

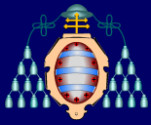
Universidad de Oviedo

***BALASTOS ELECTRÓNICOS No RESONANTES PARA
LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA:
APORTACIONES EN EL CIRCUITO DE ARRANQUE Y EN LAS
ETAPAS DE CALENTAMIENTO Y RÉGIMEN PERMANENTE***

Autor: D. Jorge García García

***Directores: D. Manuel Rico Secades
D. Emilio López Corominas***

Gijón, Julio de 2003



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

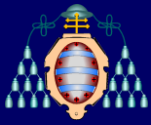
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Introducción

Antecedentes



Tesis Doctorales
Artículos Técnicos
Ponencias en Congresos
Impartición de Seminarios
Etc.



Experiencia



**Retos Tecnológicos en
Iluminación electrónica**



*Balastos HF para
Lámparas HID
(Resonancias Acústicas)*



**Tesis Doctoral:
Propuesta de Balastos HF
No Resonantes**



Introducción

Dr. Marcos Alonso
1994
Dr. Felipe Rodríguez
2001
*Inversores
Resonantes para
Lámparas HID*

Dr. Emilio L. Corominas
1999
*Inversores No
Resonantes para
Fluorescentes*

Dr. Javier Ribas
2001
*Modelos
Dinámicos de
Lámparas HID*

Antecedentes en el grupo de investigación

Dr. Jesús Cardesín
2002
*Etapas de Entrada
PFC para Balastos
Electrónicos*

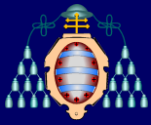
Balasto Completo No Resonante para Lámparas HID

Tema Actual

No existen inversores
electrónicos de alta
frecuencia *comerciales*
para lámparas HID

Propuestas:

- ☐ Balastos de Continua o de Baja Frecuencia
(Nishimura et Al., 1987)
- ☐ Realimentación
(Wada et Al., 1987; Gibson et Al., 1994; Yan et Al., 2000)
- ☐ Modulación Mediante Ruido Blanco (Laskai et Al., 1996)
- ☐ Inyección de Armónicos (Alonso et Al., 2002)
- ☐ Forma de Onda Cuadrada (Ponce et Al., 2001)



Introducción

Objetivos:

Obtener HERRAMIENTAS DE DISEÑO para un balasto electrónico:

- Diseño Completo (Arrancador, Calentamiento, Permanente)
- Válido para Distintas Frecuencias y Potencias Nominales
- Libre del Fenómeno de Resonancias Acústicas
- Que Proporcione Topologías y Métodos de Control

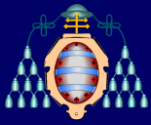
Análisis del Fenómeno de Resonancias Acústicas

Estudio de F. de O. Adecuadas para Alimentar Lámparas H.I.D.

Análisis, Estudio y Método de Diseño de Topologías de Potencia

Análisis, Estudio y Método de Diseño de Sistemas de Control

Construcción de Prototipos y Experimentación



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

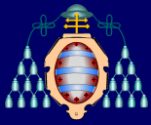
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

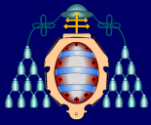
Futuras Líneas de Investigación



Lámparas de Descarga

Fuentes de Luz:



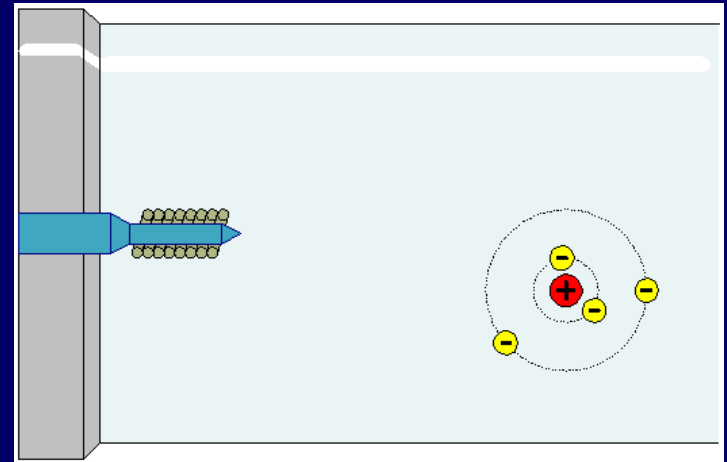


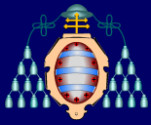
Procesos en la Descarga

Generación de Calor

Excitación de Átomos del Gas

Ionización de los Átomos



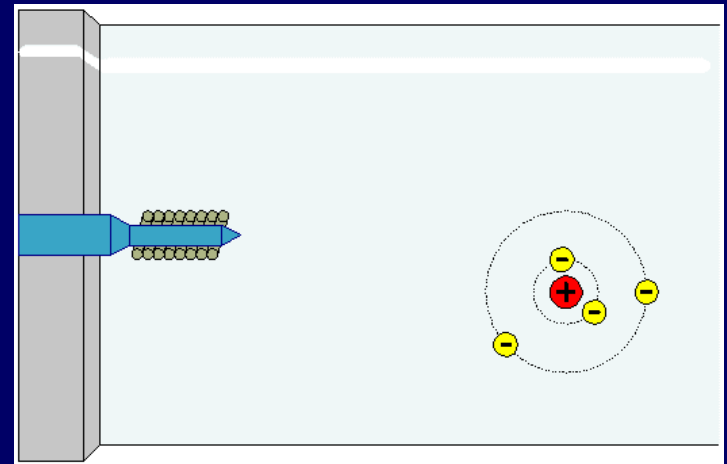


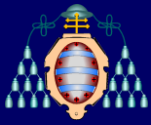
Procesos en la Descarga

Generación de Calor

Excitación de Átomos del Gas

Ionización de los Átomos



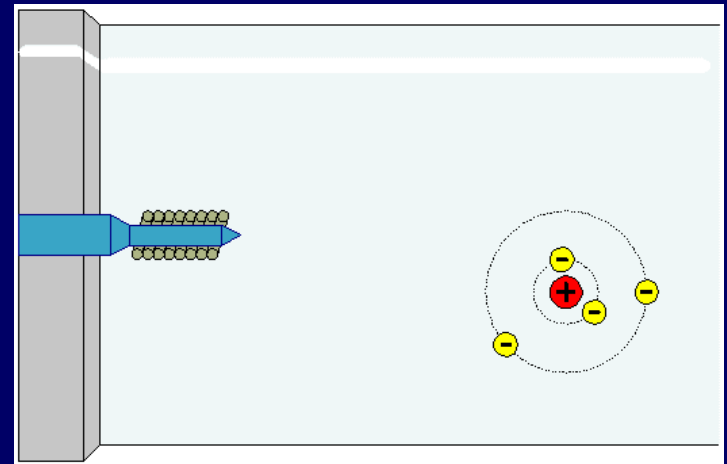


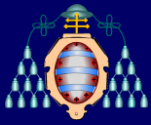
Procesos en la Descarga

Generación de Calor

Excitación de Átomos del Gas

Ionización de los Átomos



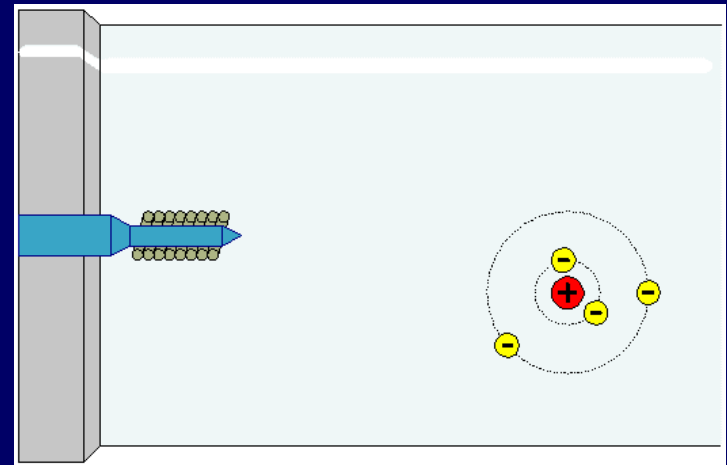


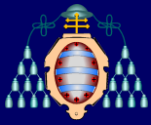
Procesos en la Descarga

Generación de Calor

Excitación de Átomos del Gas

Ionización de los Átomos





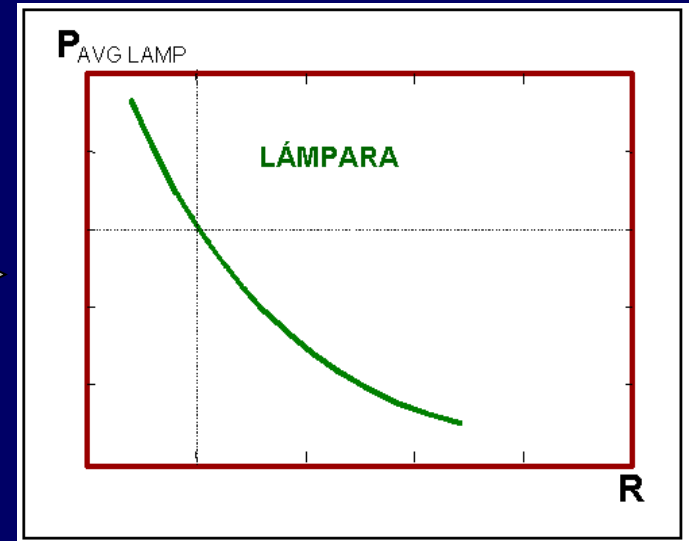
Lámparas de Descarga

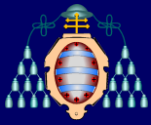
Procesos en la Descarga

Generación de Calor

Excitación de Átomos del Gas

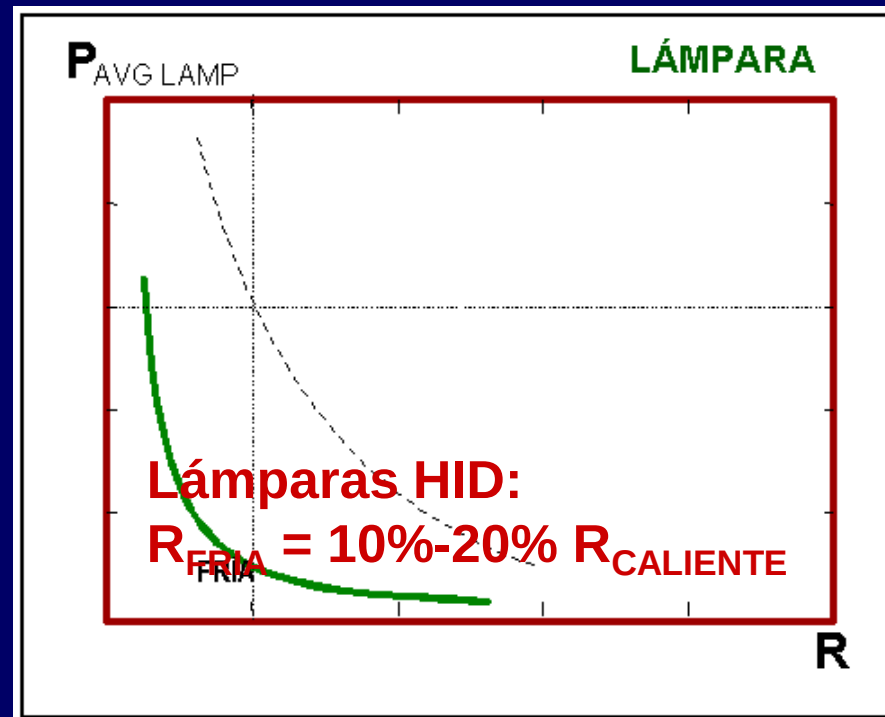
Ionización de los Átomos

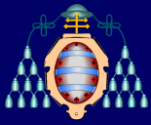




Envejecimiento y Calentamiento

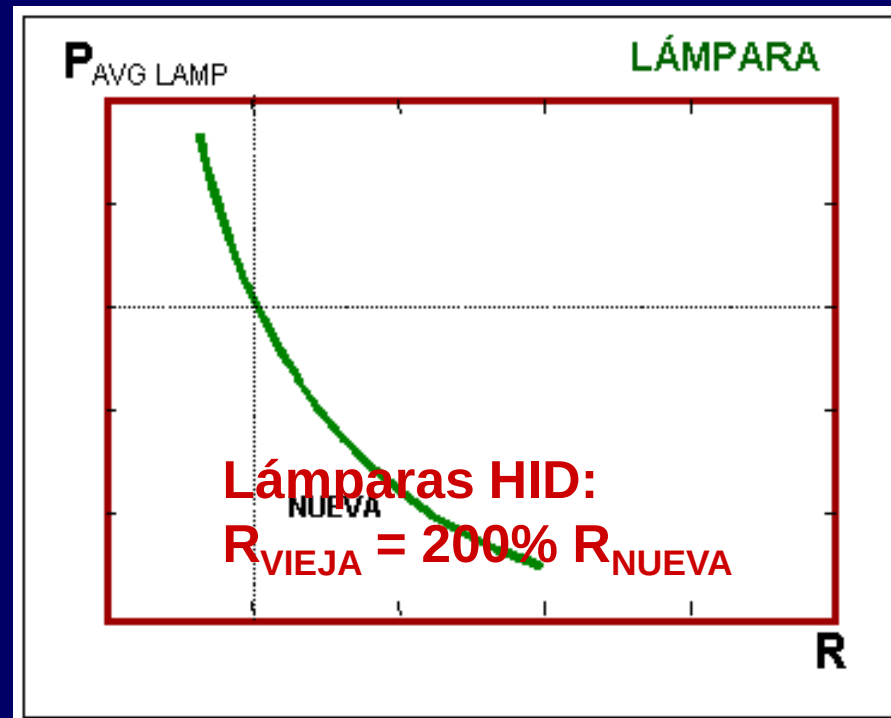
Calentamiento de la Lámpara

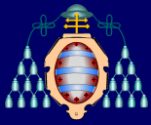




Envejecimiento y Calentamiento

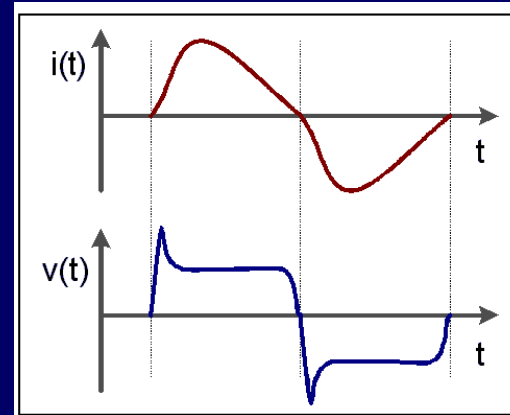
Envejecimiento de la Lámpara



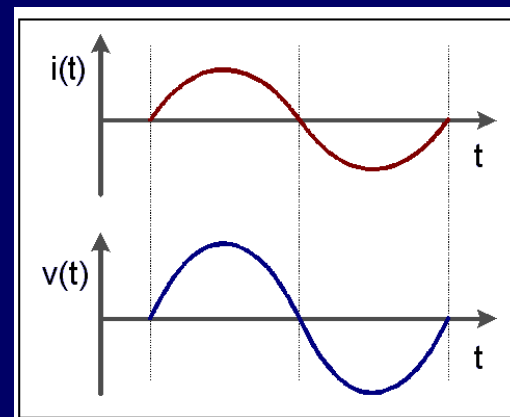


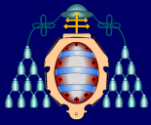
Comportamiento en Frecuencia

Baja frecuencia
(50 Hz – 60 Hz)
Comportamiento no lineal



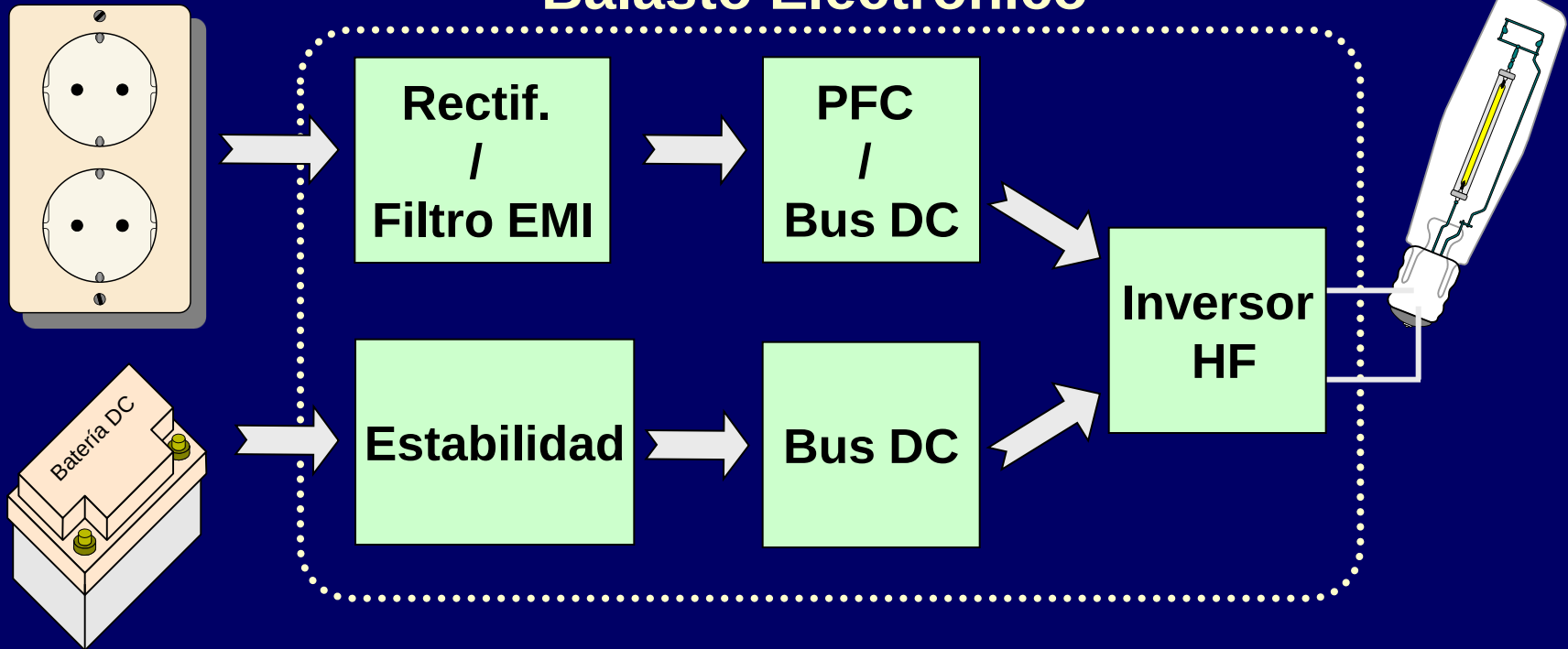
Alta frecuencia
(10 kHz – en adelante)
Comportamiento resistivo



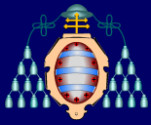


Lámparas de Descarga

Balasto Electrónico



- ✓ *Estabilidad*
- ✓ *Potencia*
- ✓ *Regulación*
- ✓ *Control, Monitorización*
- ✓ *Protecciones*
- ✓ *...*



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

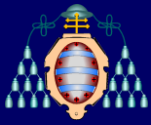
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

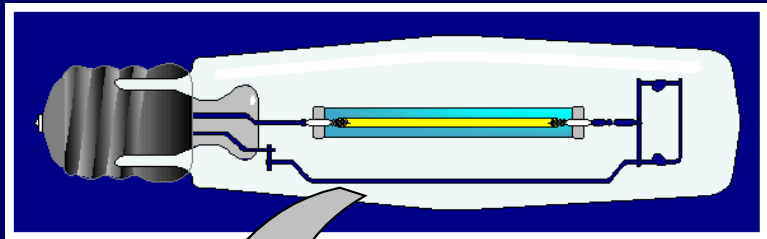
Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Resonancias Acústicas



