

**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
- ◆ Vie 10/5: Seguimiento de tasa de fallas
- ◆ Jue 23/5, Vie 24/5: Presentaciones de material adicional por parte de los asistentes

# **Normas Envejecimiento Acelerado**

Fernando Silveira, Michael Varela  
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Universidad de la  
República, Uruguay

# Normas específicas para LEDs / luminarias LED

---

- ◆ Hay dos grandes partes:
  - Depreciación de Flujo (Falla gradual)
  - Fallas “catastróficas” o “abruptas”
- ◆ Mucho tiempo se caracterizó solo la depreciación del flujo luminoso y considerando solo el “LEDs package”
- ◆ ¡ Hay acuerdo y clamor de que aún falta más !

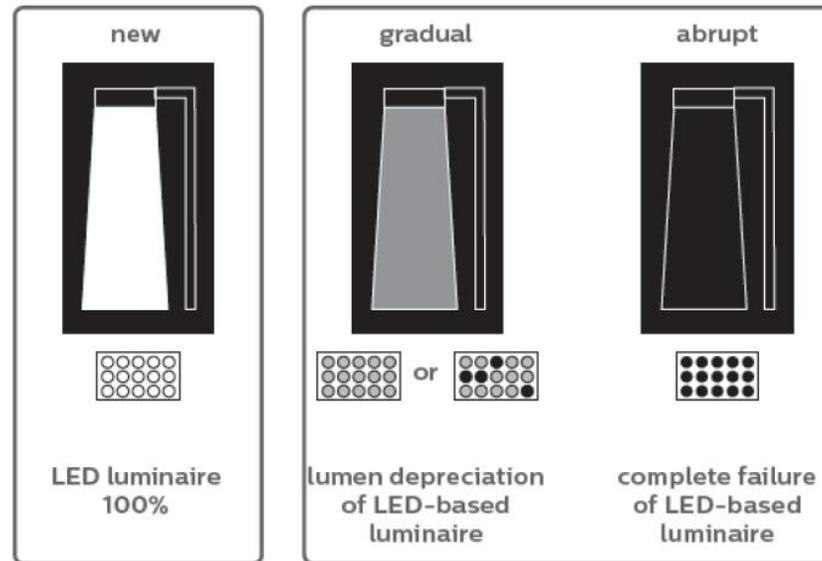
Estudios muestran que la mayor parte de las fallas no son en el LED package

- ◆ Hay recomendaciones “paliativas” / uso de caminos probados en otras áreas y están empezando a aparecer normas específicas

# Normas específicas para LEDs / luminarias LED

## Necesidad

- ◆ Evaluating performance of LED based luminaires, Guidance Paper, Lighting Europe, Enero 2018



# Normas específicas para LEDs / luminarias LED

## Necesidad

- ◆ Evaluating performance of LED based luminaires, Guidance Paper, Lighting Europe, Enero 2018
- ◆ Refiere a norma IEC 62722-2-1:2014 Luminaire performance - Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires en lo que tiene que ver con caracterizar performance de la luminaria
- ◆ Recomendación reportar, por ej:

<b>Ambient temperature of luminaire (<math>t_q</math>)</b>	25°C	40°C
<b>Input power</b>	48W	48W
<b>Luminous flux</b>	6000 lm	5600 lm
<b>Luminous efficacy</b>	125 lm/W	116 lm/W
<b>Correlated colour temperature (CCT)</b>	3000 K	3000 K
<b>Colour rendering index (CRI)</b>	$\geq 80$	$\geq 80$
<b>Rated median useful life <math>L_x</math> (h) and the associated rated lumen maintenance factor (x)</b>	$L_{85}$ : 35,000 hrs $L_{80}$ : 50,000 hrs	$L_{80}$ : 35,000 hrs $L_{75}$ : 50,000 hrs
<b>Abrupt failure value (%) at Median useful life</b>	5% @ 35,000 hrs 10% @ 50,000 hrs	10% @ 35,000 hrs 15% @ 50,000 hrs

Pero ....

# Normas específicas para LEDs / luminarias LED

## Necesidad

---

- ◆ Evaluating performance of LED based luminaires, Guidance Paper, Lighting Europe, Enero 2018
- ◆ Dice:

Note: Methods for accelerated lifetime assessments for LED based products are currently not available.

