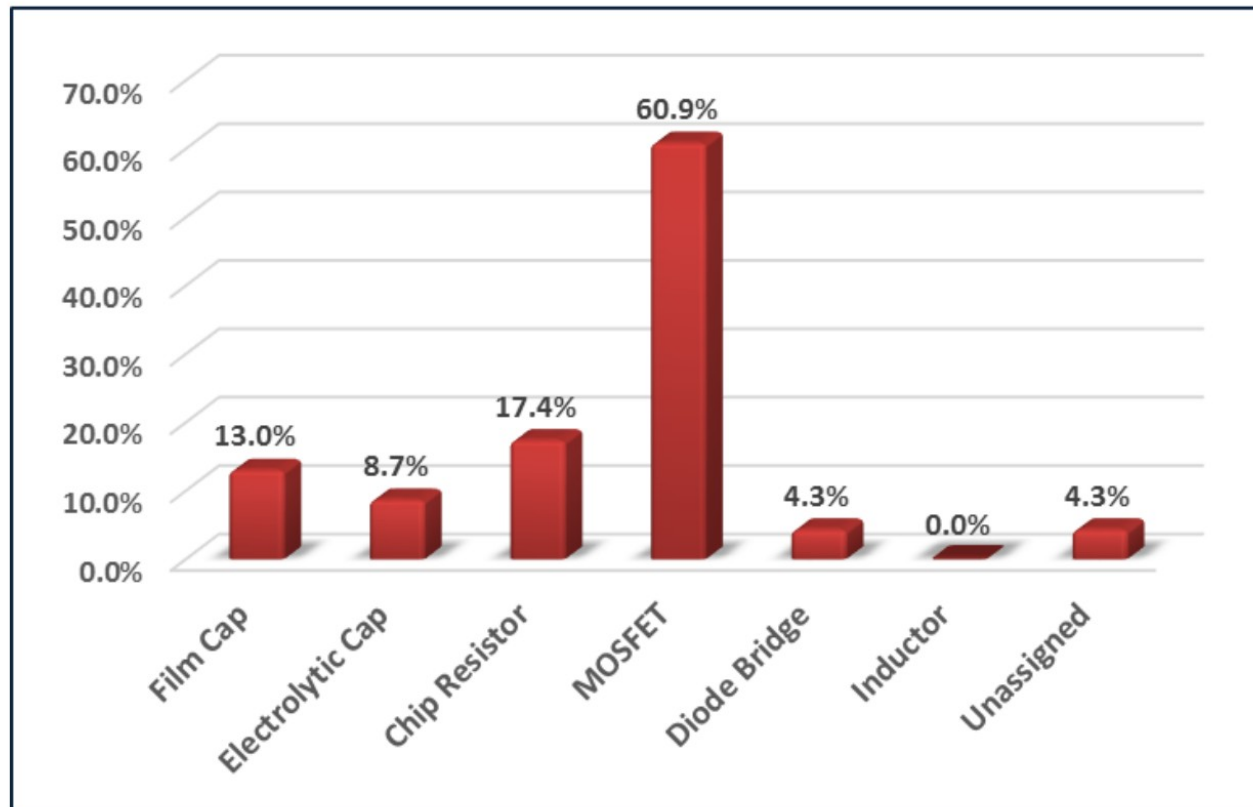


Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

LED Iluminaire . . .