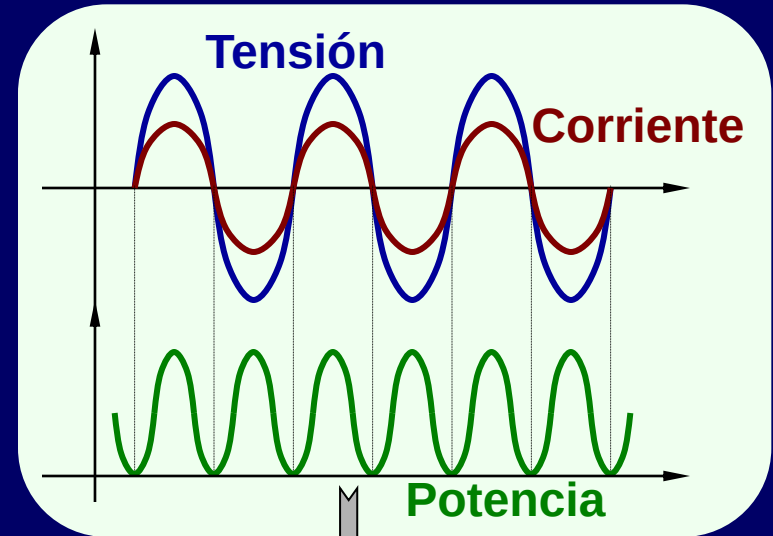
TUBO DE DESCARGA



Propiedades Termodinámicas

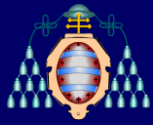
Geometría del Tubo de Descarga

**Sistema Mecánico:
Frecuencias Propias**

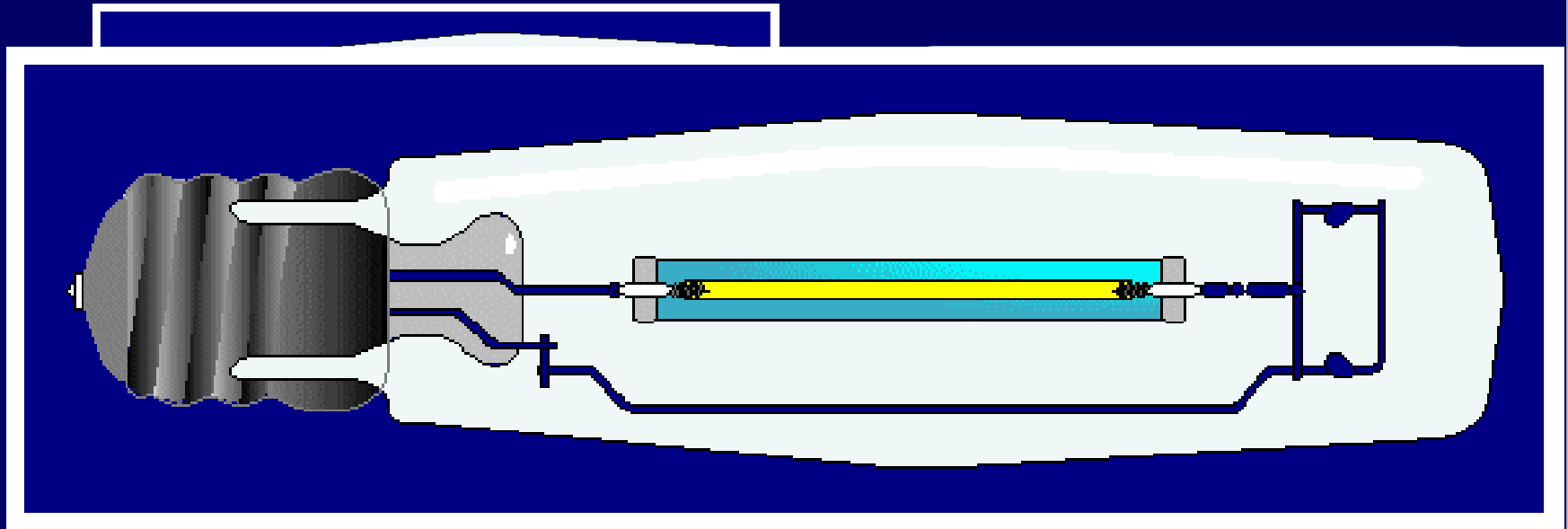


**Variaciones en Temperatura y
Presión en el Tubo de Descarga**
(a la frecuencia de la potencia instantánea)

RESONANCIAS ACÚSTICAS



Resonancias Acústicas



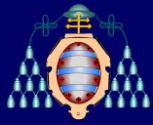
Propiedades Termodinámicas

Geometría del Tubo de Descarga

**Sistema Mecánico:
Frecuencias Propias**

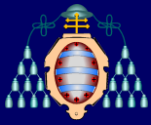
**Variaciones en Temperatura y
Presión en el Tubo de Descarga**
(a la frecuencia de la potencia instantánea)

RESONANCIAS ACÚSTICAS



Resonancias Acústicas





Análisis Teórico

Ecuación de onda acústica en el dominio del tiempo

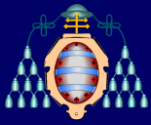
$$\nabla^2 p = \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

Condiciones de contorno
Propiedades físicas

SOLUCIÓN APROXIMADA

$$p \approx \cos(m \cdot \varphi) \cdot \cos\left(\frac{\omega_z \cdot z}{C}\right) \cdot J_m\left(\frac{\omega_r \cdot r}{C}\right) \cdot e^{-2\pi i f t}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\omega_z^2 + \omega_r^2}$$

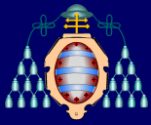


Análisis Teórico

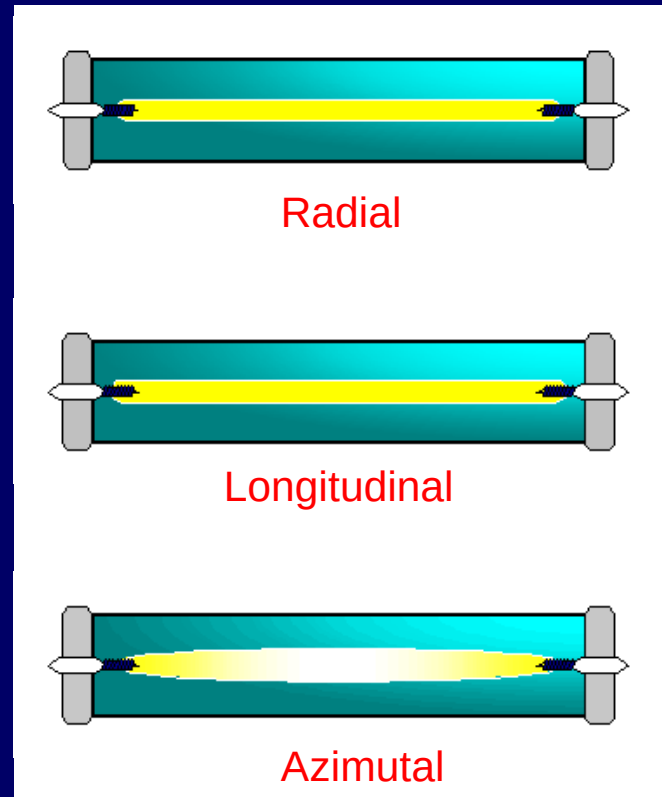
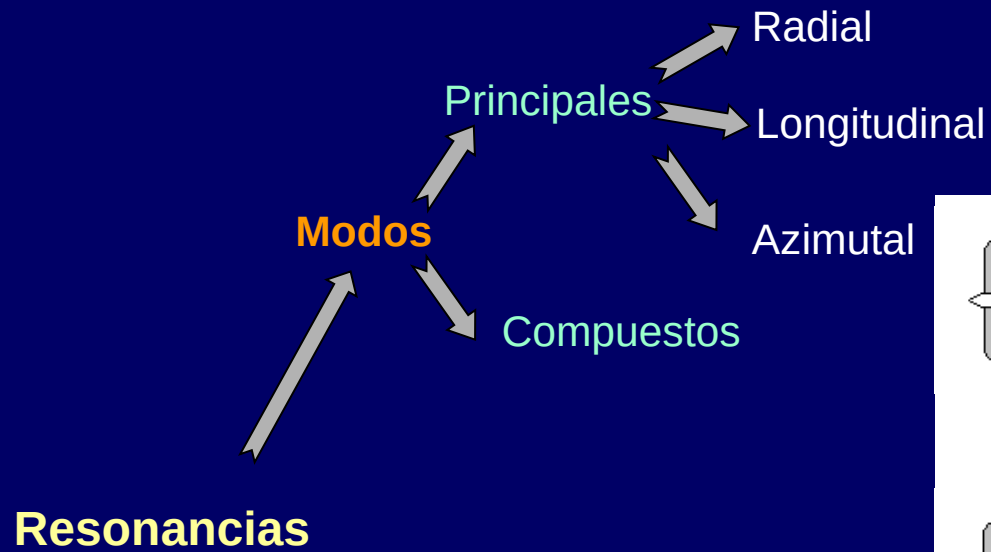
EXPRESIÓN DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA

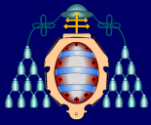
$$f_{m, n, n_z} = \frac{C}{2} \sqrt{\left(\frac{n_z}{L}\right)^2 + \left(\frac{\alpha_{mn}}{\pi R}\right)^2}$$

- Geometría del tubo de descarga
- Propiedades físicas
- Modo de Resonancia
- Órdenes de Resonancia

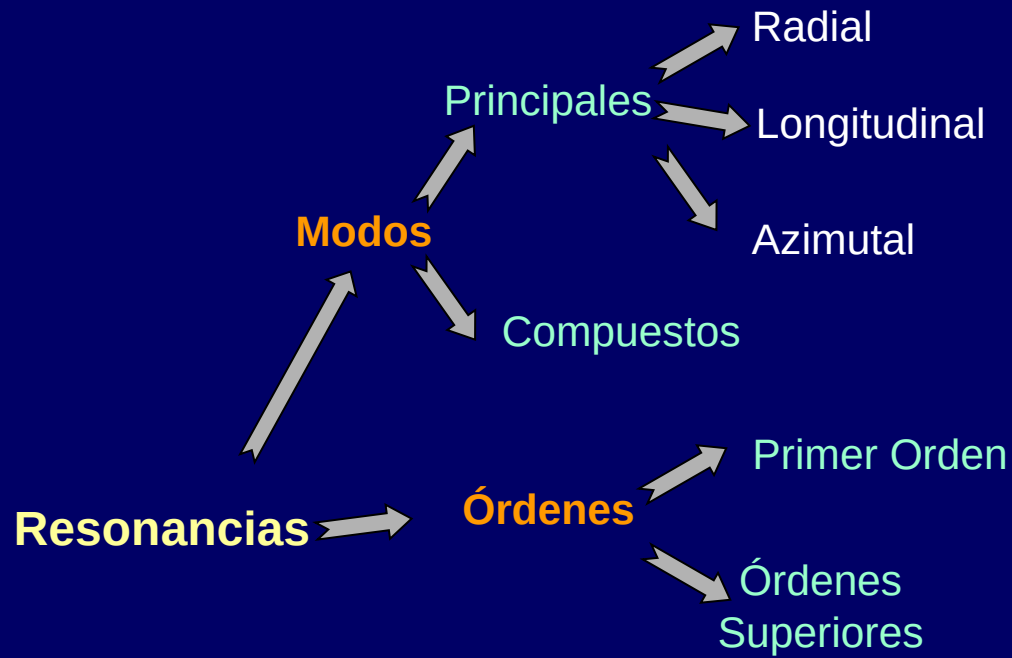


Resonancias Acústicas

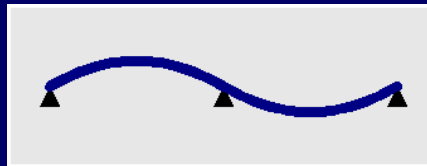




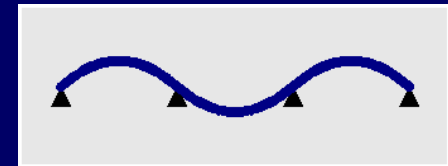
Resonancias Acústicas



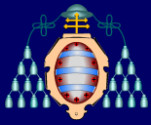
Primer Orden



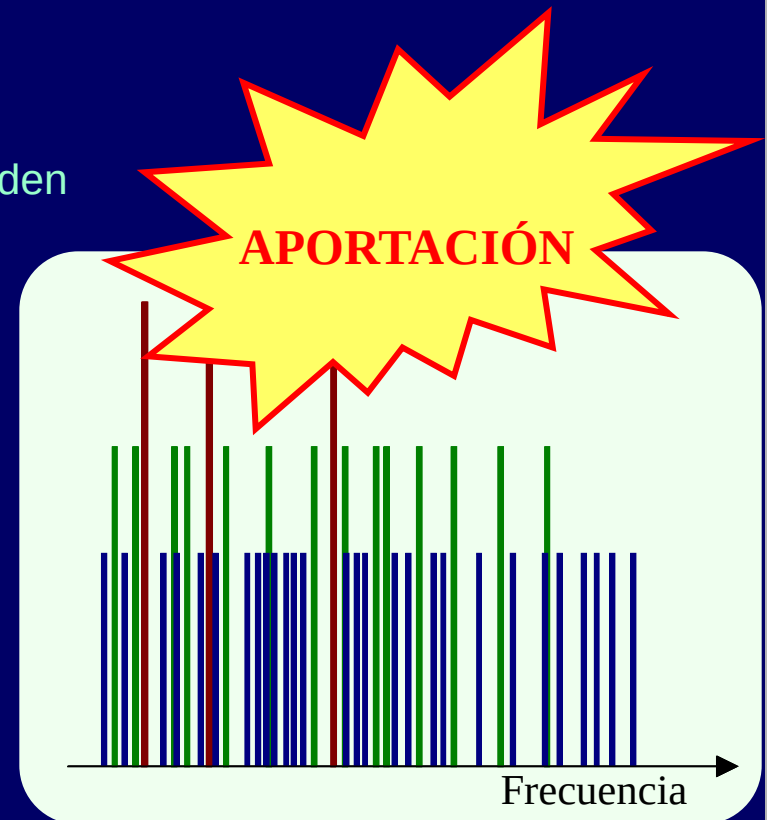
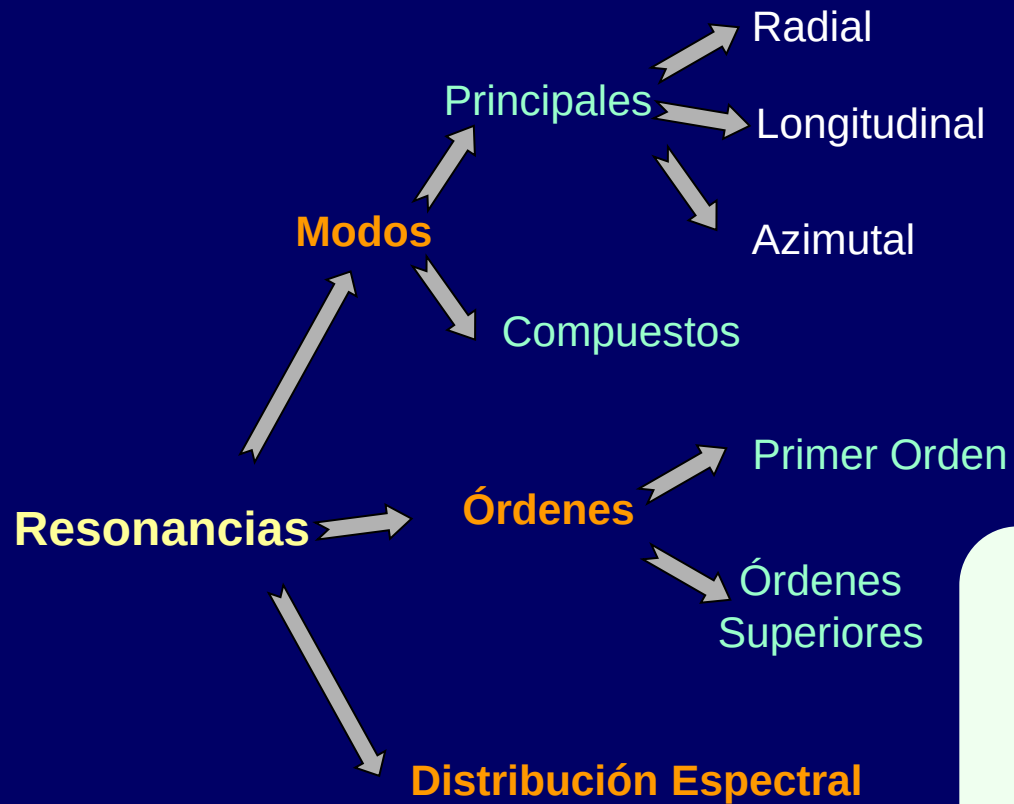
Segundo Orden

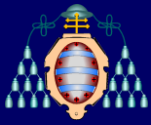


Tercer Orden

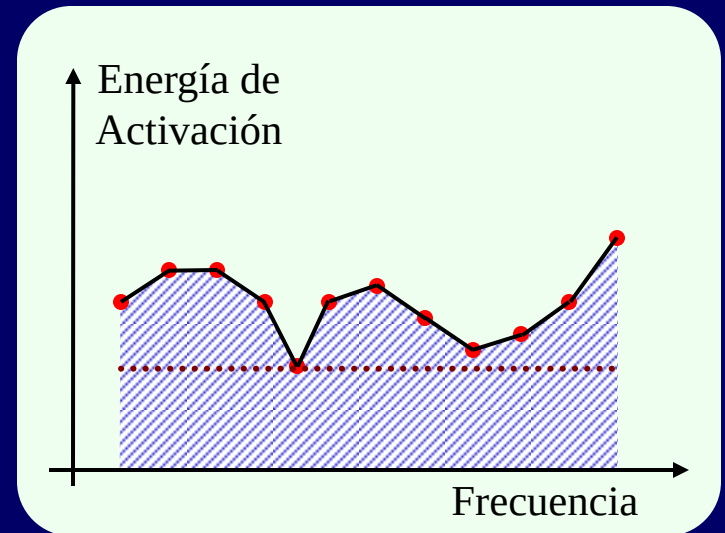


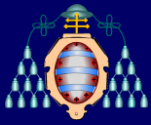
Resonancias Acústicas





Resonancias Acústicas





Resonancias Acústicas

Energía de Activación

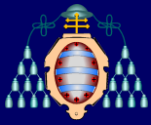
**Amplitud de
Cualquier Armónico
de Potencia**

<

**5% del Valor de la
Potencia Media**

$$\frac{P_n}{P_0} < 0,05$$

**(Laskai et Al., 1998)
(Denneman 1983)**



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

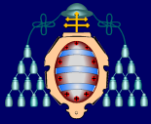
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

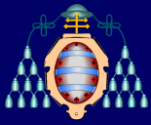
Futuras Líneas de Investigación



Balastos Electrónicos

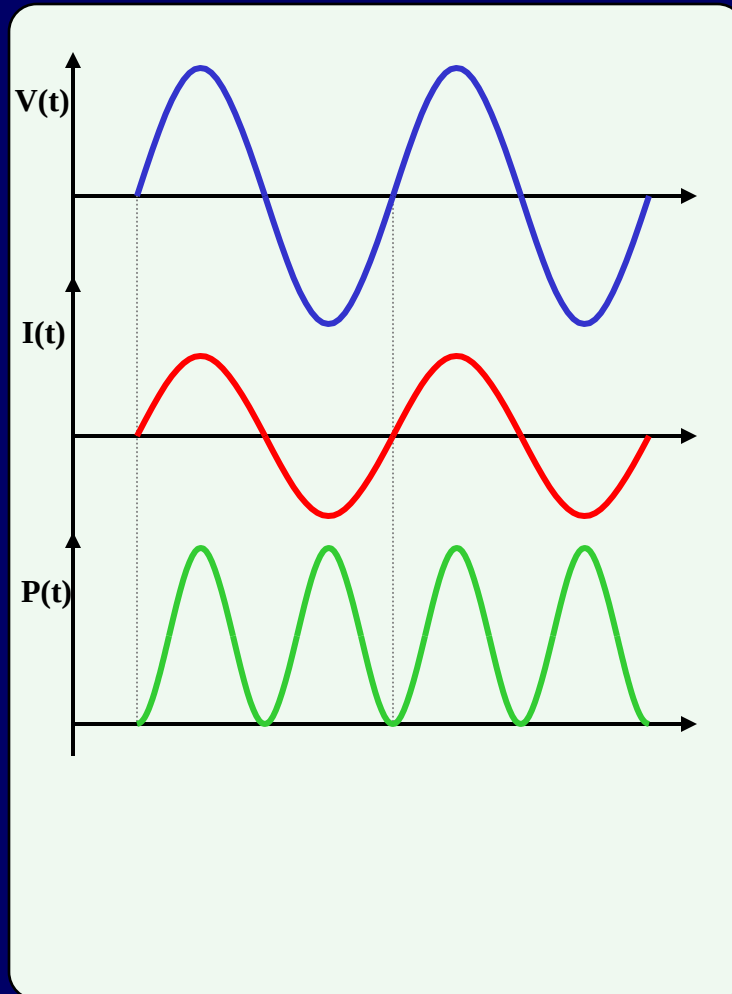
Formas de Onda

Tipo	Balasto
Senoidal	Balasto Resonante HF
Cuadrada	Puente Completo Ideal
Cuadrada con Tiempos Muertos	Puente Completo Real
Rectangular Asimétrica	Puente Completo Asimétrico
Cuasicuadrada Asimétrica	Inversor 1 Interruptor
Cuasicuadrada Simétrica	Inversor 2 Interruptor