The IEC performance standards currently describe lifetime metrics for LED based products but not how to measure/calculate the parameter of the lifetime metrics. As a consequence, the quality of the lifetime predictions varies wildly and there is a significant risk of apple-to-pear comparison.

Reputable manufacturers will calculate Median Useful Life and associated Abrupt Failure Value based on historical design data and knowledge, component level testing and thermal design.

# Normas específicas para LEDs

## Depreciación de flujo luminoso

---

- ◆ Normas IES: Illuminating Engineering Society
- ◆ IES LM80-08: Measuring Lumen Maintenance of LED Light Sources
- ◆ IES LM-80-15: IES Approved Method: Measuring Luminous Flux and Color Maintenance of LED Packages, Arrays and Modules, Includes Errata 1
- ◆ IES TM21-11 Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources
- ◆ ... Próxima clase

# Luminaria en su conjunto

## Recomendaciones

- ◆ Dept. of Energy, EEUU (DoE) / Next Generation Lighting Industry Alliance (NGLIA), Programa LED Systems Reliability Consortium (LSRC)
- ◆ LED Luminaire Lifetime Recommendations for Testing and Reporting, 3rd Ed. Sept 2014.
  - Estudios de campo, 7 años, 5% de fallas acumuladas, 212 millones de horas de operación

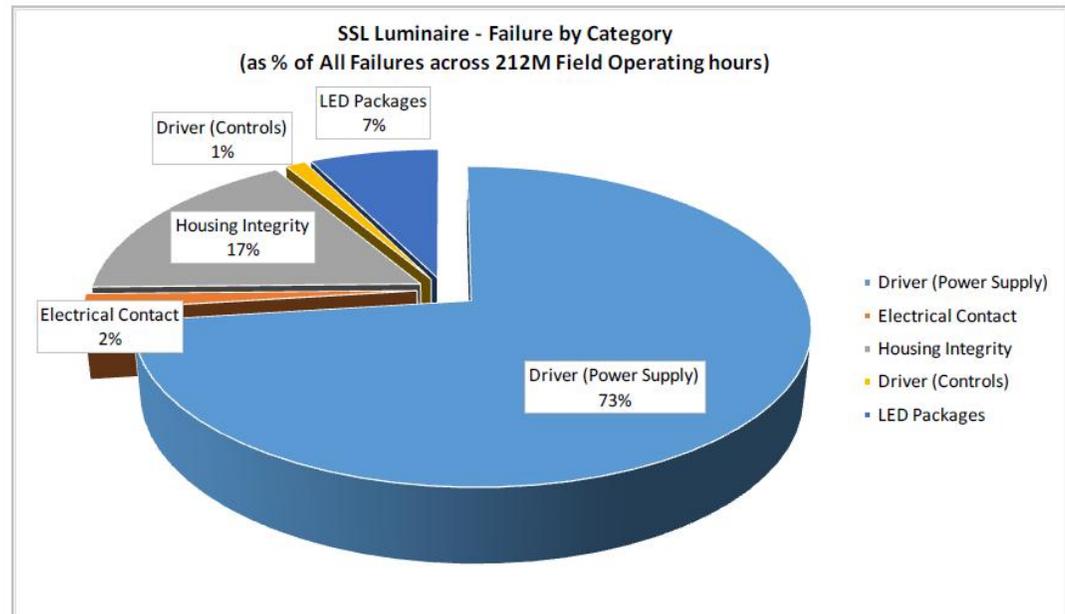


Figure 5. SSL luminaire failure modes, across 212 million field hours. Source: Appalachian Lighting Systems, Inc.

# Algunas Recomendaciones Estudio NGLIA – LSRC, 2014, para compradores

---

- Focus on qualifying suppliers. Understand what methods the vendor is using to support reliability or lifetime claims, and require data. As they become available, require compliance with industry-consensus robustness tests.
- Understand the warranty. What is covered and what is not? Is the warranty period a reasonable fraction of the claimed lifetime? Will the manufacturer have compatible replacement parts as applicable, when needed?
- Avoid using products for which reliability claims are based on unreliable proxies for luminaire lifetime, such as the lumen maintenance of the LED package. Require and examine additional luminaire product or subsystem data from your qualified manufacturer to support any such claim.