Luminarias prendidas

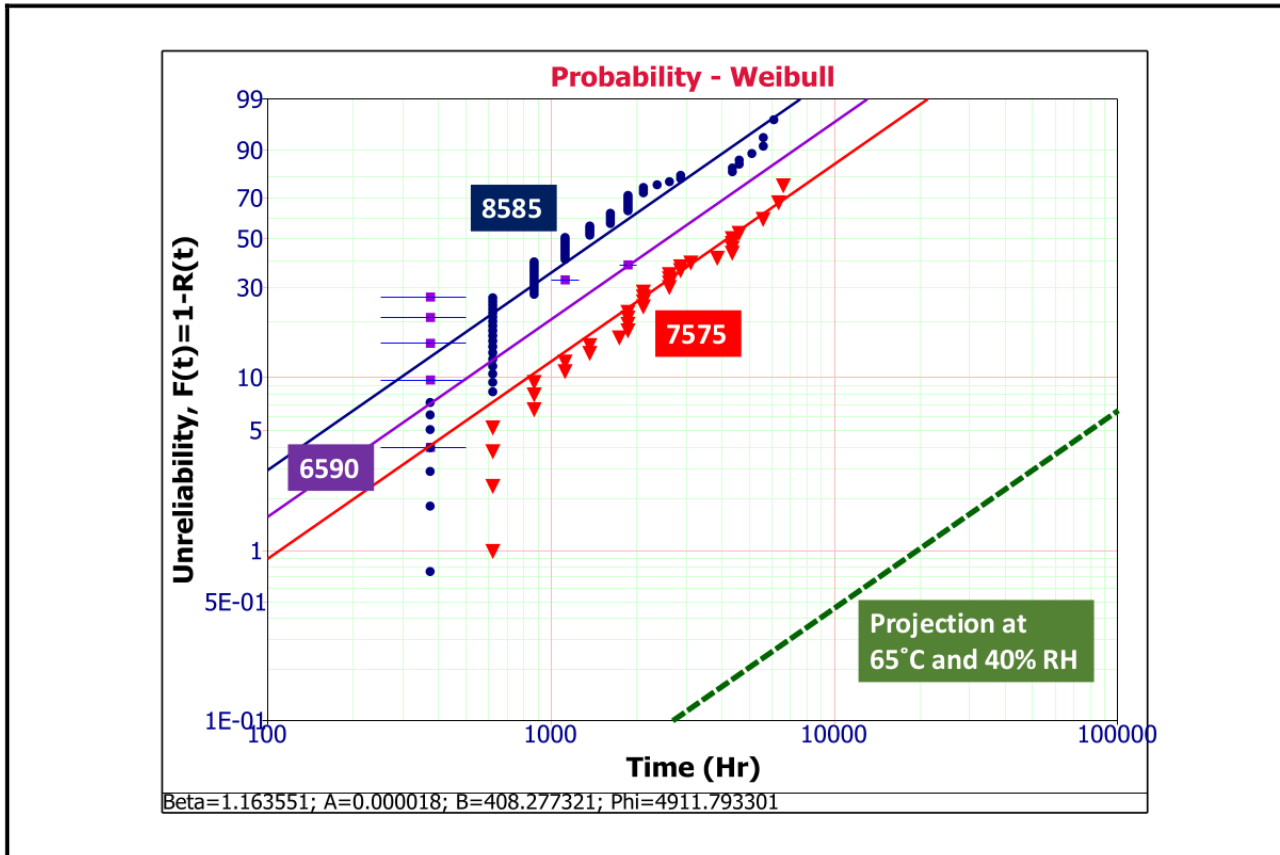
Figure 4D-81. Component Failure Distribution for 6" Downlights in 7575 Testing



Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

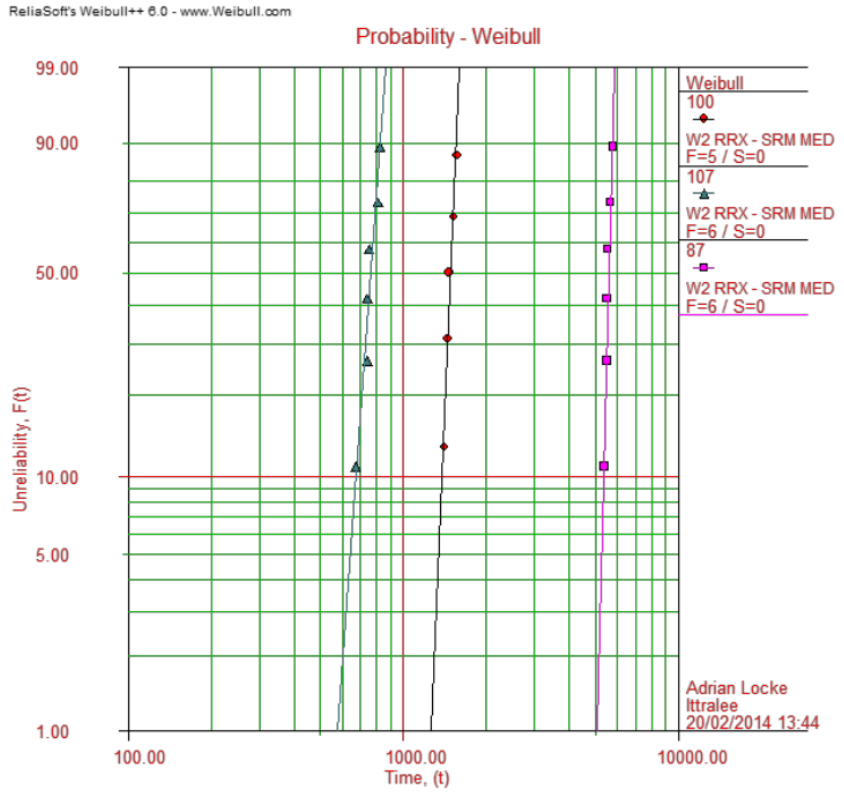
LED Luminaire . . .