Formas de Onda

Senoidal

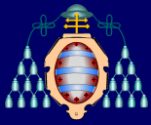


- P_0 = Potencia Media

- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia

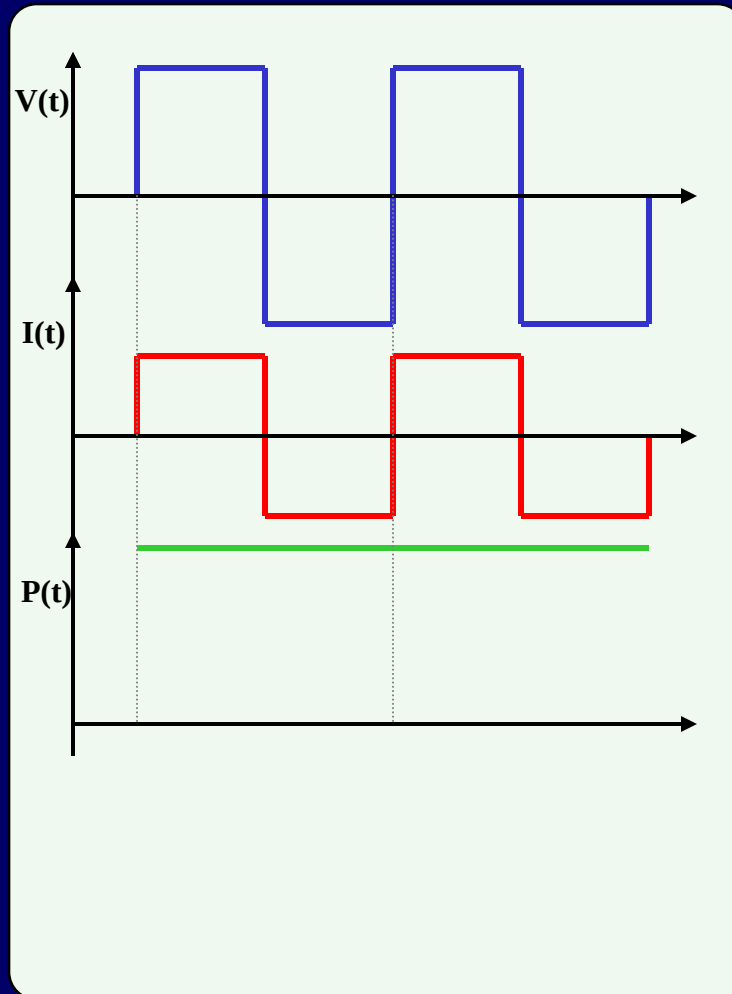
$$\frac{P_1}{P_0} = 100\%$$

$$\frac{P_1}{P_0} \leq 5\%$$



Formas de Onda

Cuadrada

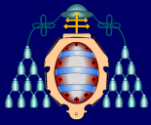


- P_0 = Potencia Media

- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia

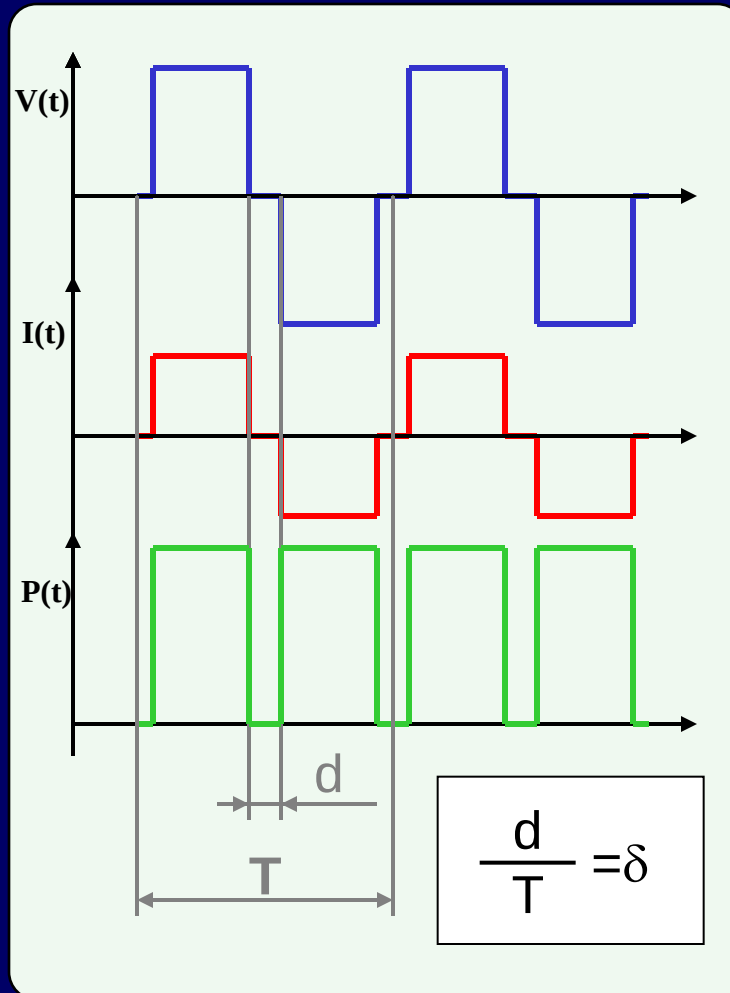
$$\frac{P_1}{P_0} = 0\%$$

$$\frac{P_1}{P_0} \leq 5\%$$



Formas de Onda

Cuadrada con Tiempos Muertos



- P_0 = Potencia Media

- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia

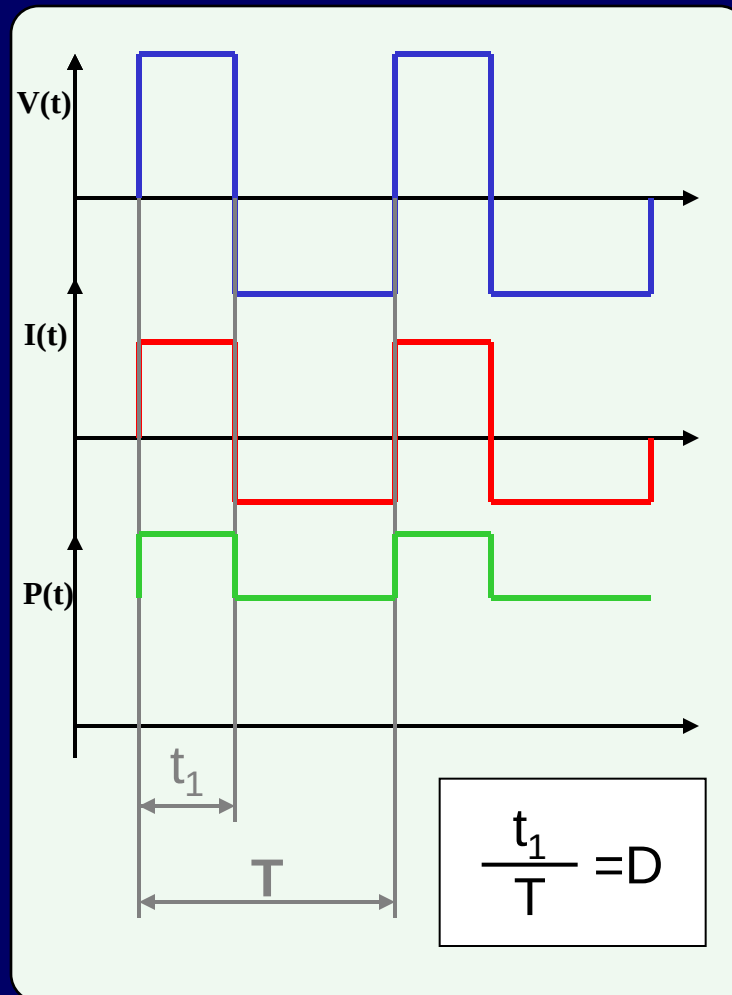
$$\frac{P_1}{P_0} \leq 5\% \Rightarrow \delta = \frac{d}{T} \leq 2,4\%$$

$$\delta \leq 2,4\%$$



Formas de Onda

Rectangular Asimétrica

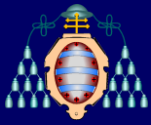


- P_0 = Potencia Media

- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia

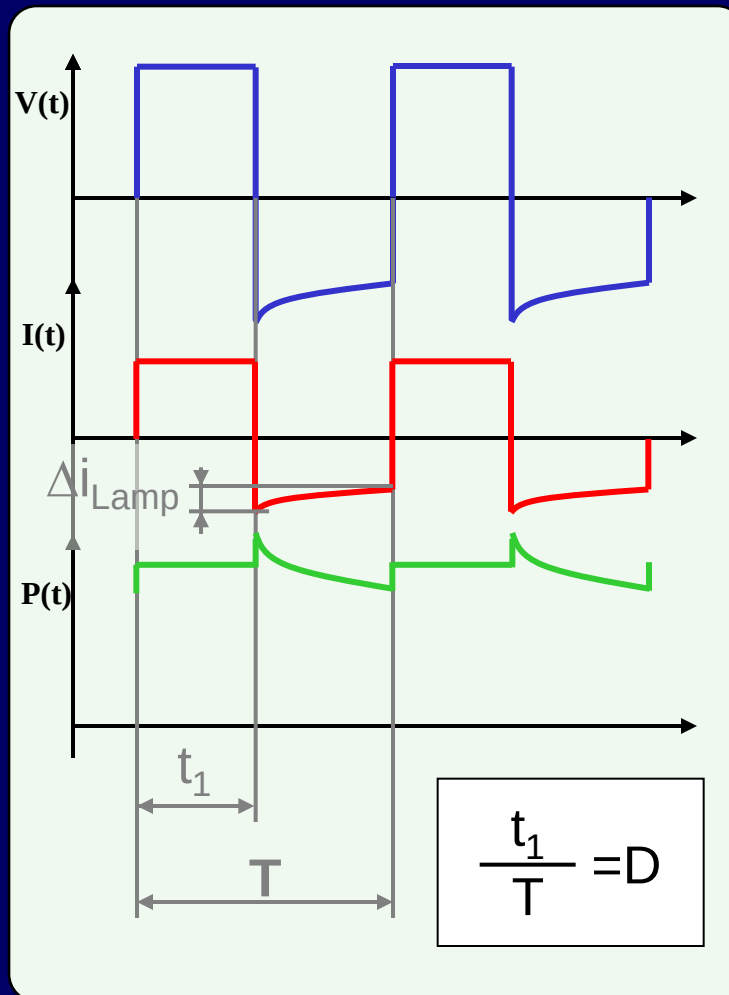
$$\frac{P_1}{P_0} \leq 5\% \Rightarrow 48\% \leq D \leq 52\%$$

$$48\% \leq D \leq 52\%$$

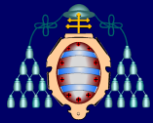


Formas de Onda

Cuasicuadrada Asimétrica

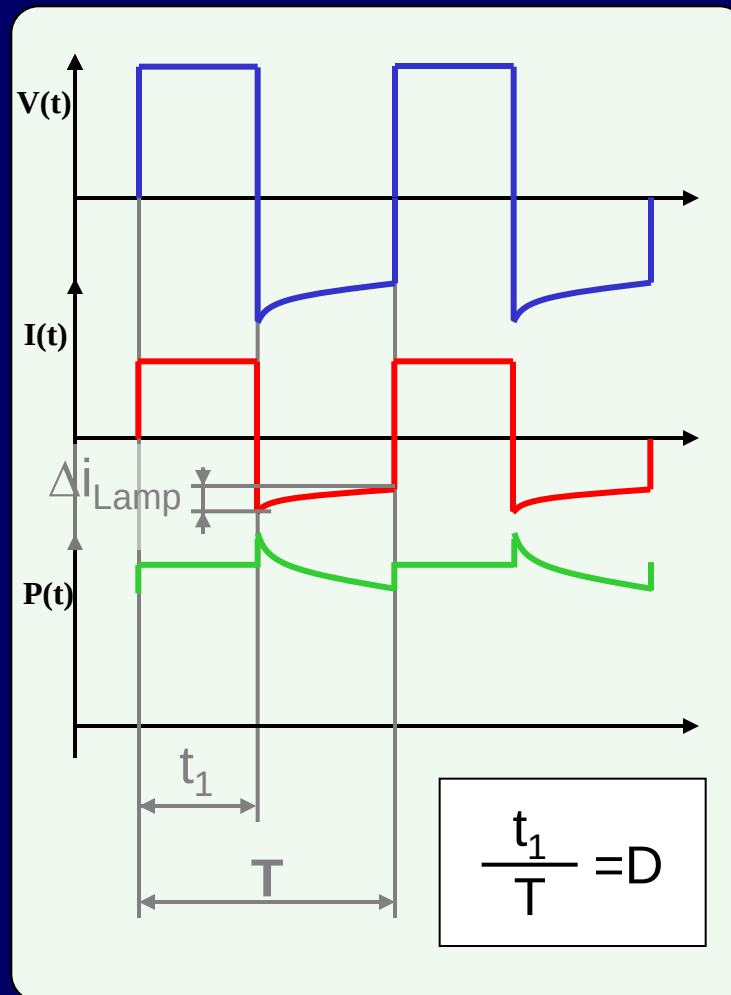


- P_0 = Potencia Media $\frac{P_1}{P_0} \leq 5\%$
- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia

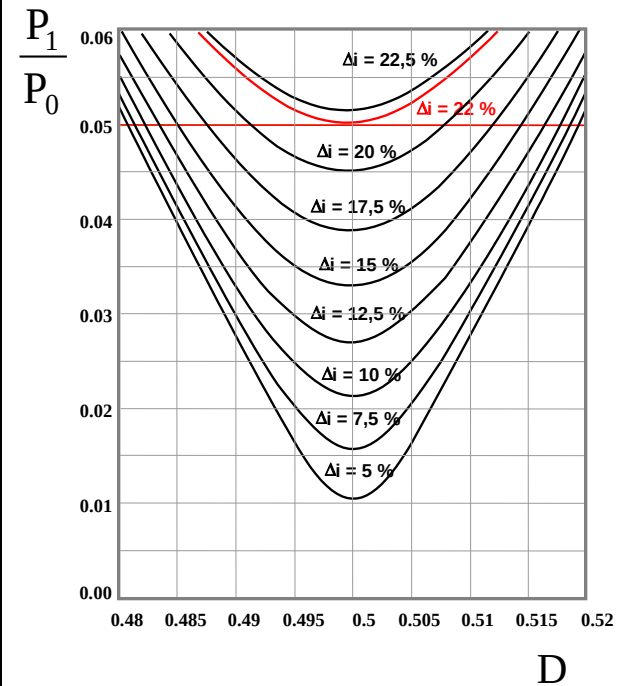


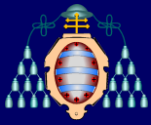
Formas de Onda

Cuasicuadrada Asimétrica



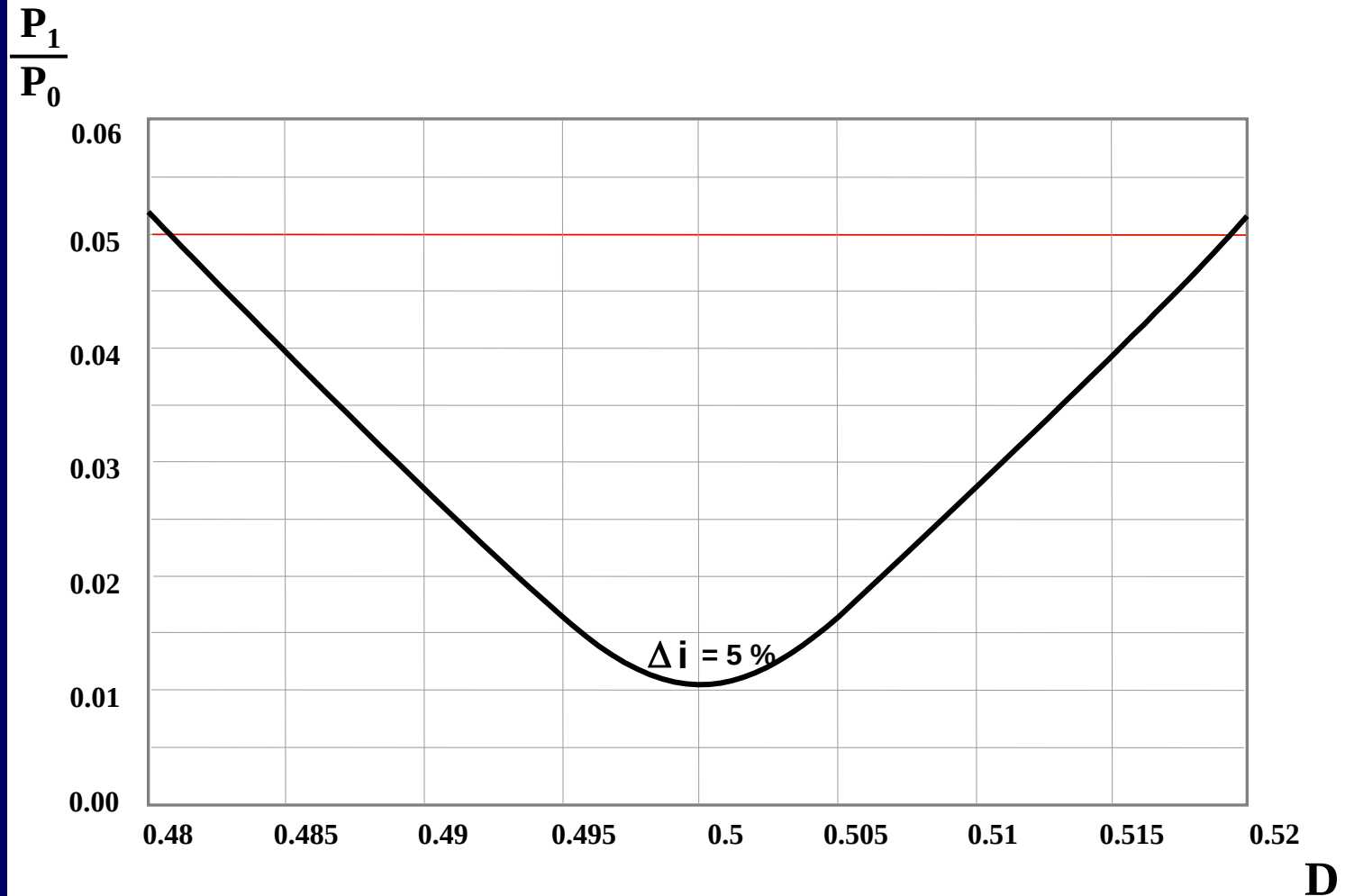
- P_0 = Potencia Media $\frac{P_1}{P_0} \leq 5\%$
- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia





Formas de Onda

Cuasicuadrada Asimétrica

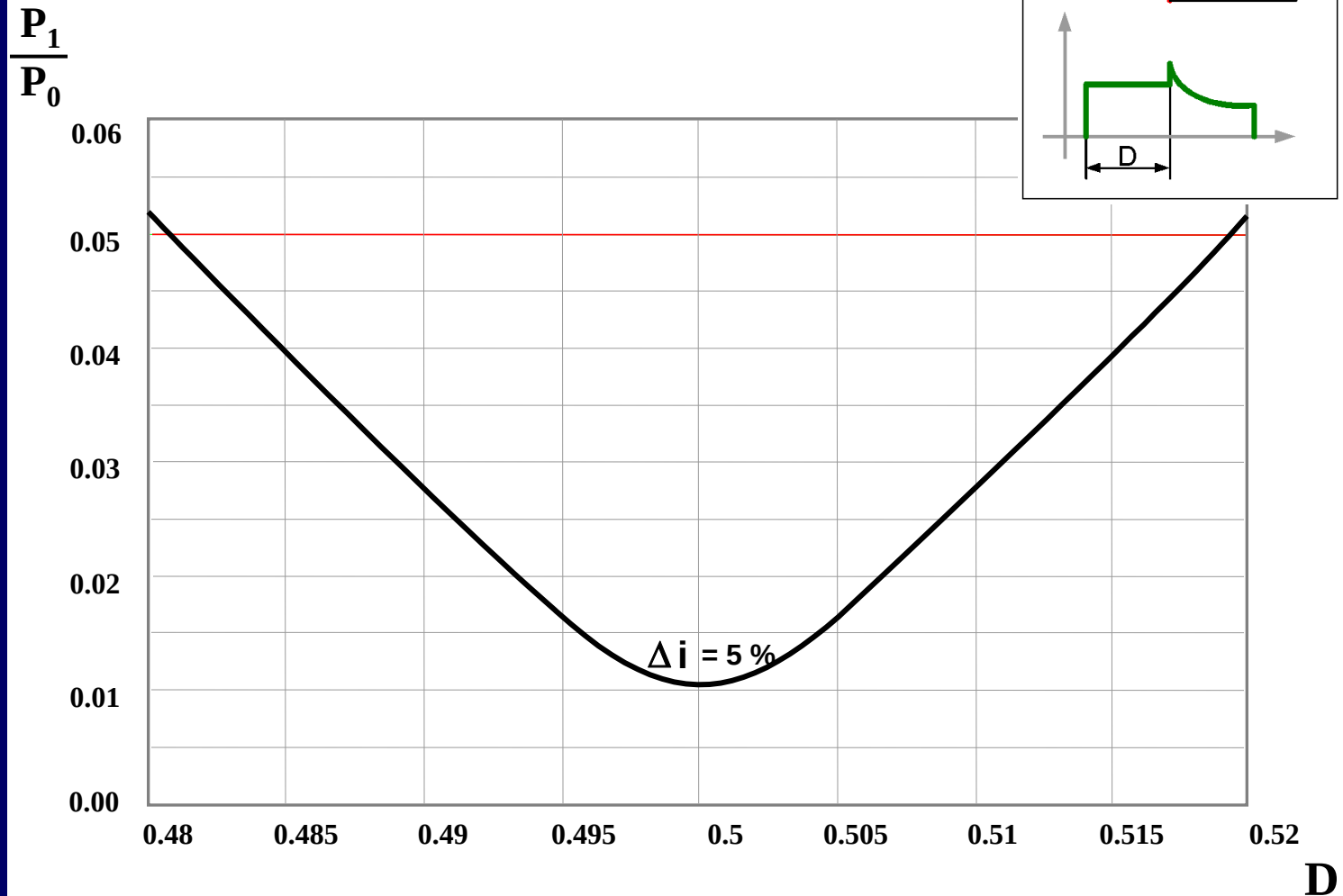


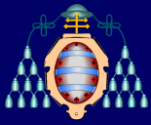


Balastos Electrónicos

Formas de Onda

Cuasicuadrada Asimétrica

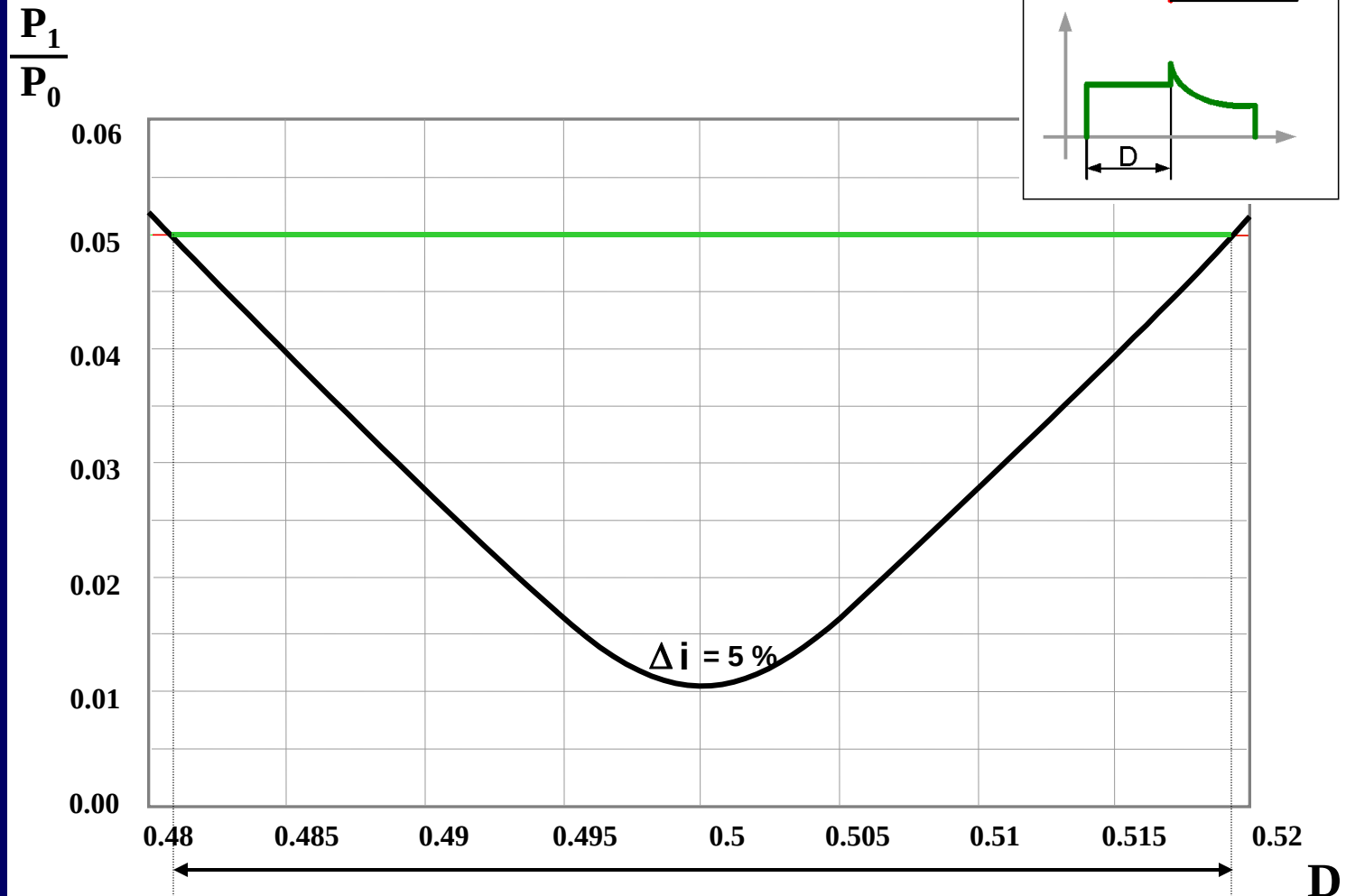


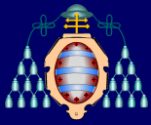


Balastos Electrónicos

Formas de Onda

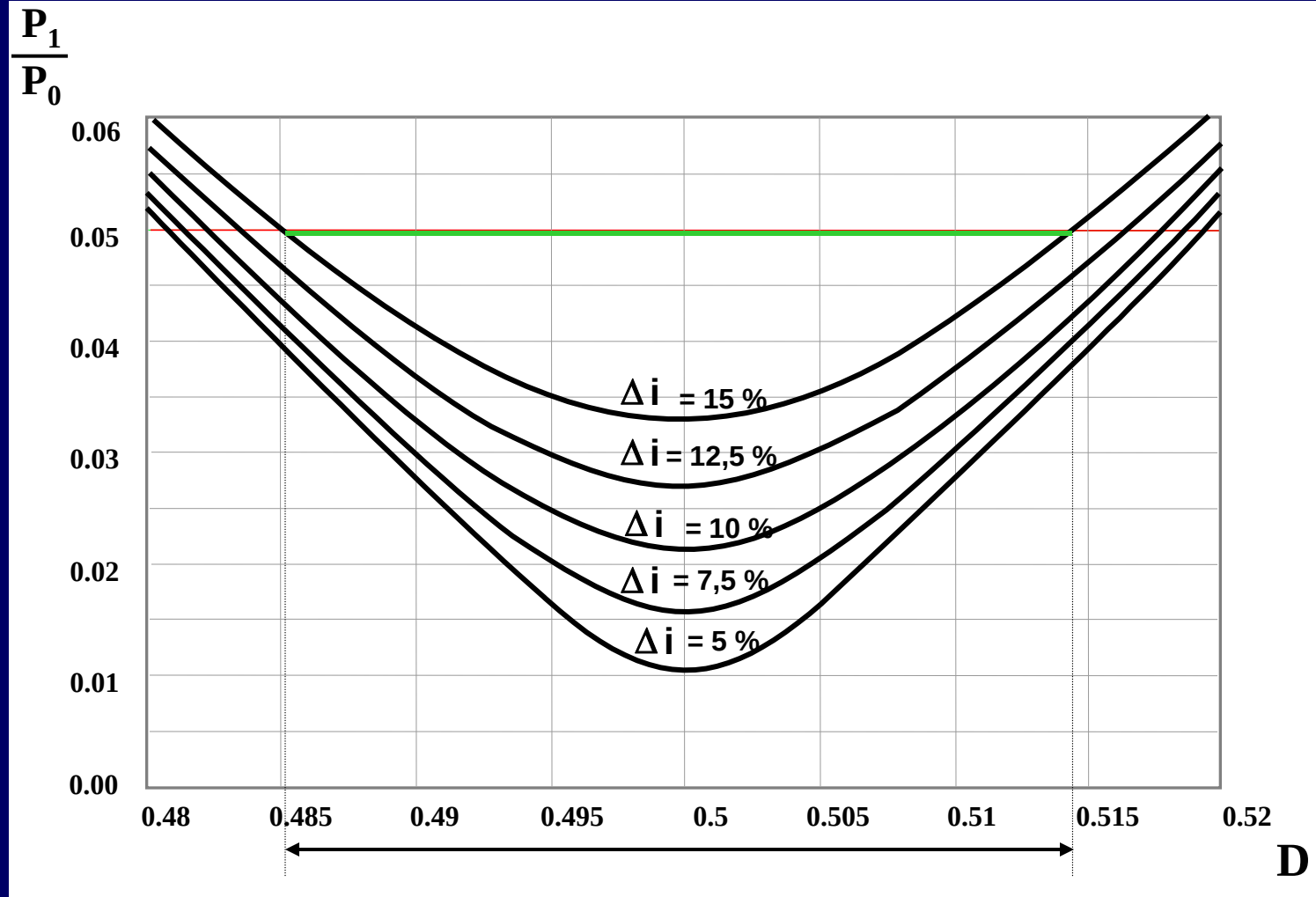
Cuasicuadrada Asimétrica

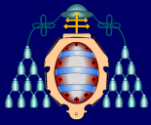




Formas de Onda

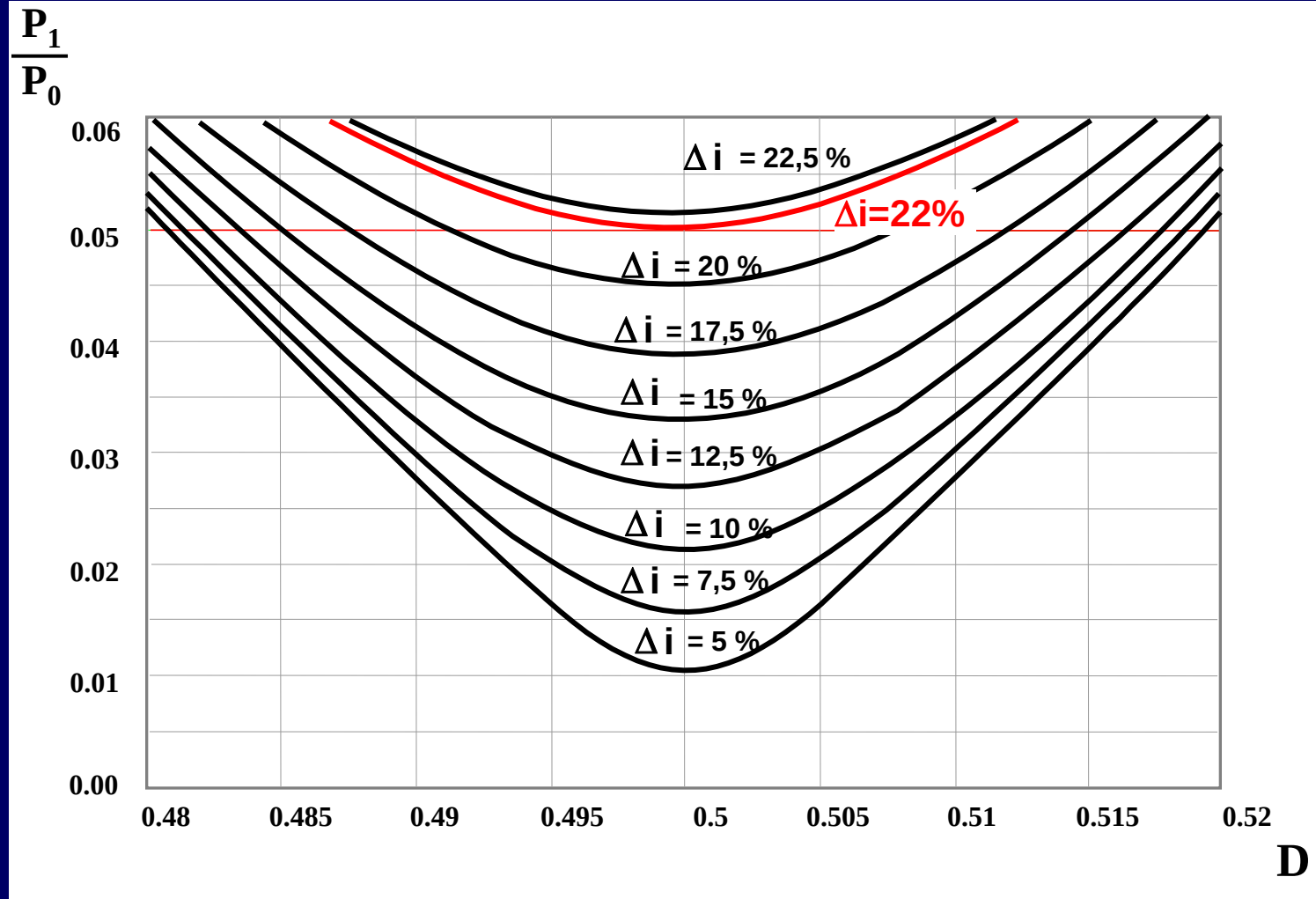
Cuasicuadrada Asimétrica

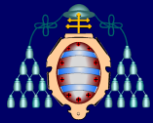




Formas de Onda

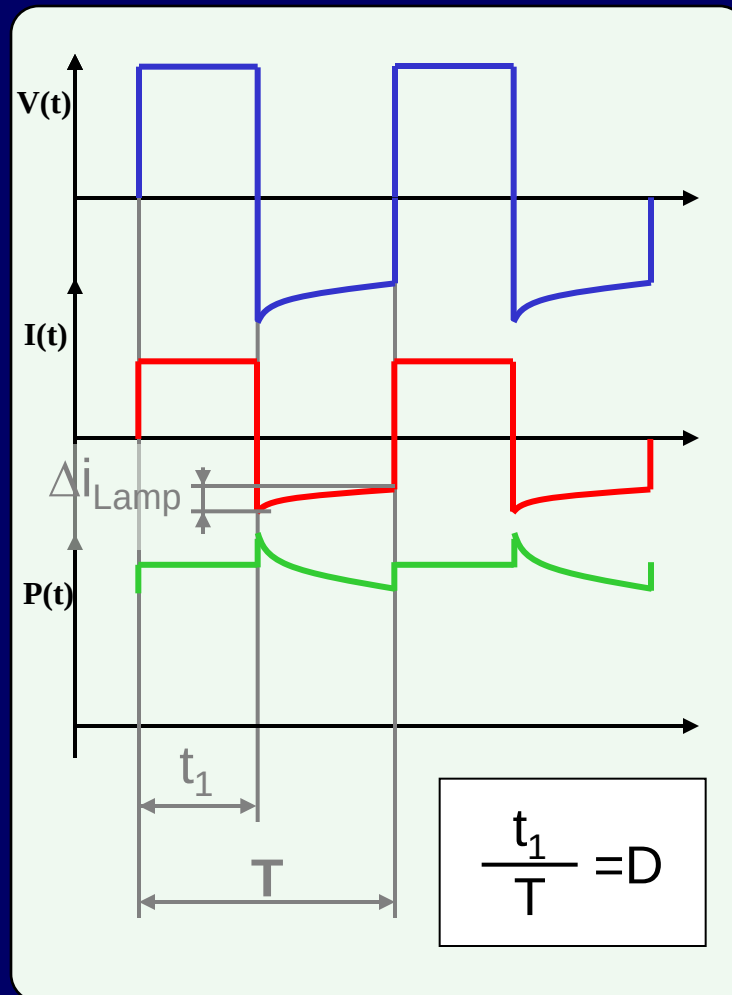
Cuasicuadrada Asimétrica



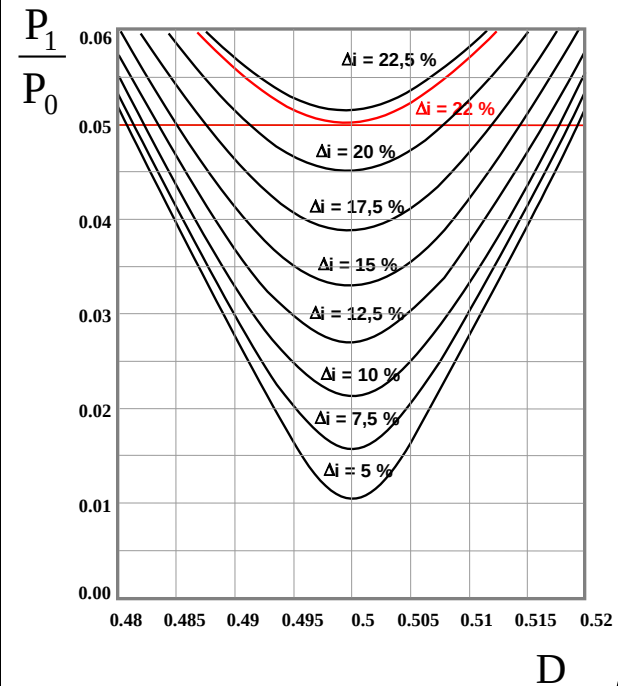


Formas de Onda

Cuasicuadrada Asimétrica



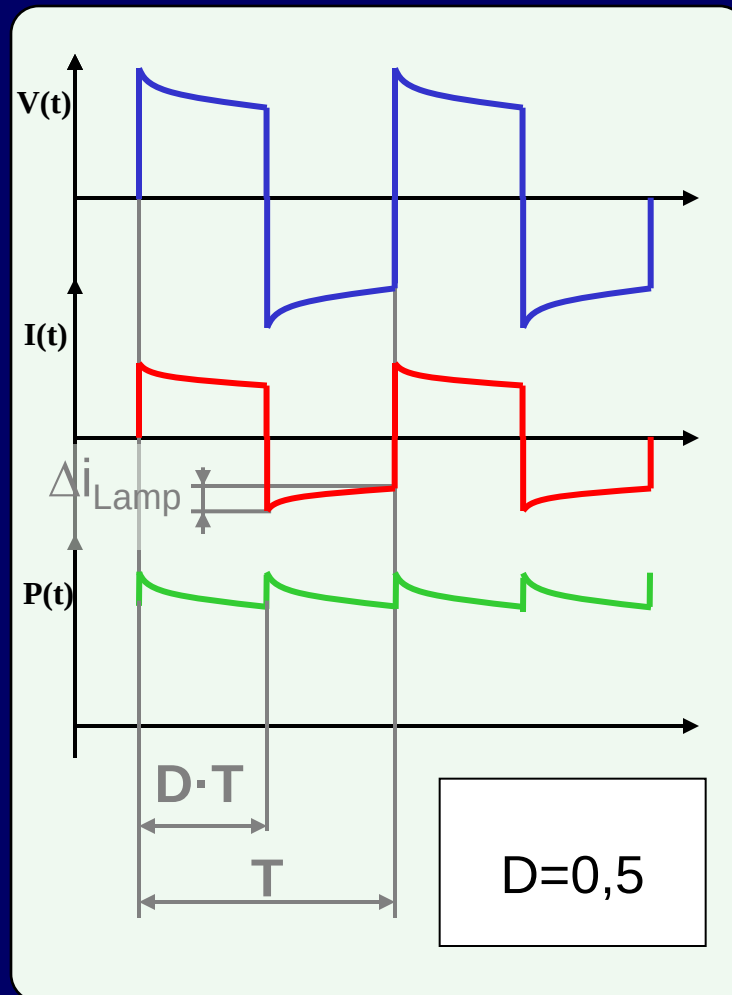
- P_0 = Potencia Media $\frac{P_1}{P_0} \leq 5\%$
- P_1 = 1^{er} Armónico de Potencia



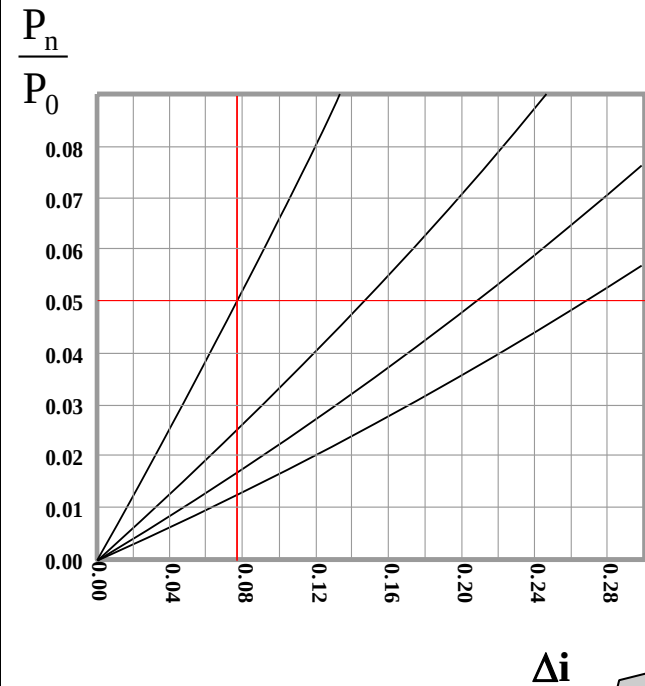


Formas de Onda

Cuasicuadrada Simétrica



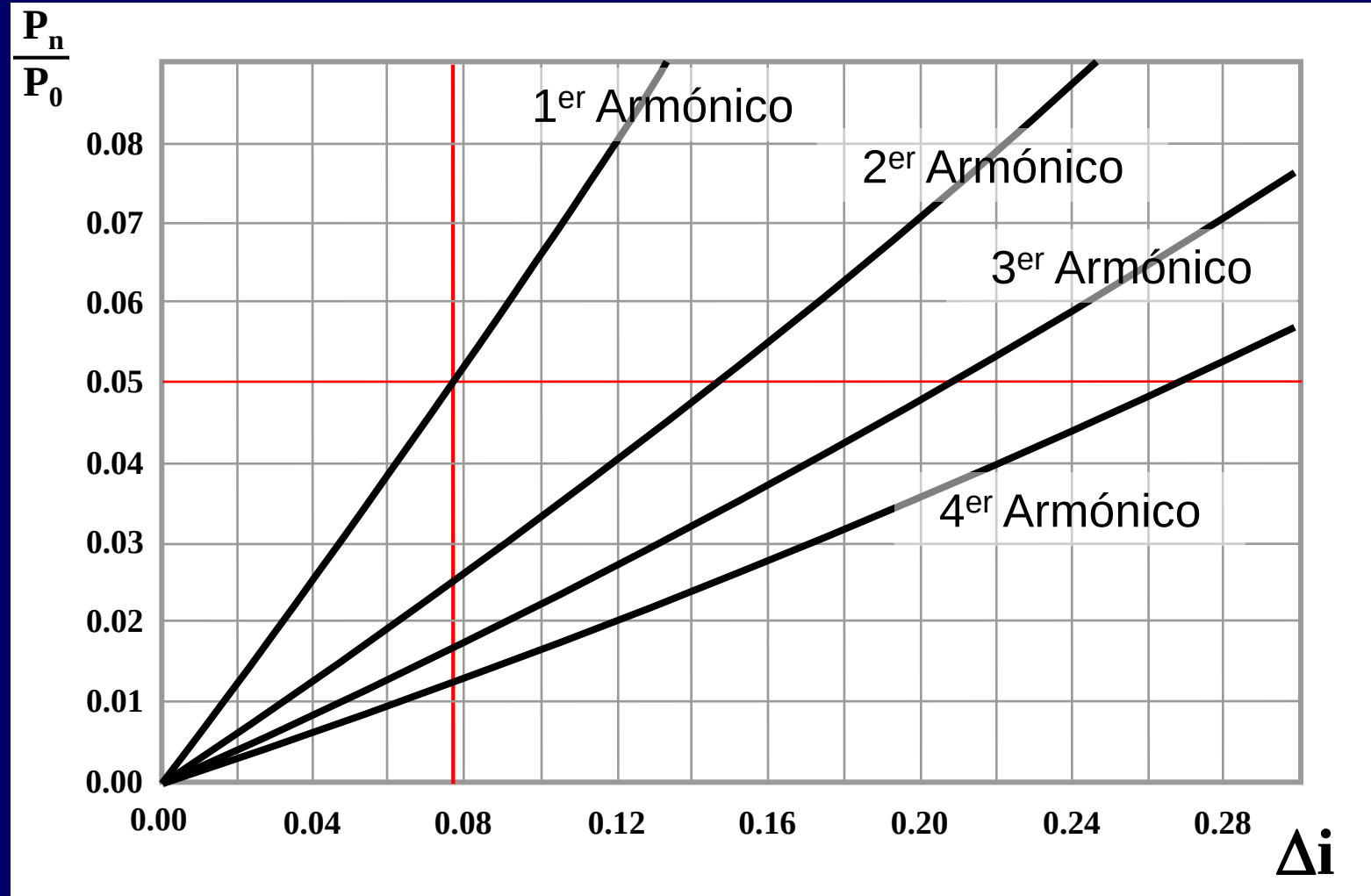
- P_0 = Potencia Media $\frac{P_n}{P_0} \leq 5\%$
- P_n = n-ésimo Arm. de Potencia