# Algunas Recomendaciones, Estudio NGLIA – LSRC, 2014, Envejecimiento Acelerado

---

- ◆ Definir con precisión condiciones de falla y hay necesidad de definir tiempo de vida de luminarias en forma estándar.
  - “Lumen depreciation is not a proxy for luminaire lifetime”,  
“LM-80 data with TM-21 can predict lumen depreciation but not lifetime”
- ◆ El tiempo de vida reportado tiene que tener al menos un intervalo de confianza del 50% (“This recommendation has not been widely observed but should be”)
- ◆ Use test de sobrestress (overstress) para identificar fallas de diseño y defectos de fabricación
- ◆ Menciona tests de envejecimiento acelerado, entre otros test a 85oC / 85% de humedad

# Luminaria en su conjunto

## Recomendaciones: DoE

---

- ◆ MSSLC Model Specification for LED Roadway Luminaires, Version 2.0, July 2014, sugiere solicitar:
  - “5.8 Summary of Joint Electron Devices Engineering Council (JEDEC) or Japan Electronics and Information Technology Industries (JEITA) reliability testing performed for LED packages”
  - “5.9 Summary of reliability testing performed for LED driver(s)”

# Norma LED package

- ◆ IES TM26-15: Methods for projecting catastrophic failure rate of LED packages.
- ◆ Presenta modelos envejecimiento acelerado con:
  - Temperatura (Arrhenius, pone como ejemplo  $E_a = 0.65$  eV)
  - Corriente por los LEDs
- ◆ Explica los métodos que vimos:
  - estimación de  $\lambda$  en zona de tasa de fallas constante (distribución exponencial)
  - caso general (Weibull).
- ◆ Indica que reportar en los resultados, ej:

**5.5.3 Reporting Results** The following information should be reported:

- Catastrophic failure rate (FIT);
- Model used (data or physical);
- Stress factor for the stated temperature;
- Stress factor for the stated forward current (if considered);
- Device hours (sample size multiplied by testing time);
- Sample size;
- Confidence level.

# Envejecimiento Acelerado

- Considerando: Tensayo: 85 oC (alimentado),  $E_a=0.65$  eV, 4000 hs uso / año, objetivo menor o igual a aprox. 1% fallas / año

Fila	Tuso	Intervalo de confianza	$E_a$ (eV)	Factor de aceleración	Hs. ensayo	Tiempo equiv. de test (en años, Nota 1)	Fallas en ensayo	FIT Max.	%fallas/año max.
1	15	90	0.65	165.0	1000	41.3	3	1839	0.74
2	15	95	0.65	165.0	1000	41.3	3	2135	0.85
3	15	90	0.65	165.0	1000	41.3	4	2200	0.88
4	15	95	0.65	165.0	1000	41.3	4	2520	1.01
5	15	90	0.65	165.0	1000	41.3	0	634	0.25
6	15	95	0.65	165.0	1000	41.3	0	825	0.33
7	15	90	0.5	50.8	1000	12.7	0	2060	0.82
8	15	90	0.5	50.8	1000	12.7	3	5977	2.39
9	20	90	0.65	105.7	1000	26.4	3	2872	1.15
10	15	90	0.65	165.0	250	10.3	0	2536	1.01
11	15	95	0.65	165	250	10.3	0	3299	1.32



# Envejecimiento Acelerado: Normas consideradas

---

## Normas (componentes)

- ◆ Jedec Standard, JESD22-A101D, July 2015, Steady-State Temperature-Humidity Bias Life Test
- ◆ MIL-STD-883K w/change 1, 20 July 2016, TEST METHOD STANDARD MICROCIRCUITS, Method 1005.10: Steady State Life, Department of Defense, USA.

# Envejecimiento Acelerado: Marzo 2017, Norma Específica !

---

- ◆ IEC TS 62861, Edition 1.0 2017-03, Guidelines for principal component reliability testing for LED light sources and LED luminaires.