Figure 4D-82. Weibull Probability Plot Based on Temperature and Humidity Parameterization for 6" Downlights in WHTOL



Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

LED Iluminaire . . .



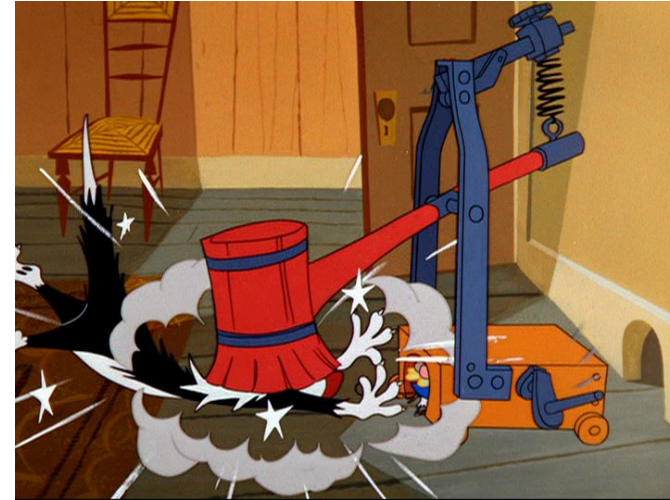
$\beta_1=25.9900, \eta_1=1513.0535, \rho=0.9664$
 $\beta_2=15.1052, \eta_2=778.7398, \rho=0.9598$
 $\beta_3=42.8319, \eta_3=5640.7071, \rho=0.9533$

Table 2 Acceleration Factors

Temperatures °C	Activation Energy (Ea)	Acceleration factor (AT)
85 to 85	1.05	1.00
100 to 85	1.05	3.93
107 to 85	1.05	7.17