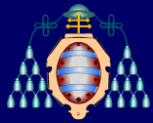




Formas de Onda

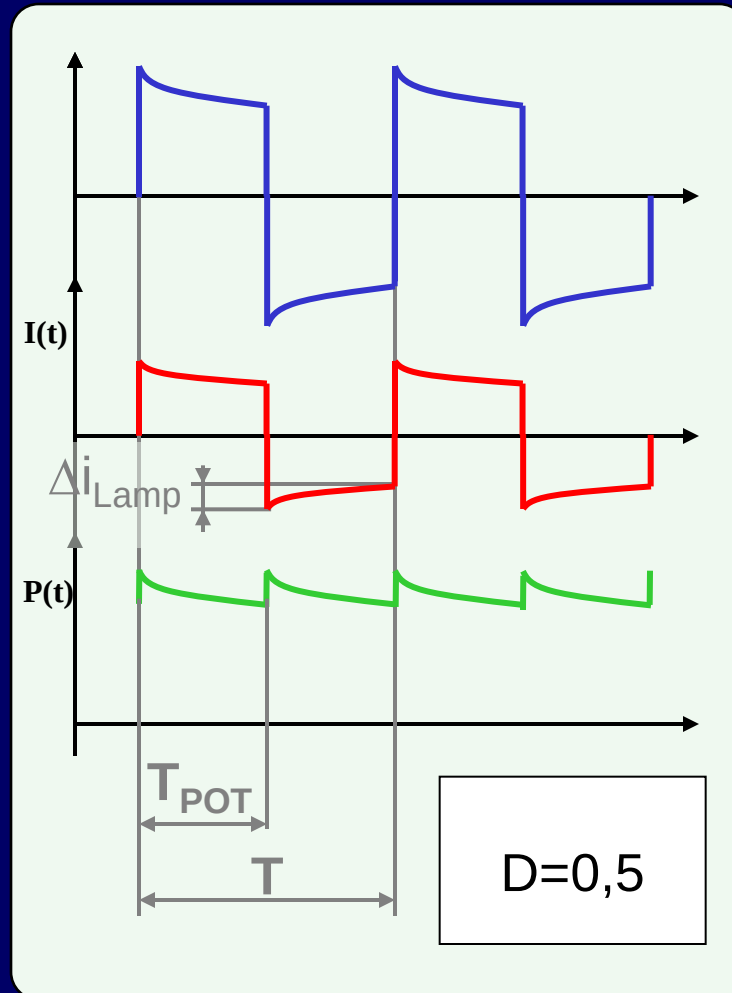
Cuasicuadrada Simétrica



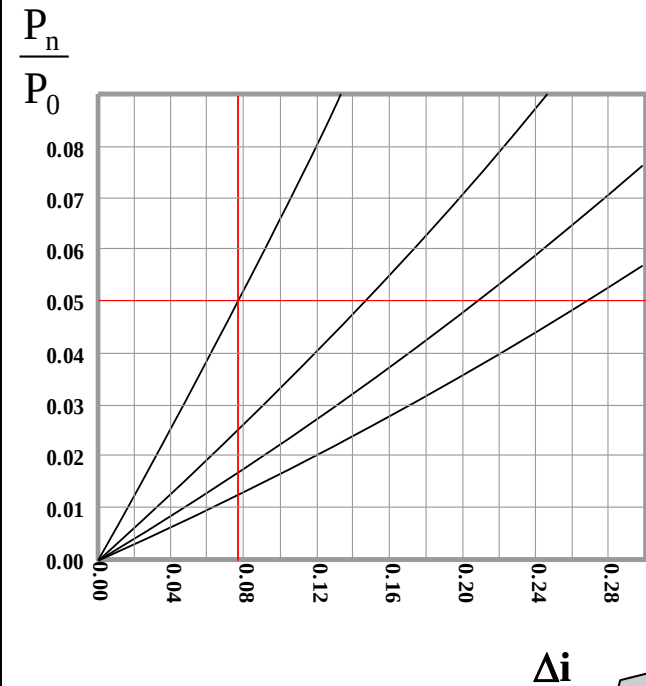


Formas de Onda

Cuasicuadrada Simétrica



- P_0 = Potencia Media $\frac{P_n}{P_0} \leq 5\%$
- P_n = n-ésimo Arm. de Potencia

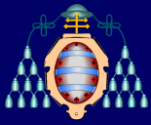




Balastos Electrónicos

Formas de Onda

Tipo	APORTACIÓN $\leq 5\%$	Límites
Senoidal	NO	
Cuadrada	SI	Siempre
Cuadrada con Tiempos Muertos	SI	$\delta \leq 2,4\%$
Rectangular Asimétrica	SI	$48\% \leq D \leq 52\%$
Cuasicuadrada Asimétrica	SI	$D \approx 0,5; \Delta i_L < 22\%$
Cuasicuadrada Simétrica	SI	$\Delta i_L < 8\%$



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

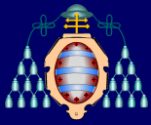
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales.

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Balastos Electrónicos

Estabilidad Balasto - Lámpara

Característica P-R de Lámpara

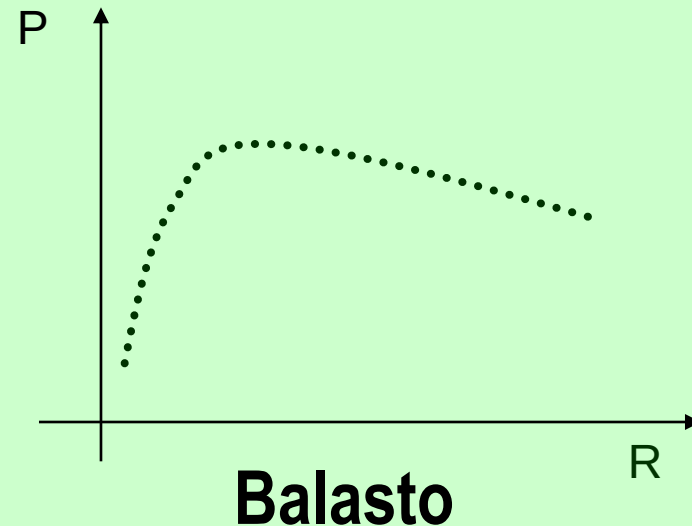
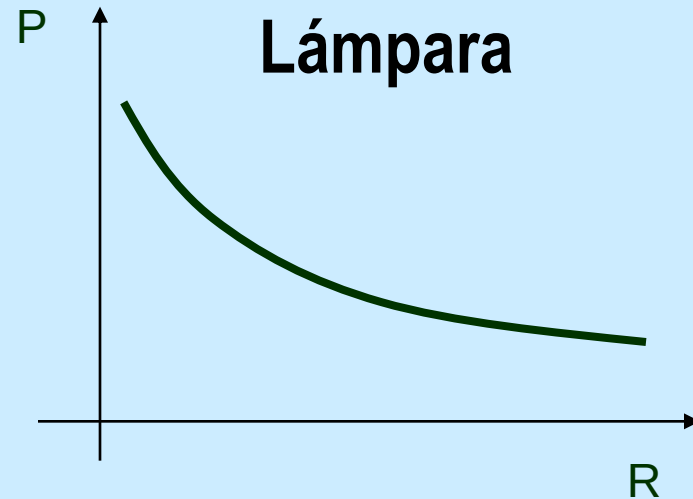
Característica P-R del Balasto

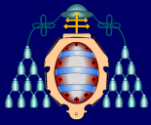
Comportamiento como:

Fuente de Corriente

Fuente de Potencia

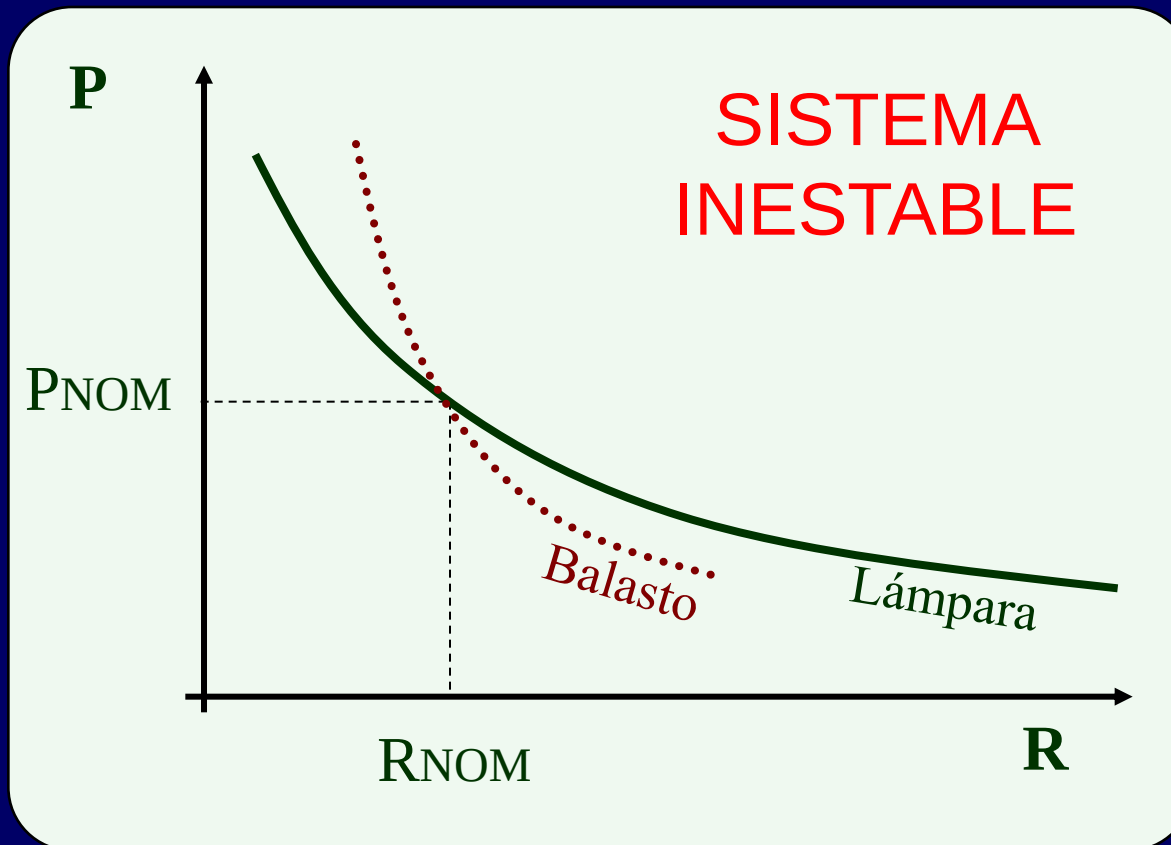
Fuente de Tensión

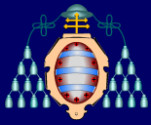




Estabilidad Balasto - Lámpara

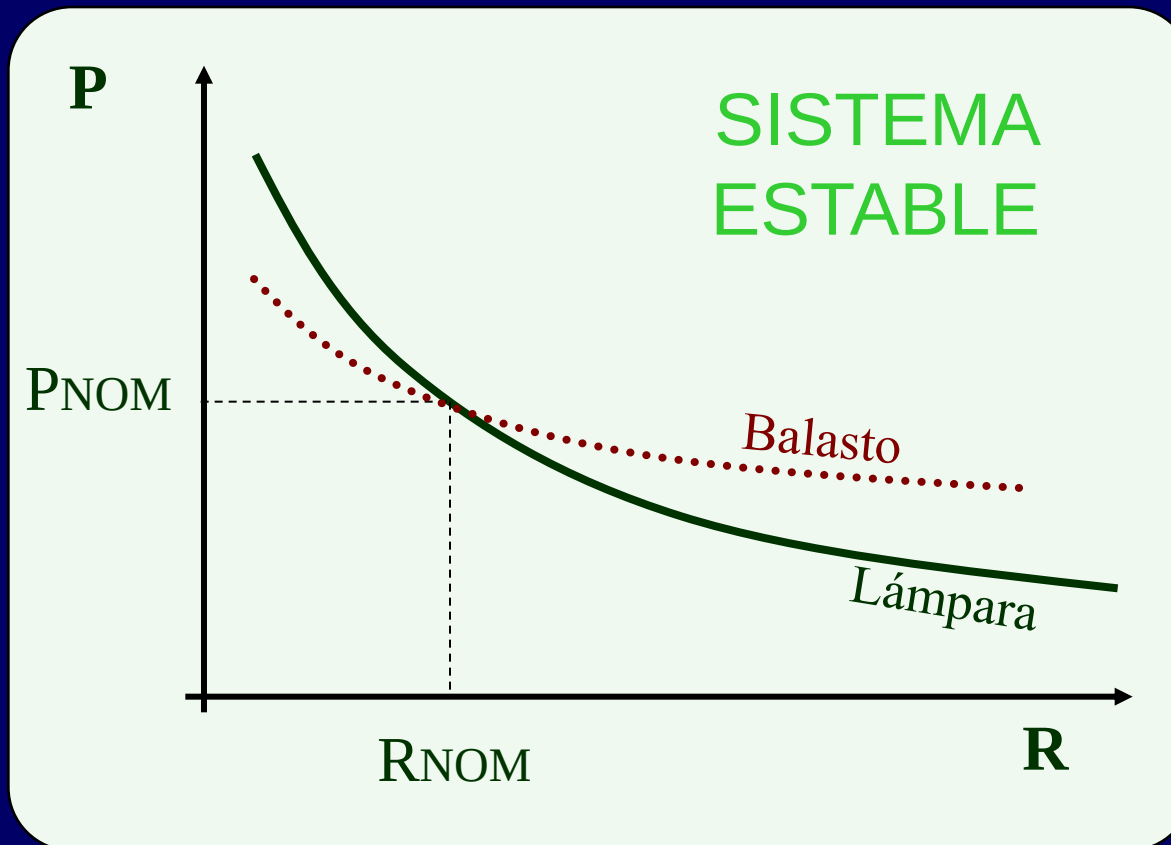
Criterio de Estabilidad (Dr. Ribas)





Estabilidad Balasto - Lámpara

Criterio de Estabilidad (Dr. Ribas)

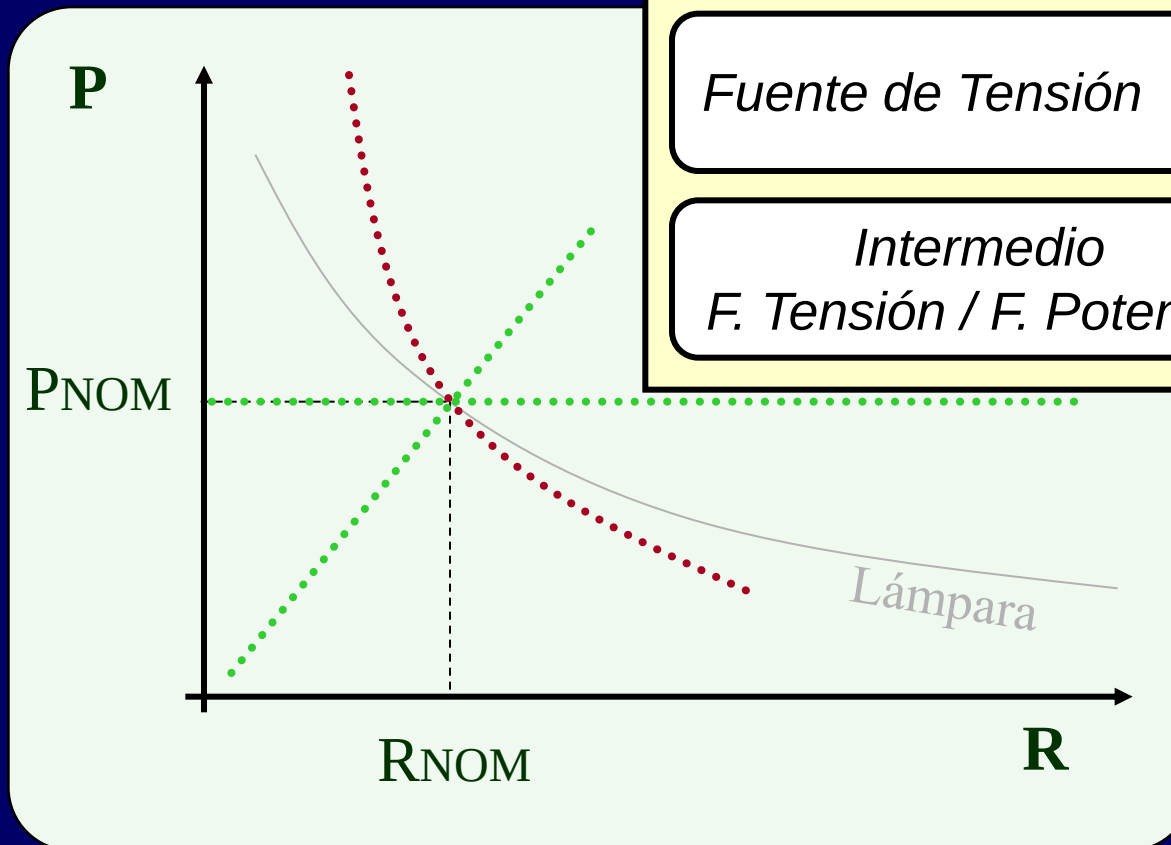




Balastos Electrónicos

Estabilidad Balasto - Lámpara

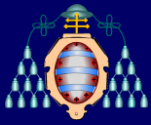
Criterio de Estabilidad (Dr. Ribas)

**Comportamiento del Inversor**

Fuente de Corriente **SISTEMA ESTABLE**
Fuente de Potencia

Fuente de Tensión **SISTEMA INESTABLE**

Intermedio
F. Tensión / F. Potencia ??



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

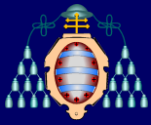
Prototipos Construidos, Experimentos Realizados. Resultados

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

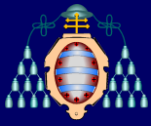
Futuras Líneas de Investigación



Inversores Propuestos

Topologías Inversoras

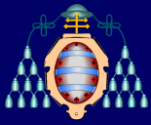
Tipo	Balasto
Cuasicuadrada Asimétrica	Inversor 1 Interruptor
Cuasicuadrada Simétrica	Inversor 2 Interruptor
Cuadrada	Puente Completo Ideal
Cuadrada con Tiempos Muertos	Puente Completo Real
Rectangular Asimétrica	Puente Completo Asimétrico



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

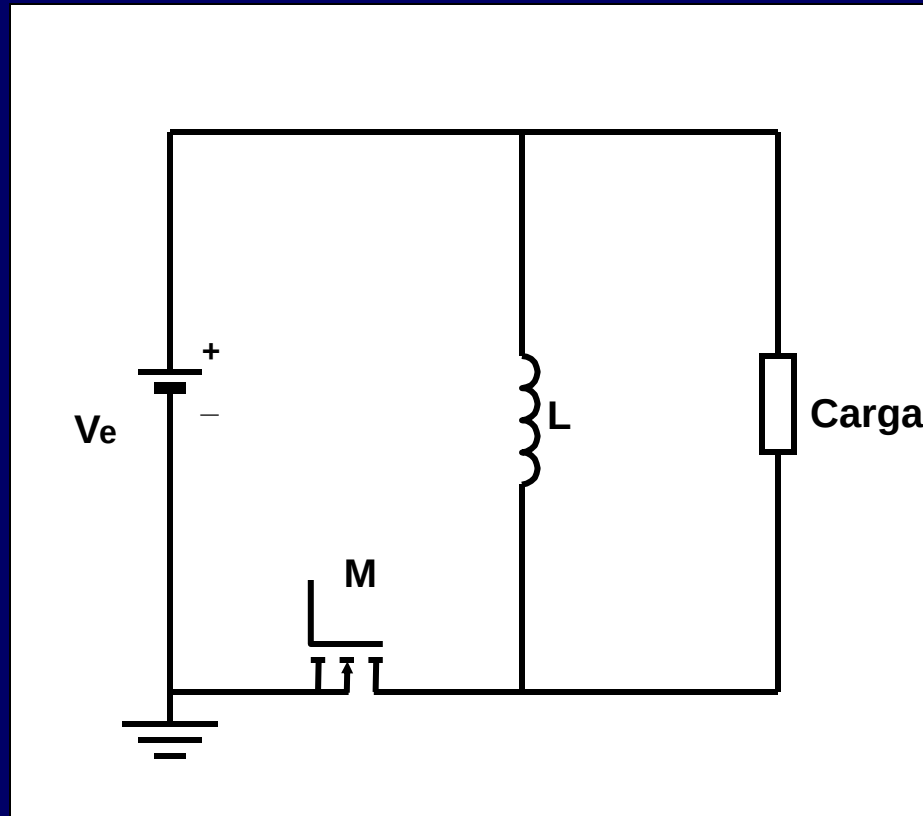
Inversor de 1 Interruptor Etapa de Potencia