# Envejecimiento Acelerado: Opción alternativa de IEC TS 62861

---

“Las siguientes partes de la luminaria deberán pasar los tests que se indican a continuación de la guía: IEC TS 62861, Edition 1.0 2017-03, Guidelines for principal component reliability testing for LED light sources and LED luminaires

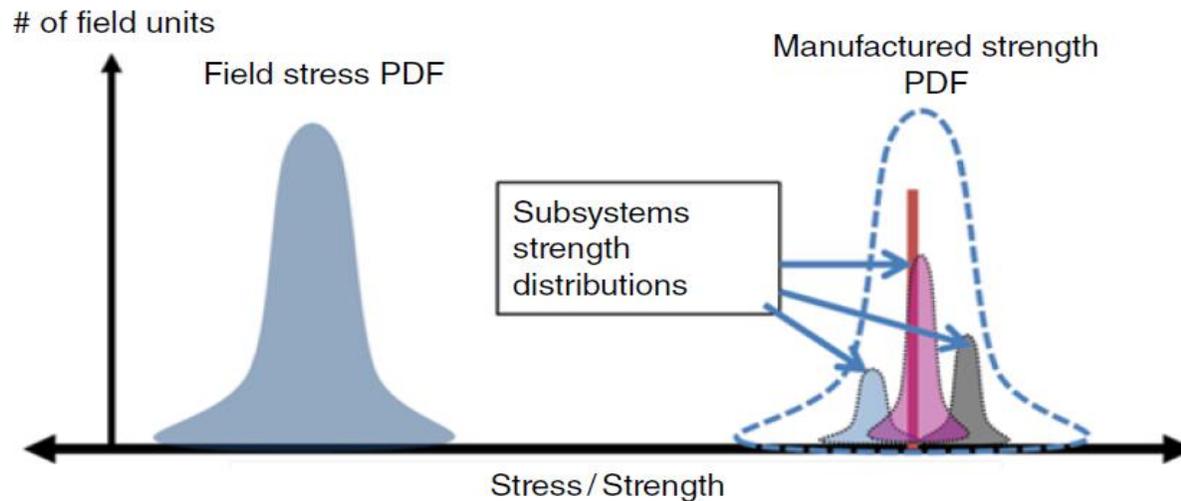
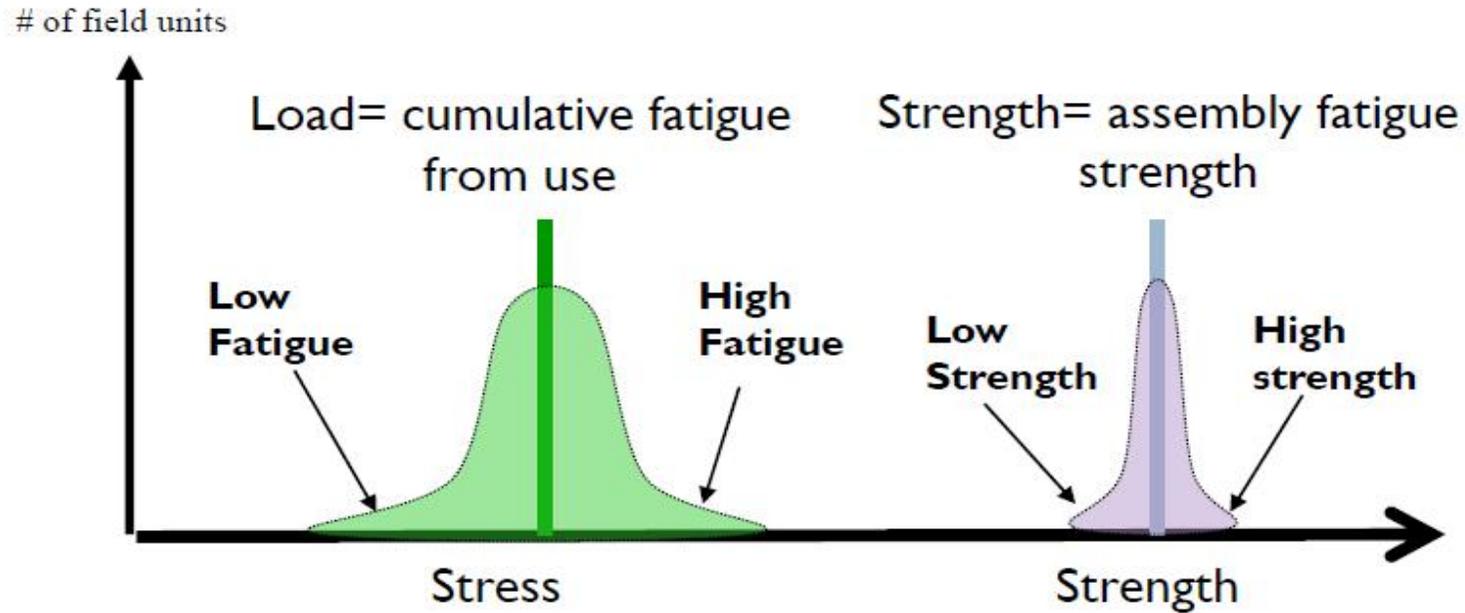
- ◆ a) LEDs (“LED Package”) Test de vida operativa a alta temperatura húmeda (Wet high temperature operating life (WHTOL)) especificado en cl. 5.11.4.1.
- ◆ b) Interconexión de los LEDs: Test de ciclado térmico de las interconexiones especificado en cl. 5.13.2 con duración del test: 500 ciclos.
- ◆ c) Módulos electrónicos (en particular driver): Test de stress por operación bajo humedad y temperatura indicado en la cláusula: 7.7.2.”