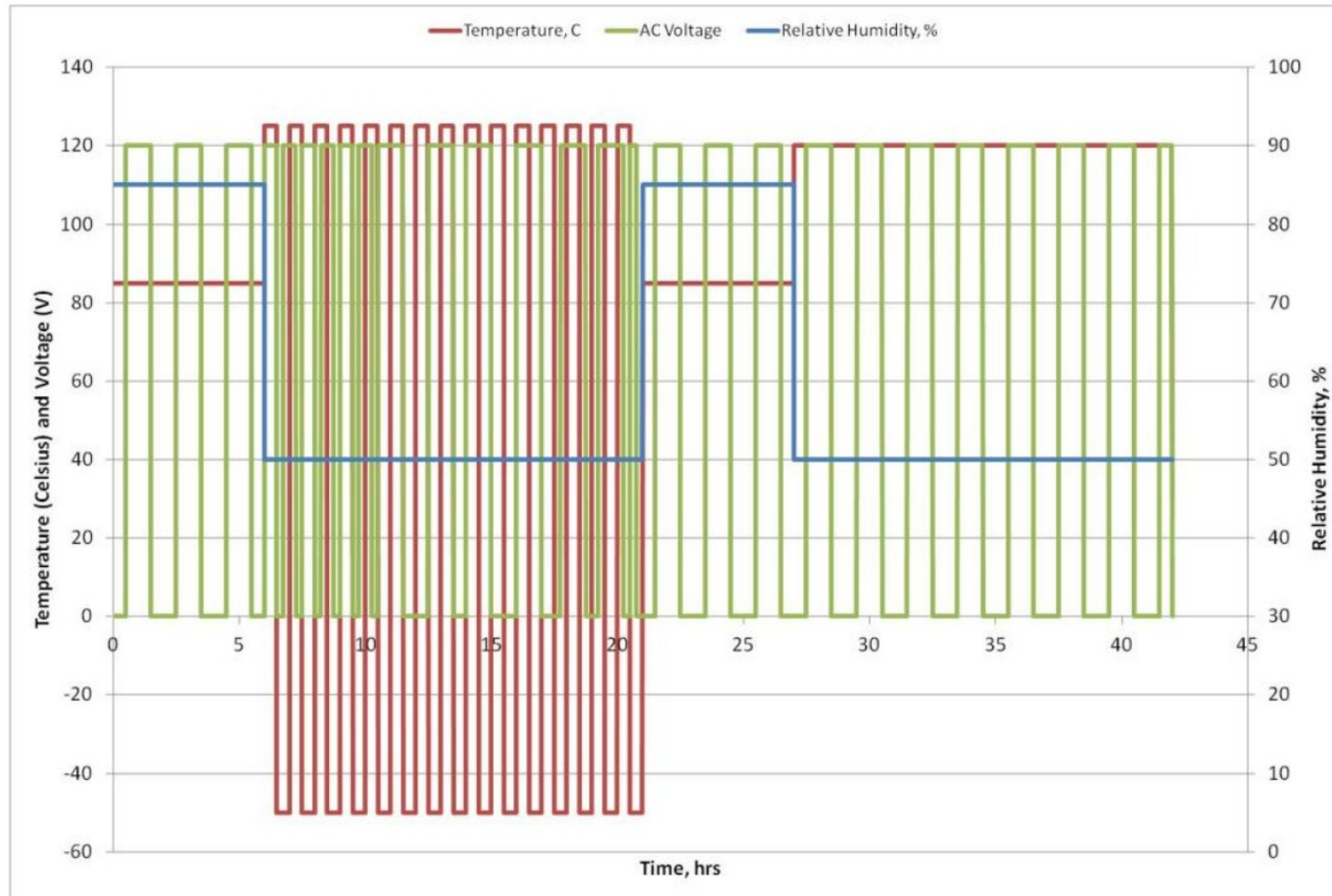
Adrian Locke, et al. 2016, Reliability Prediction and Analysis of LED Luminaires

Hammer Test . . .



- ◆ HALT – High Accelerated Life Test
- ◆ Activar mecanismos de fallas en tiempo reducido
- ◆ Visualizar puntos débiles en la etapa de diseño