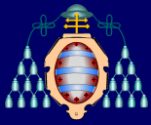


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia

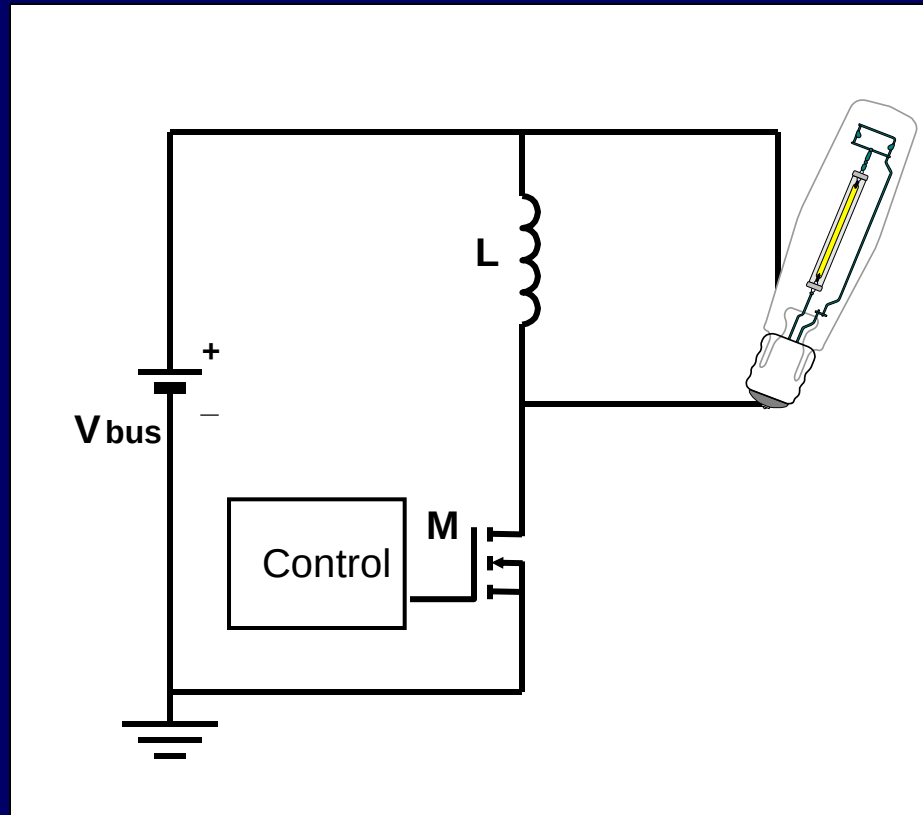




Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia



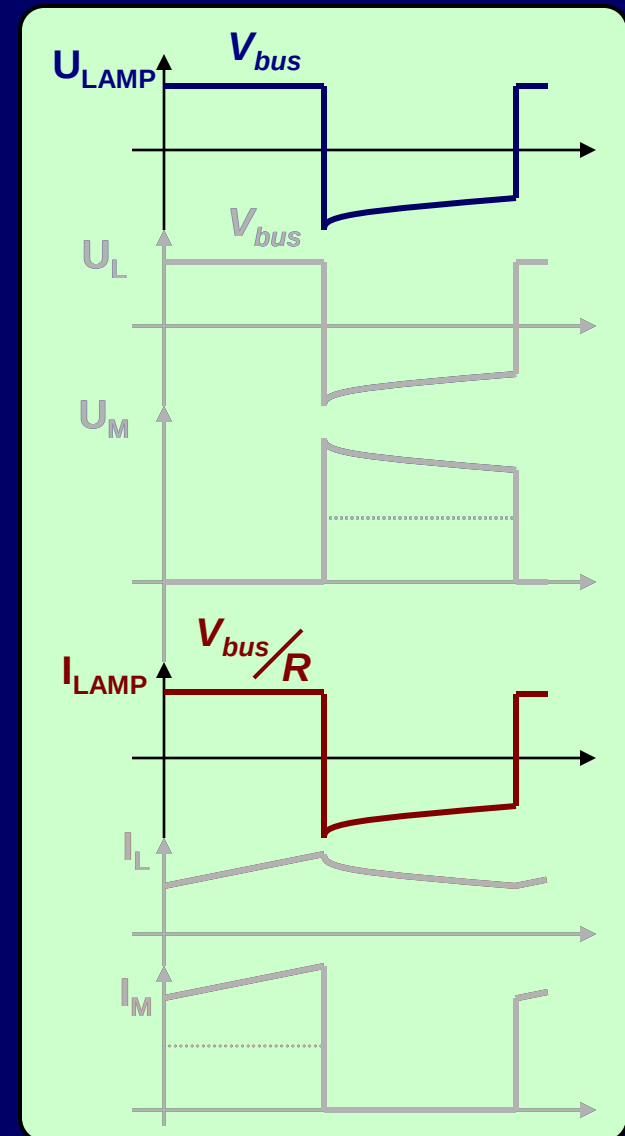
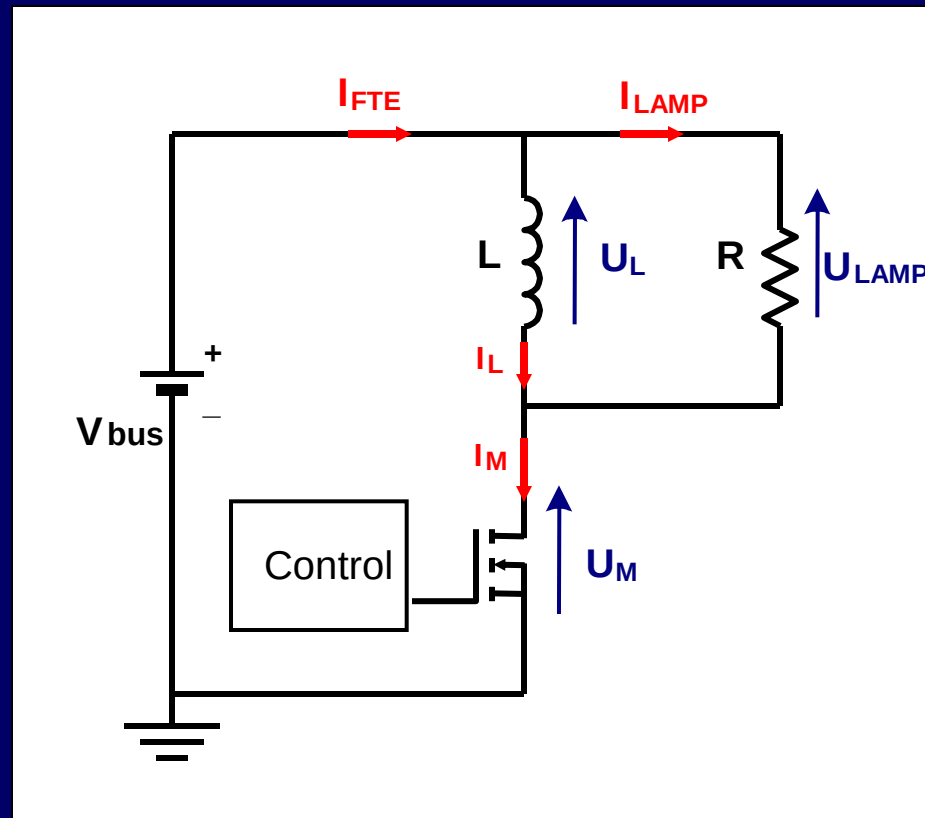


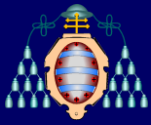


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

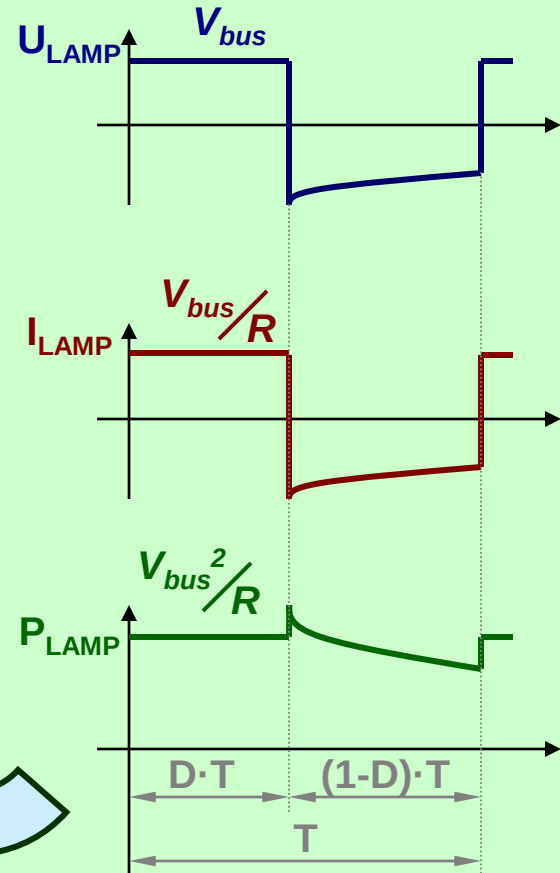
Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia

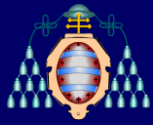
Expresiones Matemáticas de:

$$\square P_{LAMP\ AVG} = f_1(V_{bus}, L, R)$$

$$\square |\Delta I_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R)$$

Relaciones Adicionales debidas
a Métodos de CONTROL

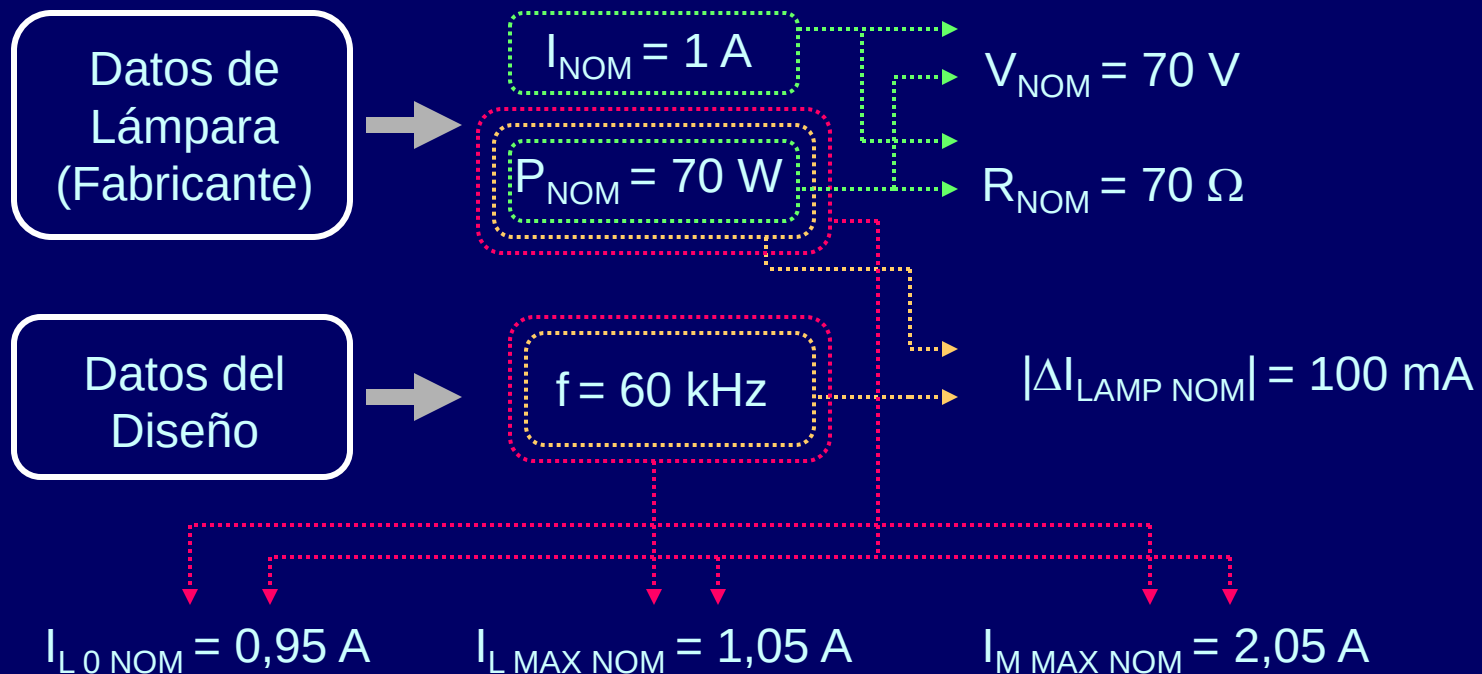


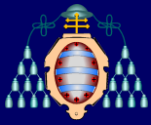


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia

PARÁMETROS NOMINALES



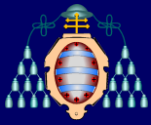
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

Etapa de Potencia ✓

Métodos de Control en Cadena Abierta



Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f - D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado (I_{MAX} - T_{OFF})

Por la Bobina

Por la Carga

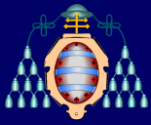
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima (I_{MAX} - I_{MIN})

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f - D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado (I_{MAX} - T_{OFF})

Por la Bobina

Por la Carga

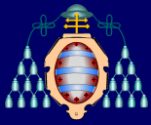
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima (I_{MAX} - I_{MIN})

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f - D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado (I_{MAX} - T_{OFF})

Por la Bobina

Por la Carga

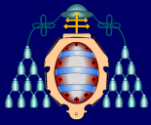
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima (I_{MAX} - I_{MIN})

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado ($I_{MAX}-T_{OFF}$)

Por la Bobina

Por la Carga

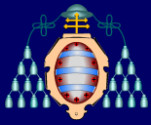
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima ($I_{MAX}-I_{MIN}$)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

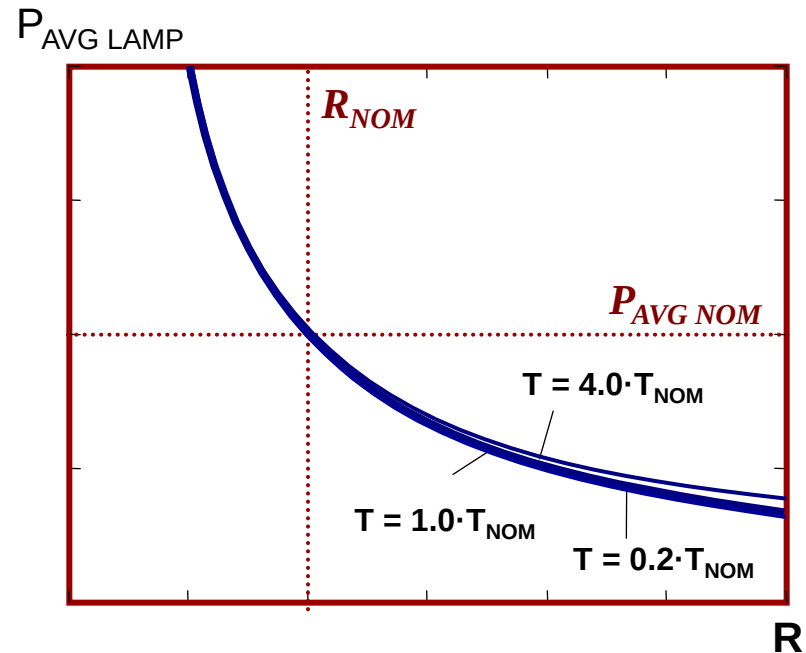
Control modo tensión

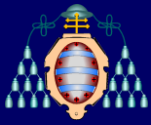
Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

$$P_{LAMP\ AVG} = f_1 (V_{bus}, L, R, D, f)$$

Característica $P_{LAMP\ AVG}$ vs R

Distintas Frecuencias





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

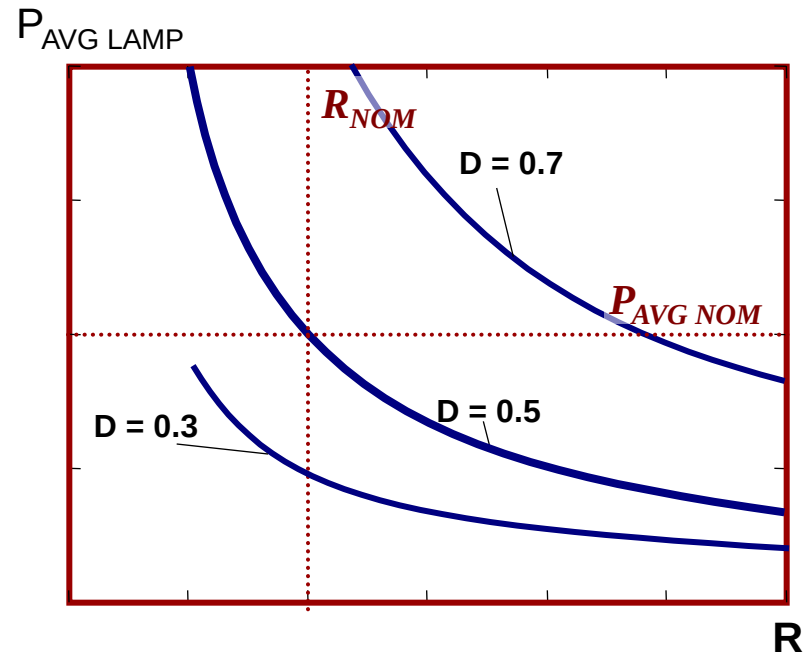
Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

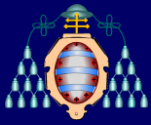
$$P_{LAMP\ AVG} = f_1 (V_{bus}, L, R, D, f)$$

Característica $P_{LAMP\ AVG}$ vs R

Distintas Frecuencias

Distintos Ciclos de Trabajo





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

**SISTEMA
INESTABLE**

$$P_{LAMP\ AVG} = f_1 (V_{bus}, L, R, D, f)$$

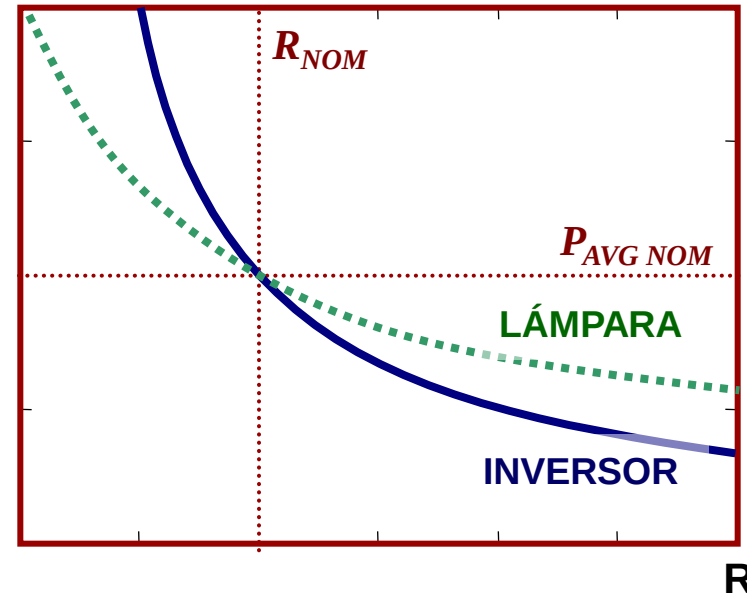
Característica $P_{LAMP\ AVG}$ vs R

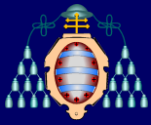
Distintas Frecuencias

Distintos Ciclos de Trabajo

Estabilidad

$P_{AVG\ LAMP}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado ($I_{MAX}-T_{OFF}$)

Por la Bobina

Por la Carga

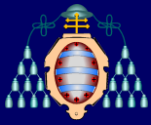
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima ($I_{MAX}-I_{MIN}$)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

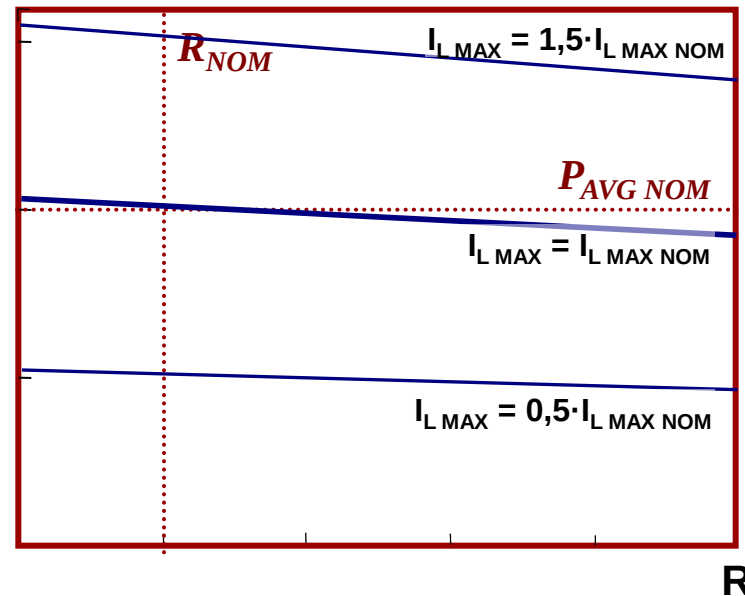
$$I_{L\text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

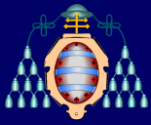
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{L\text{ MAX}}$

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

$$I_{L\text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

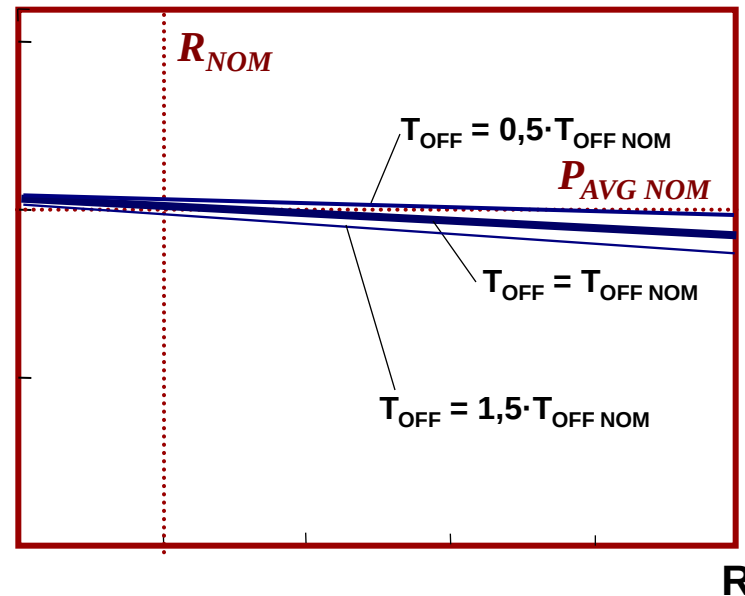
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