# Nuevas tendencias

---

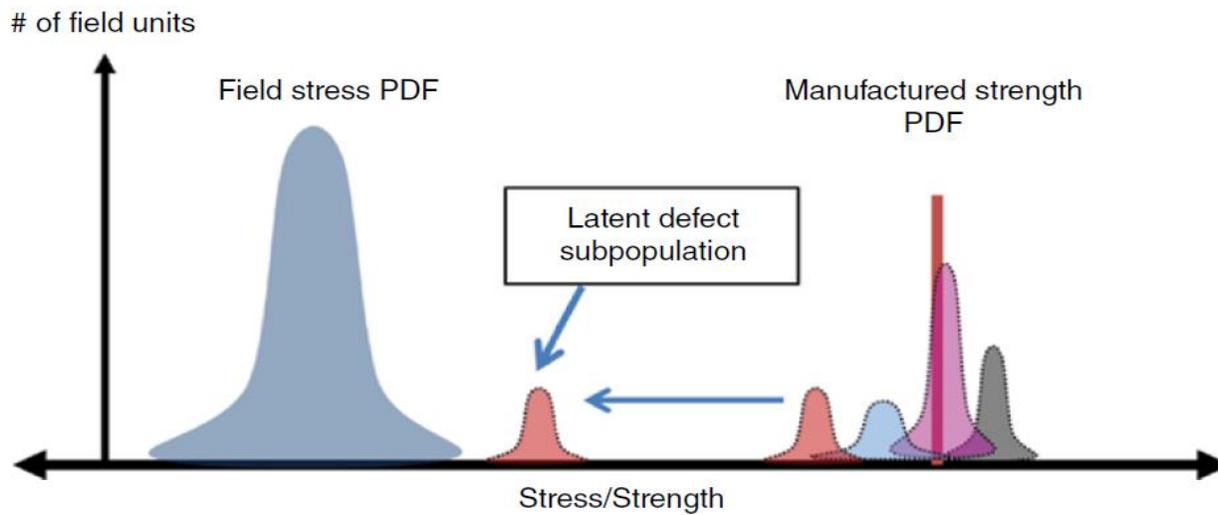
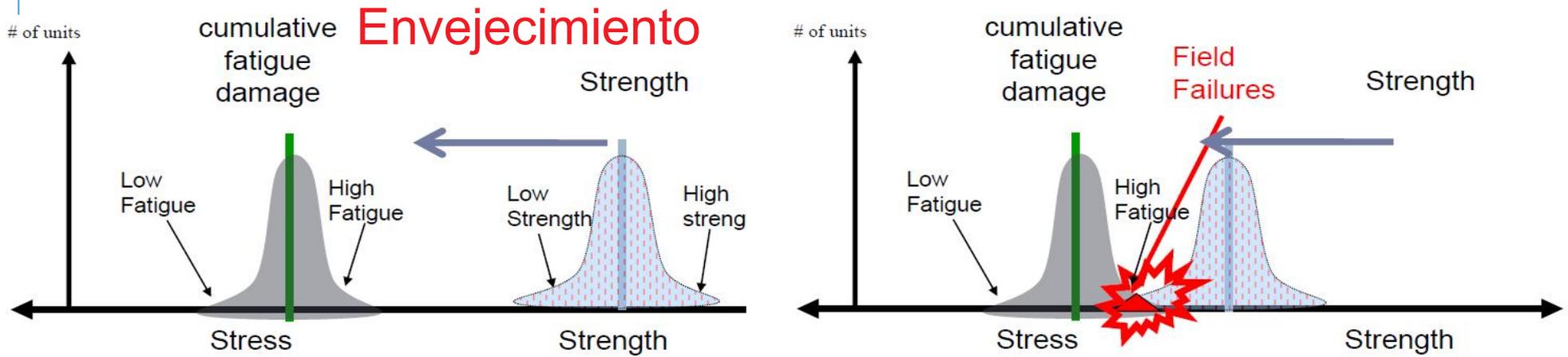
- ◆ HALT: Highly Accelerated Life Test
  - Herramienta durante la etapa de diseño
  - Nombre creado en 1988 por G. Hobbs (luego de usar durante 18 años el nombre de “Design Ruggedization”)
  - Usado para encontrar puntos débiles y para definir límites para “screening” en producción: HASS.