Hammer Test



Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

Hammer Test

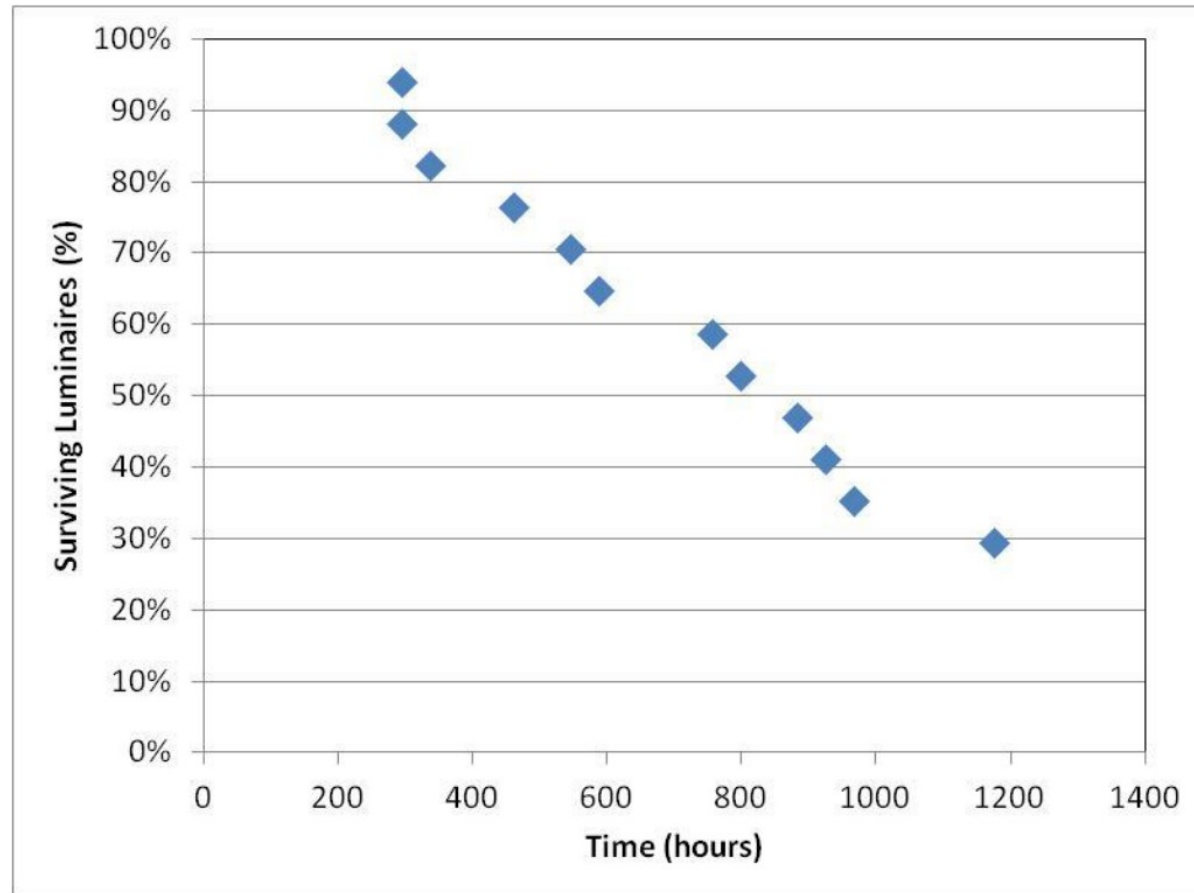


Figure 4-1. Failure Times of the Luminaires in Hammer Test

Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

Hammer Test

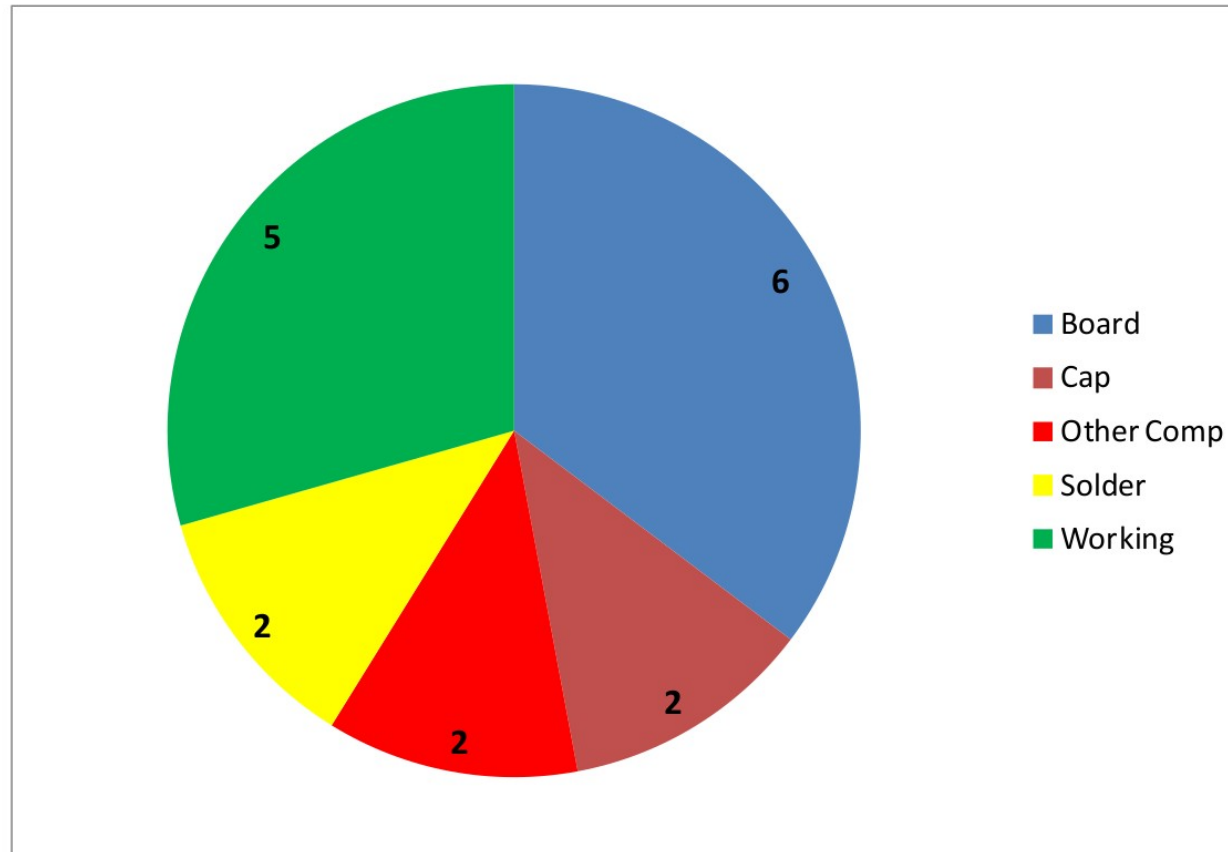


Figure 4-3. Distribution of Failure Modes for Luminaires Examined During the Hammer Test

Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

Hammer Test

Table 4-3. Failure Times and Failure Modes for the 17 Luminaires Subjected to the Hammer Test

Luminaire Identifier	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Luminaire A	546 hr (board)	798 hr (board)	924 hr (board)