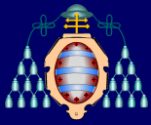
Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{L\text{ MAX}}$

Distintos T_{OFF}

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

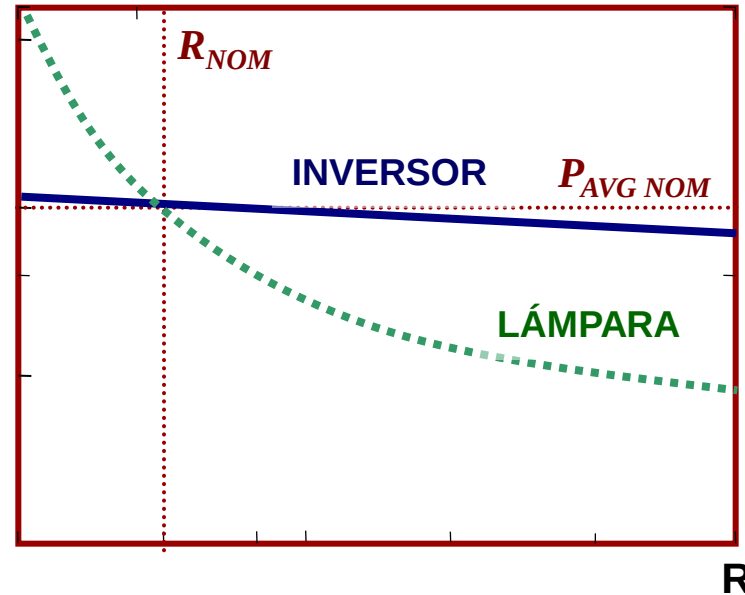
Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

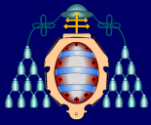
Control modo corriente

$$I_{L\text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

**SISTEMA
ESTABLE**

$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R Distintas $I_{L\text{ MAX}}$ Distintos T_{OFF} **Estabilidad** $P_{\text{AVG LAMP}}$ 



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado ($I_{MAX}-T_{OFF}$)

Por la Bobina

Por la Carga

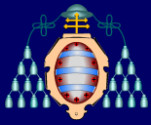
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima ($I_{MAX}-I_{MIN}$)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

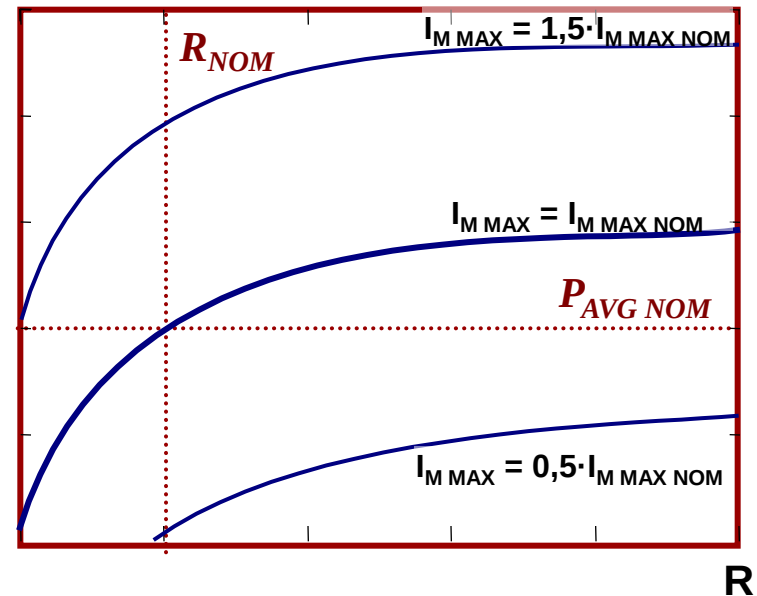
$$I_{M \text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

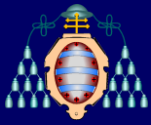
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{M \text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{M \text{ MAX}}$

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

$$I_{M \text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

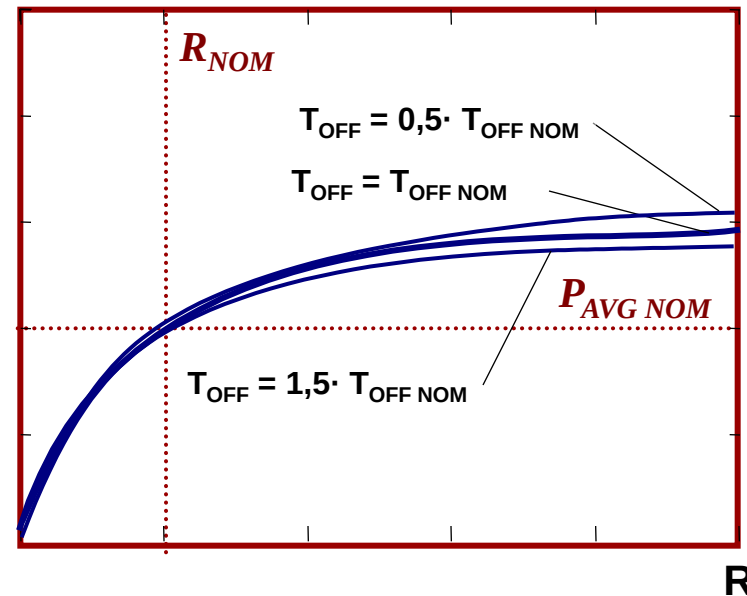
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{M \text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

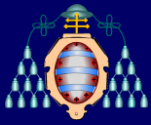
Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{M \text{ MAX}}$

Distintos T_{OFF}

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

$$I_{M \text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

**SISTEMA
ESTABLE**

$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{M \text{ MAX}}, T_{\text{OFF}})$$

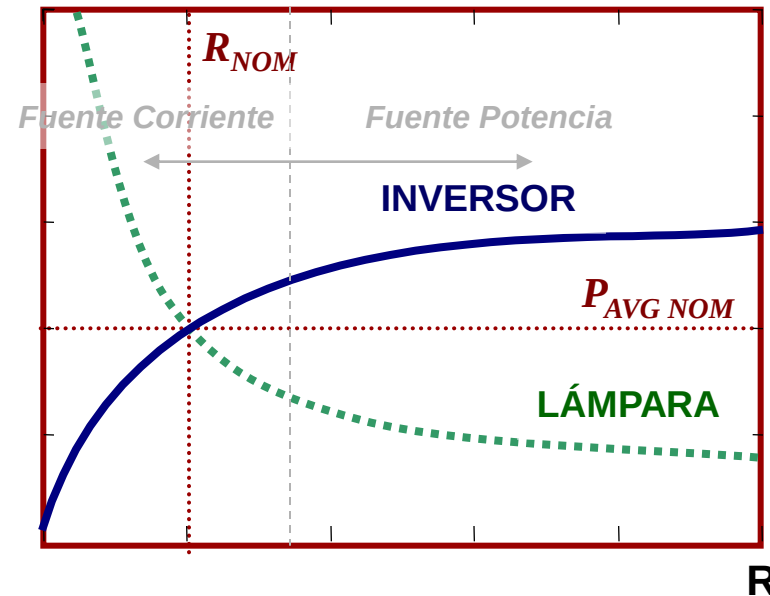
Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

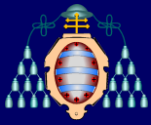
Distintas $I_{M \text{ MAX}}$

Distintos T_{OFF}

Estabilidad

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f-D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado ($I_{MAX}-T_{OFF}$)

Por la Bobina

Por la Carga

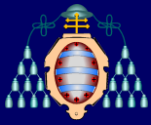
Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima ($I_{MAX}-I_{MIN}$)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

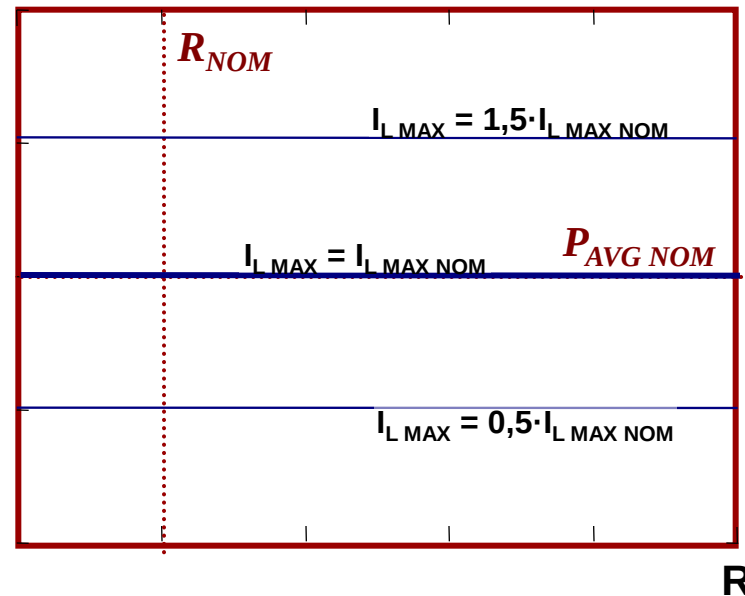
$$I_{L\text{ MAX}} - \Delta I_L$$

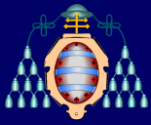
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{ MAX}}, \Delta I_L)$$

Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{L\text{ MAX}}$

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

$$I_{L\text{MAX}} - \Delta I_L$$

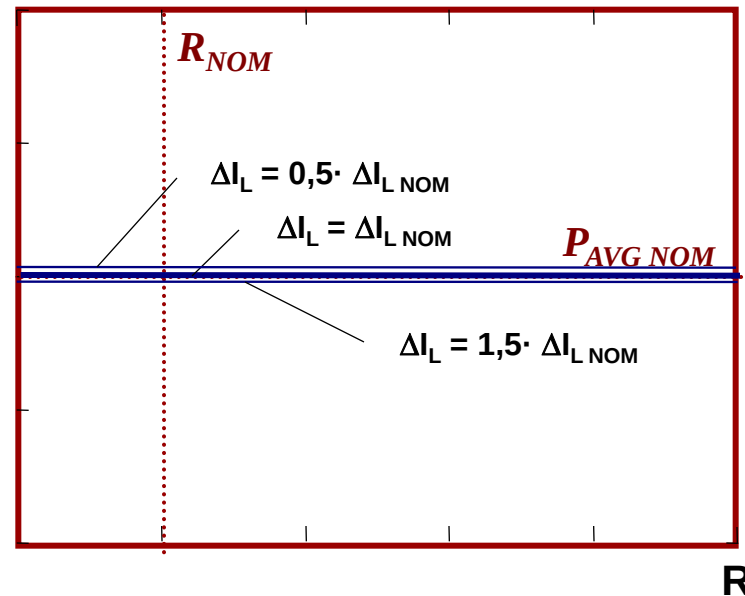
$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{MAX}}, \Delta I_L)$$

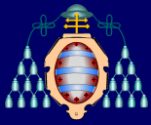
Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

Distintas $I_{L\text{MAX}}$

Distintos ΔI_L

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo corriente

$$I_{L\text{ MAX}} - T_{\text{OFF}}$$

**SISTEMA
ESTABLE**

$$P_{\text{LAMP AVG}} = f_1(V_{\text{bus}}, L, R, I_{L\text{ MAX}}, \Delta I_L)$$

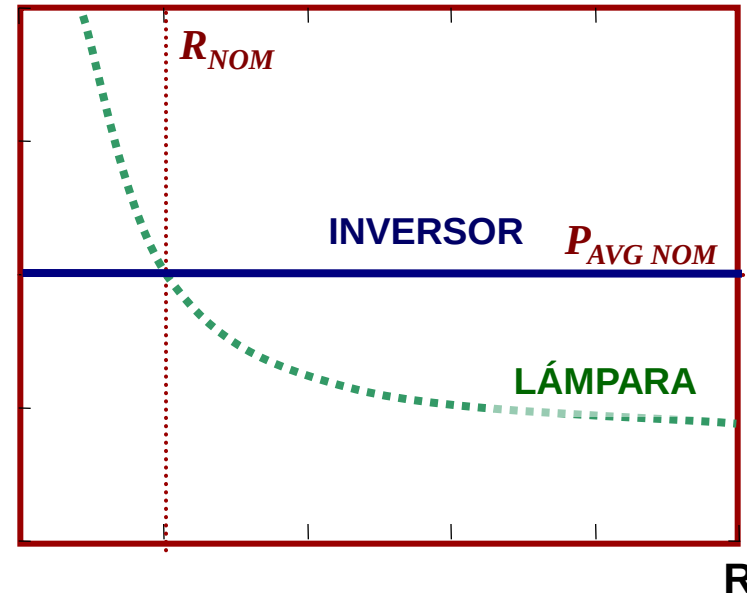
Característica $P_{\text{LAMP AVG}}$ vs R

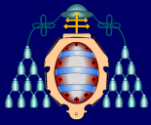
Distintas $I_{L\text{ MAX}}$

Distintos ΔI_L

Estabilidad

$P_{\text{AVG LAMP}}$





Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Control modo tensión

Frecuencia / Ciclo de trabajo (f - D)

Control modo corriente

Corriente máxima / Tiempo de apagado (I_{MAX} - T_{OFF})

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor

Corriente Máxima / Corriente Mínima (I_{MAX} - I_{MIN})

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor

**SELECCIÓN
DEL CONTROL**

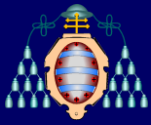


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Métodos de Control

Etapa de Potencia	Control		Sistema Estable	Inmune a
	Modo	Parámetros		
1 Int.	Tensión	Frec-Duty	NO	-
1 Int.	Corriente	$I_{L\ MAX}-T_{OFF}$	SÍ	T_{OFF}
1 Int.	Corriente	$I_{M\ MAX}-T_{OFF}$	SÍ	T_{OFF}
1 Int.	Corriente	$I_{L\ MAX}-\Delta I_L$	SÍ	ΔI_L



Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

Etapa de Potencia ✓

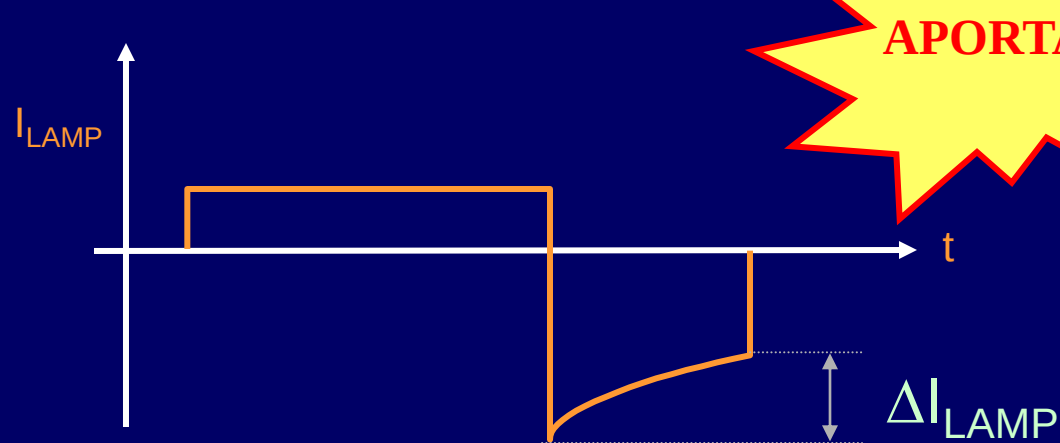
Métodos de Control en Cadena Abierta ✓

Limitaciones del Control en Cadena Abierta

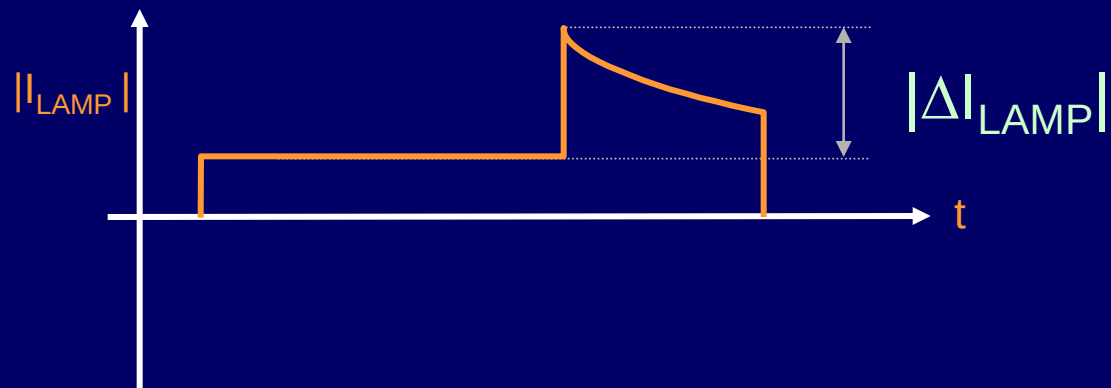


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

**APORTACIÓN**

Rizado de
Corriente en la
Descarga



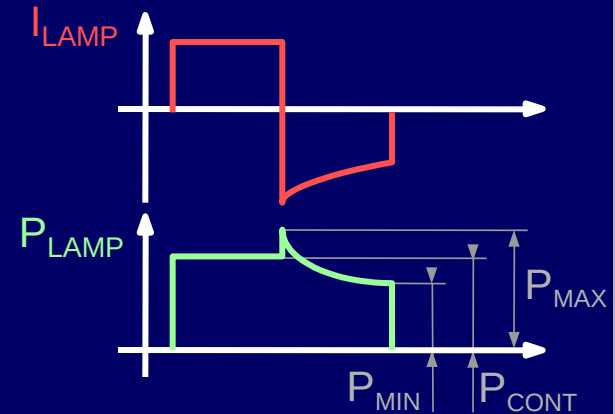
Rizado
ABSOLUTO
de Corriente



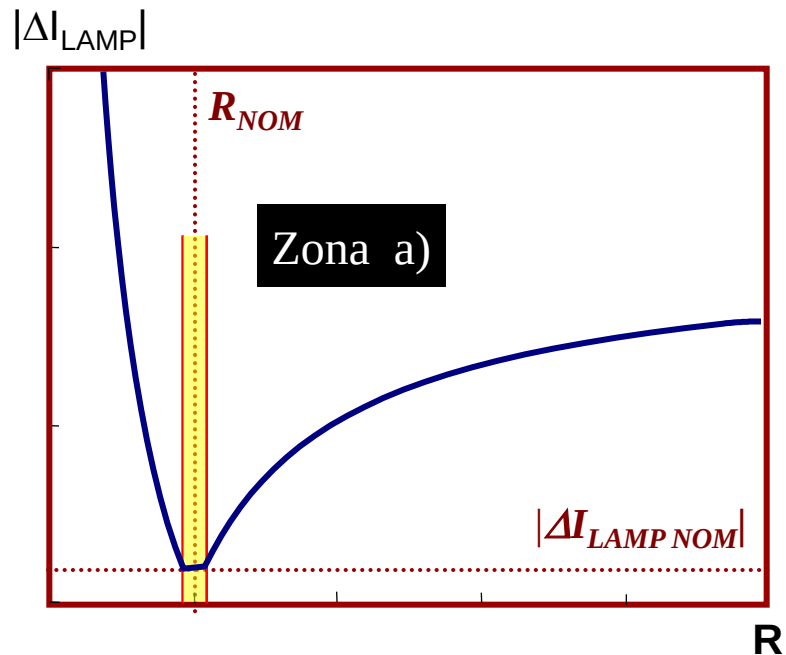
Inversores Propuestos

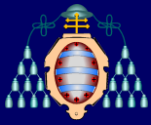
Análisis Teórico

Limitaciones del Control en Cadena Abierta

Aspecto de la Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs. R 

$$|\Delta i_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R, I_{MMAX}, T_{OFF})$$

Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs R 



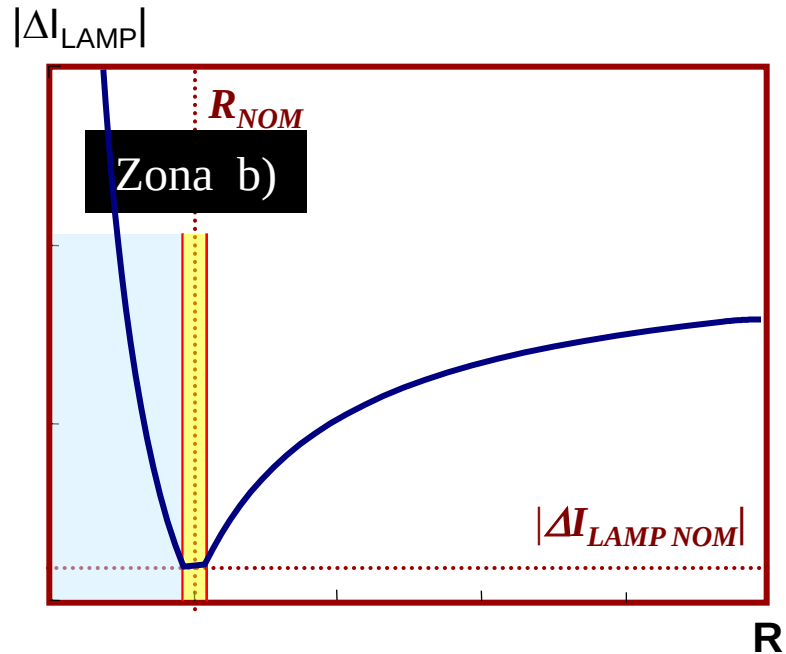
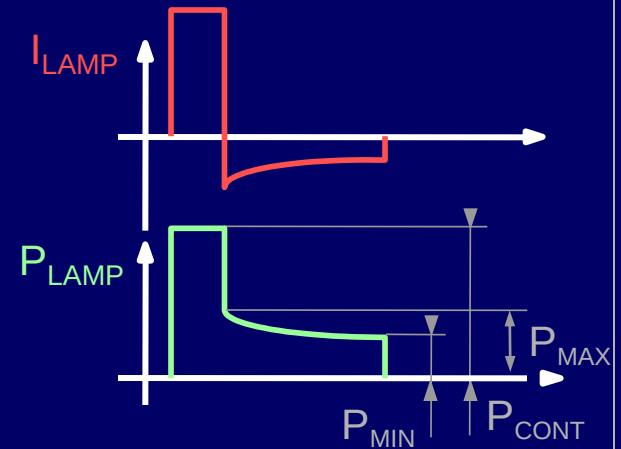
Inversores Propuestos