# Idea: Stress – Strength Model

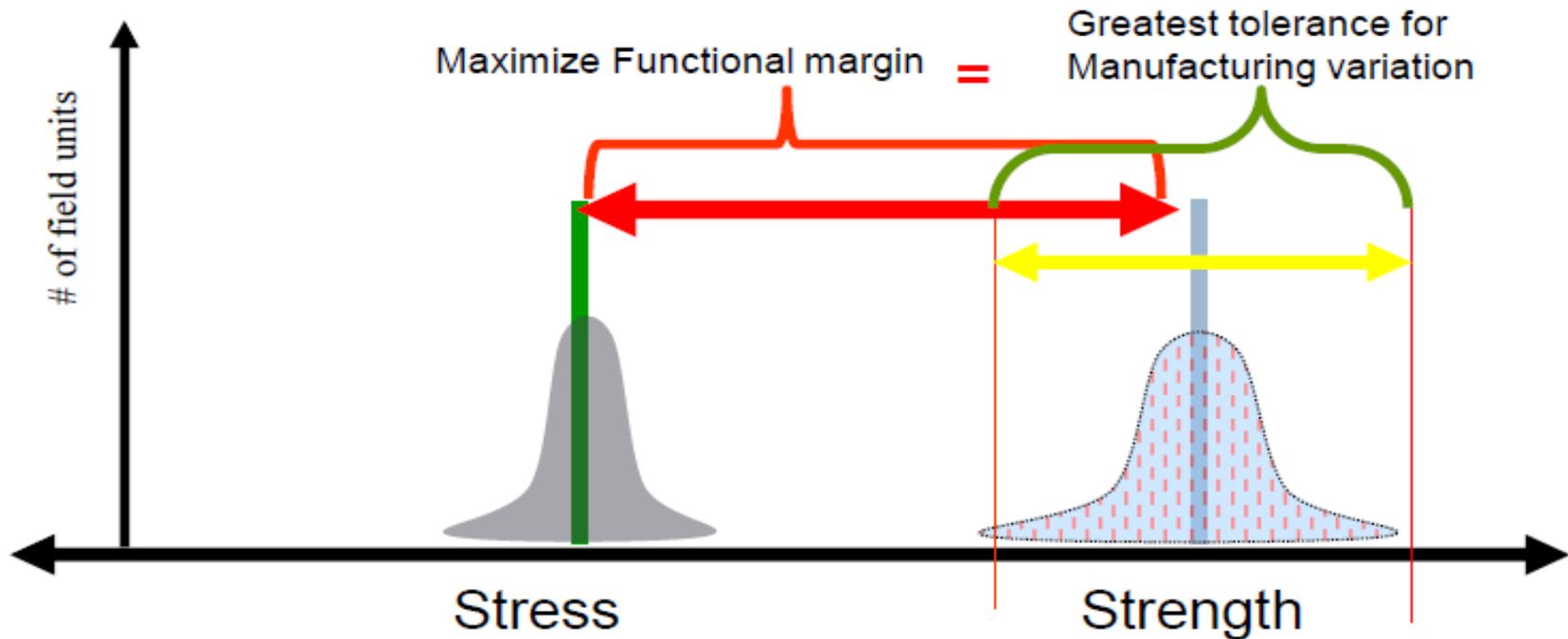


Si  $\text{Stress} < \text{Strength} \Rightarrow$  No hay falla

# Idea de HALT



# Idea de HALT



- ◆ Se ensaya incrementando y decrementando temp. hasta ver a que temp. falla y porqué, luego se hace ciclado térmico y se agrega también vibración.



De Gray, Paschkewitz, Next Generation HALT and HASS, Wiley, 2016