Luminaire B	588 hr (capacitor)	756 hr (capacitor)	Still operating
Luminaire C	882 hr (solder)	966 hr (solder)	1,176 hr (component)
Luminaire D	294 hr (component)	Still operating	—
Luminaire E	294 hr (board)	336 hr (board)	462 hr (board)
Luminaire F	Still operating	—	—
Luminaire G	Still operating	Still operating	—

Dr. J. Lynn Davis, 2017, System Reliability Model for Solid-State Lighting (SSL) Luminaires, RTI International

Metodología prueba de confiabilidad . . .

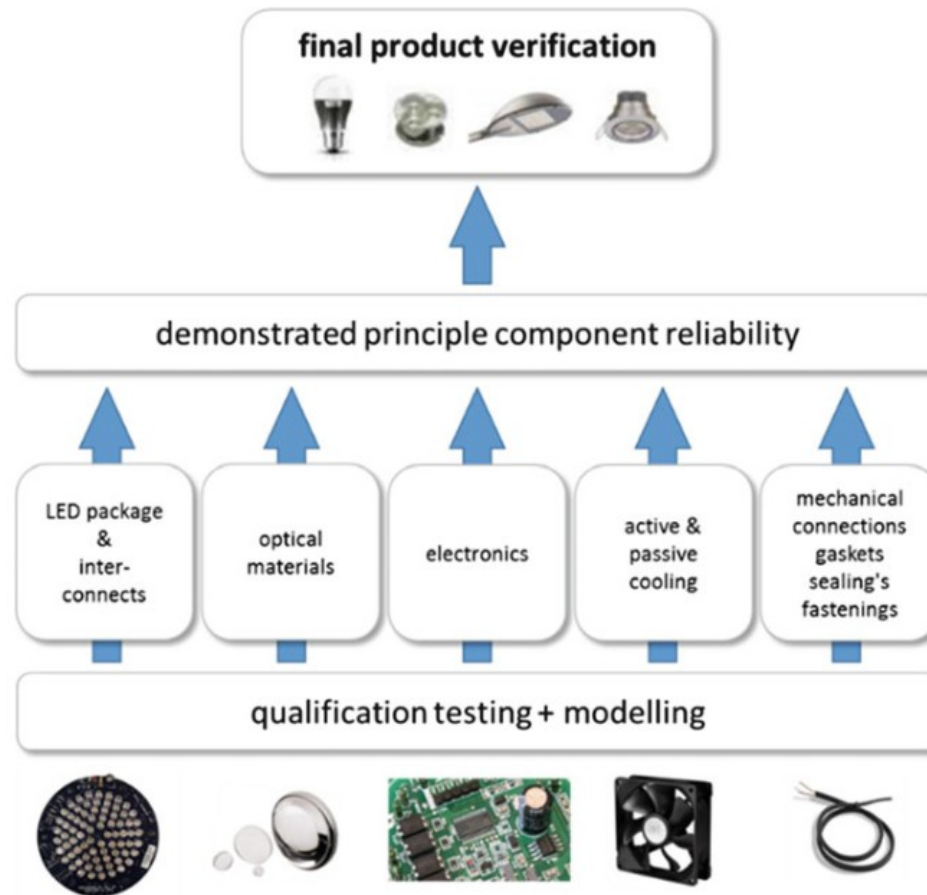


Fig. 1.7 Principal component reliability testing and demonstration on final product level

2017, Springer, Solid State Lighting Reliability Part 2, Components to Systems

Conclusiones

- ◆ Se pueden utilizar ALT para obtener información sobre la confiabilidad de las luminarias LED.
- ◆ No existe un consenso sobre qué conjunto de ensayos se deben aplicar para asegurar o estimar la confiabilidad de una luminaria. Sin embargo, empiezan a aparecer primeras guías (IEC TS 62861).
- ◆ La conclusión parece ser que es necesario realizar un conjunto de ensayos con diferentes tipos de estrés que activen distintas fallas.
- ◆ Aplicar ensayos a partes por separado y a luminaria completa.
- ◆ Si bien se confirma que la electrónica del driver puede ser un punto débil en la confiabilidad de la luminaria, también hay que atender; cambio de color, conexiones LED-driver, etc.

Conclusiones

- ◆ Se pueden utilizar ALT para obtener información sobre la confiabilidad de las luminarias LED.
- ◆ No existe un consenso sobre qué conjunto de ensayos se deben aplicar para asegurar o estimar la confiabilidad de una luminaria. Sin embargo, empiezan a aparecer primeras guías (IEC TS 62861).
- ◆ La conclusión parece ser que es necesario realizar un conjunto de ensayos con diferentes tipos de estrés que activen distintas fallas.
- ◆ Aplicar ensayos a partes por separado y a luminaria completa.
- ◆ Si bien se confirma que la electrónica del driver puede ser un punto débil en la confiabilidad de la luminaria, también hay que atender; cambio de color, conexiones LED-driver, etc.

Conclusiones

- ◆ Se pueden utilizar ALT para obtener información sobre la confiabilidad de las luminarias LED.
- ◆ No existe un consenso sobre qué conjunto de ensayos se deben aplicar para asegurar o estimar la confiabilidad de una luminaria. Sin embargo, empiezan a aparecer primeras guías (IEC TS 62861).
- ◆ **La conclusión parece ser que es necesario realizar un conjunto de ensayos con diferentes tipos de estrés que activen distintas fallas.**
- ◆ Aplicar ensayos a partes por separado y a luminaria completa.
- ◆ Si bien se confirma que la electrónica del driver puede ser un punto débil en la confiabilidad de la luminaria, también hay que atender; cambio de color, conexiones LED-driver, etc.

Conclusiones

- ◆ Se pueden utilizar ALT para obtener información sobre la confiabilidad de las luminarias LED.
- ◆ No existe un consenso sobre qué conjunto de ensayos se deben aplicar para asegurar o estimar la confiabilidad de una luminaria. Sin embargo, empiezan a aparecer primeras guías (IEC TS 62861).
- ◆ La conclusión parece ser que es necesario realizar un conjunto de ensayos con diferentes tipos de estrés que activen distintas fallas.
- ◆ **Aplicar ensayos a partes por separado y a luminaria completa.**
- ◆ Si bien se confirma que la electrónica del driver puede ser un punto débil en la confiabilidad de la luminaria, también hay que atender; cambio de color, conexiones LED-driver, etc.

Conclusiones

- ◆ Se pueden utilizar ALT para obtener información sobre la confiabilidad de las luminarias LED.
- ◆ No existe un consenso sobre qué conjunto de ensayos se deben aplicar para asegurar o estimar la confiabilidad de una luminaria. Sin embargo, empiezan a aparecer primeras guías (IEC TS 62861).
- ◆ La conclusión parece ser que es necesario realizar un conjunto de ensayos con diferentes tipos de estrés que activen distintas fallas.
- ◆ Aplicar ensayos a partes por separado y a luminaria completa.
- ◆ Si bien se confirma que la electrónica del driver puede ser un punto débil en la confiabilidad de la luminaria, también hay que atender; cambio de color, conexiones LED-driver, etc.