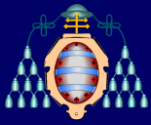
Análisis Teórico

Limitaciones del Control en Cadena Abierta

Aspecto de la Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs. R

$$|\Delta i_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R, I_{MMAX}, T_{OFF})$$

Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs R 



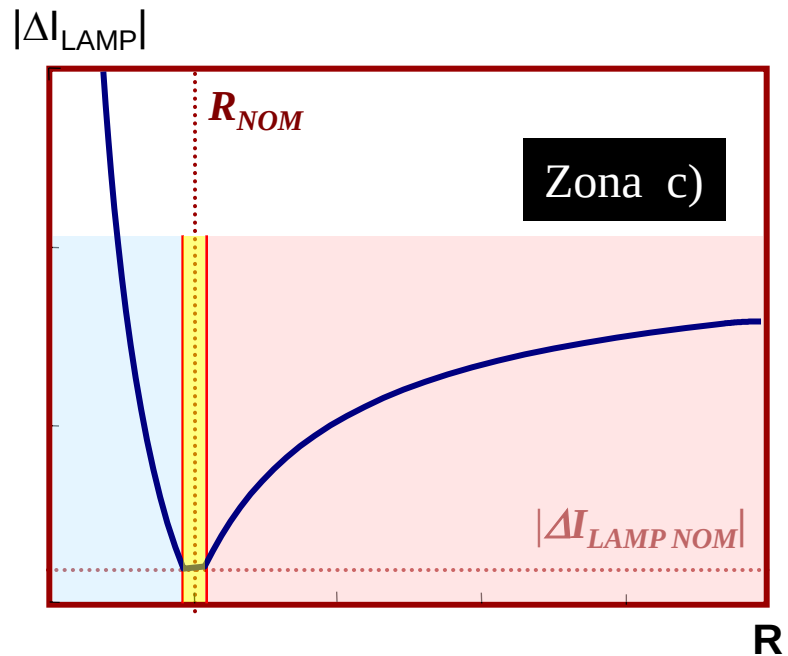
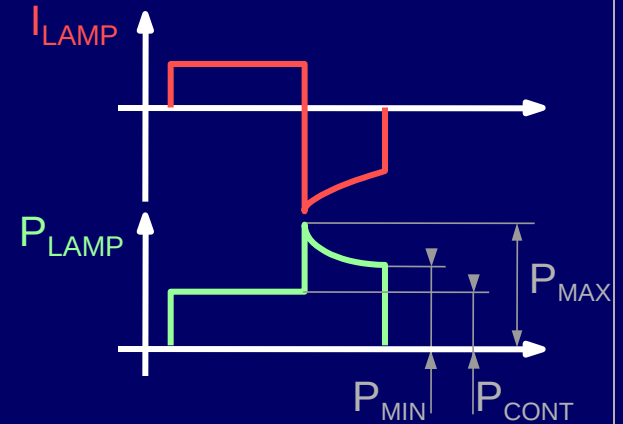
Inversores Propuestos

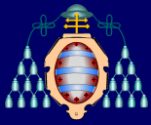
Análisis Teórico

Limitaciones del Control en Cadena Abierta

Aspecto de la Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs. R

$$|\Delta i_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R, I_{MMAX}, T_{OFF})$$

Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs R 



Análisis Teórico

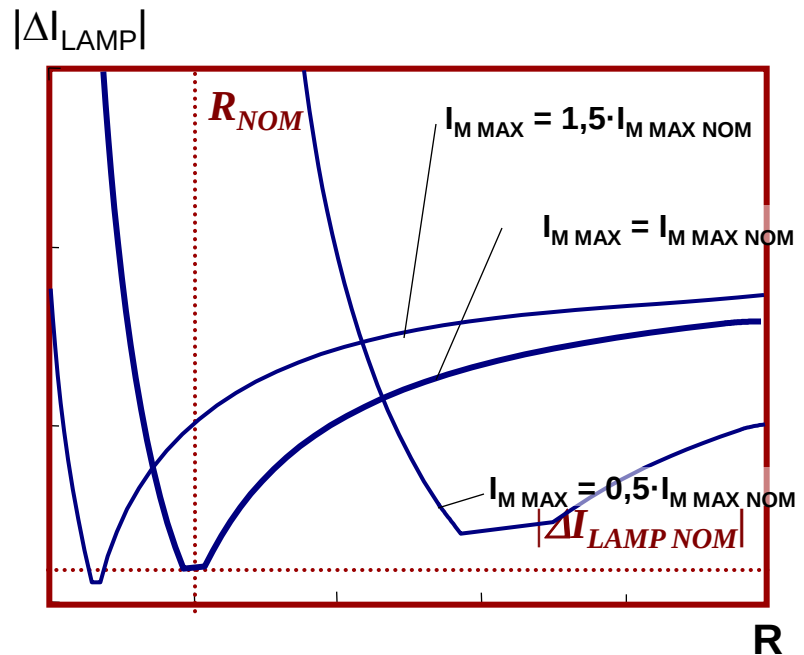
Limitaciones del Control en Cadena Abierta

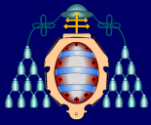
Aspecto de la Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs. R

$$|\Delta i_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R, I_{M MAX}, T_{OFF})$$

Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs R

Distintas $I_{M MAX}$





Análisis Teórico

Limitaciones del Control en Cadena Abierta

Aspecto de la Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs. R

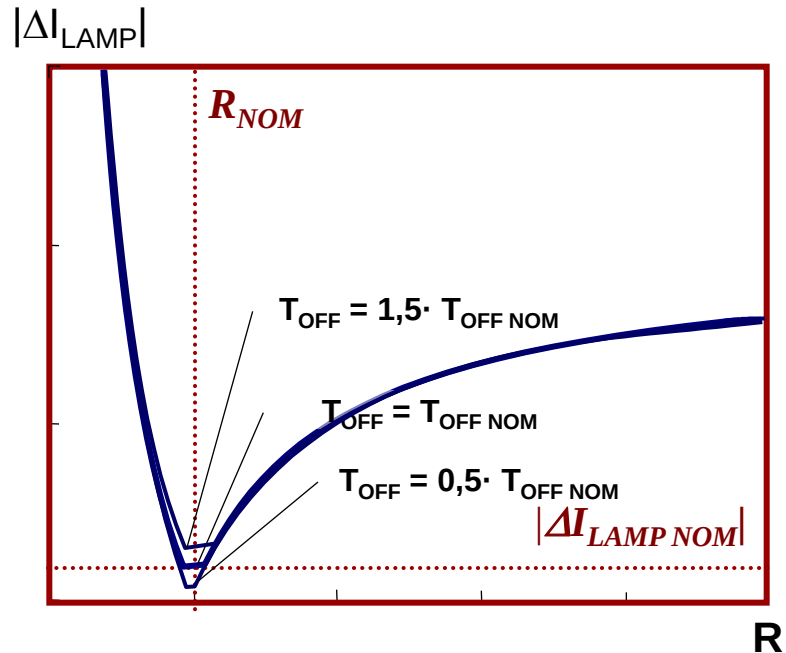
APORTACIÓN

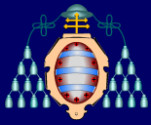
$$|\Delta i_{LAMP}| = f_2(V_{bus}, L, R, I_{M MAX}, T_{OFF})$$

Característica $|\Delta i_{LAMP}|$ vs R

Distintas $I_{M MAX}$

Distintos T_{OFF}

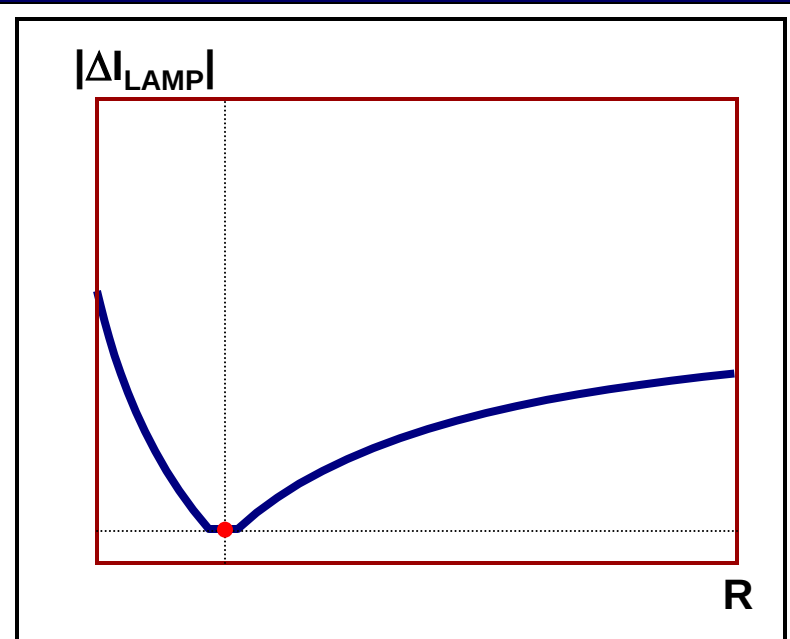
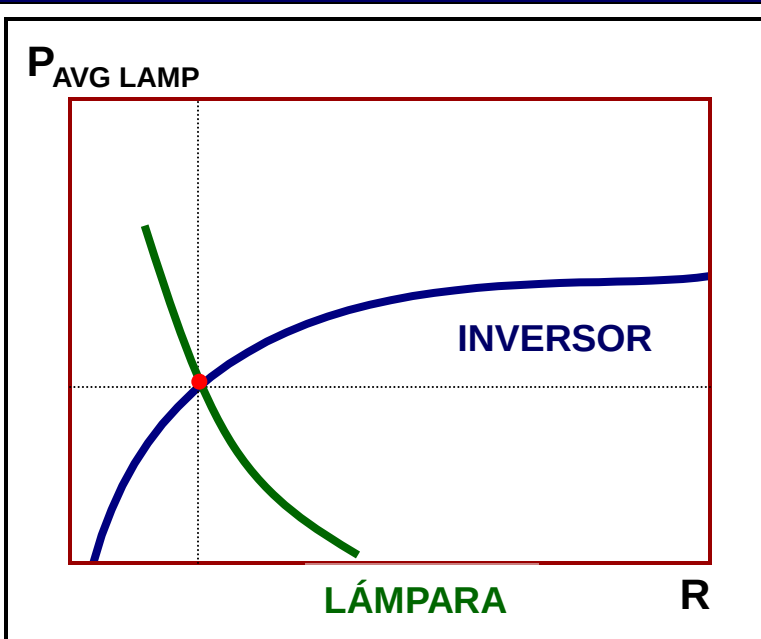




Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Limitaciones en Cadena abierta

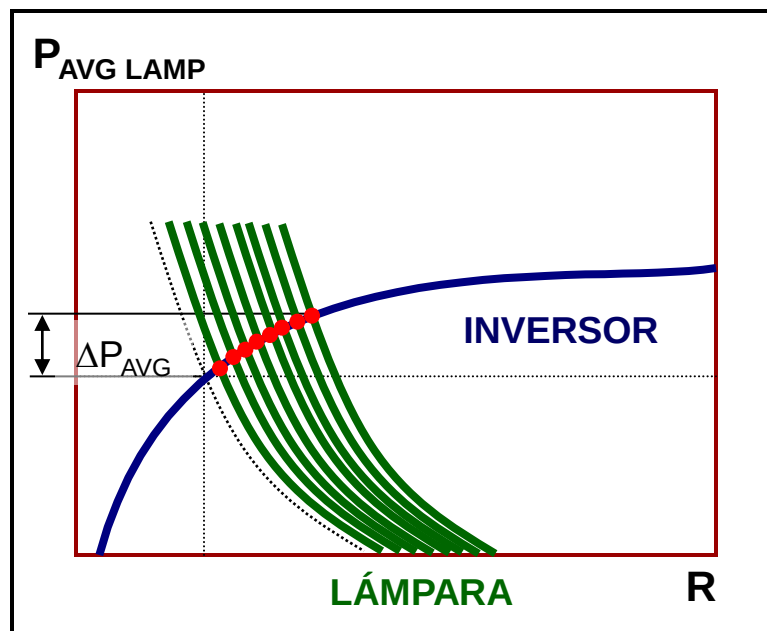
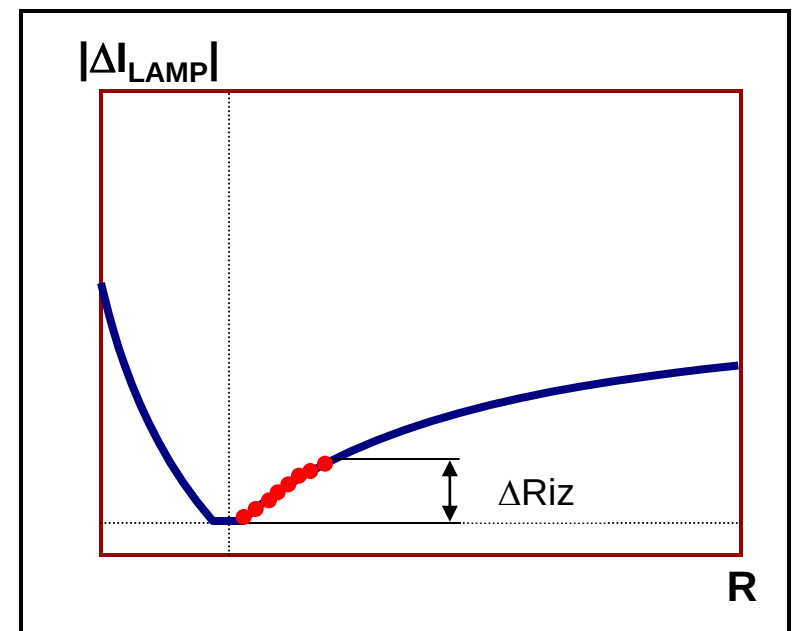




Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Limitaciones en Cadena abierta

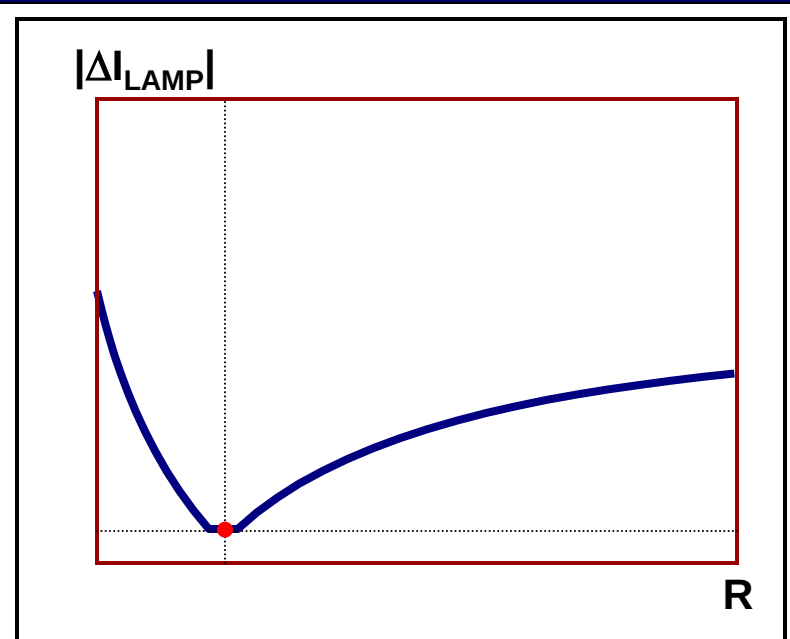
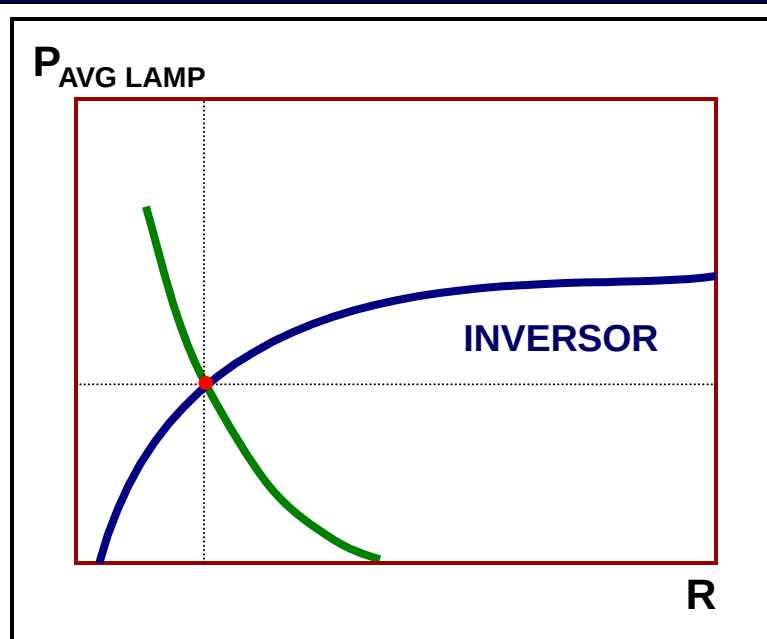
Potencia Media
VariableRizado Absoluto
Variable



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

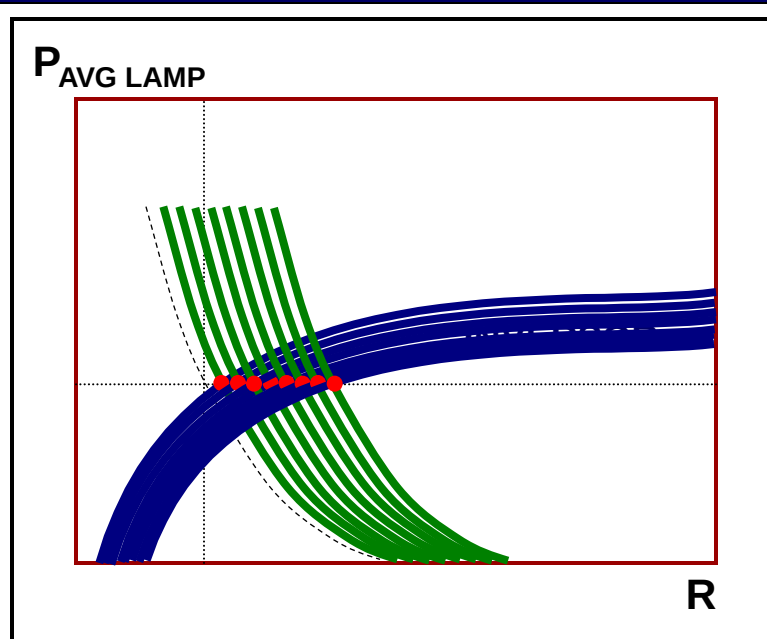
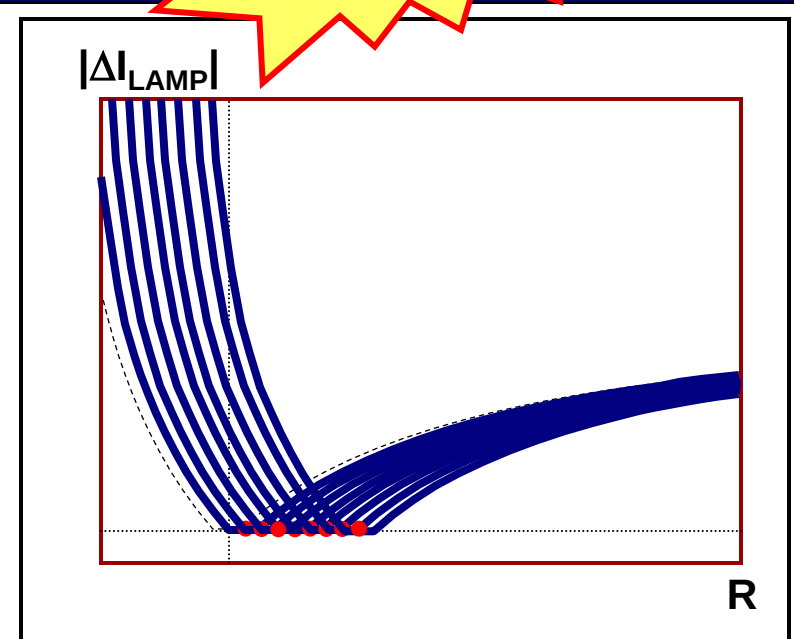


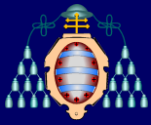


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación

APORTACIÓNPotencia Media
ConstanteRizado Absoluto
Constante



Análisis Teórico

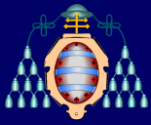
Inversor de 1 Interruptor

Etapa de Potencia ✓

Métodos de Control en Cadena Abierta ✓

Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓

Control con Variación de Parámetros

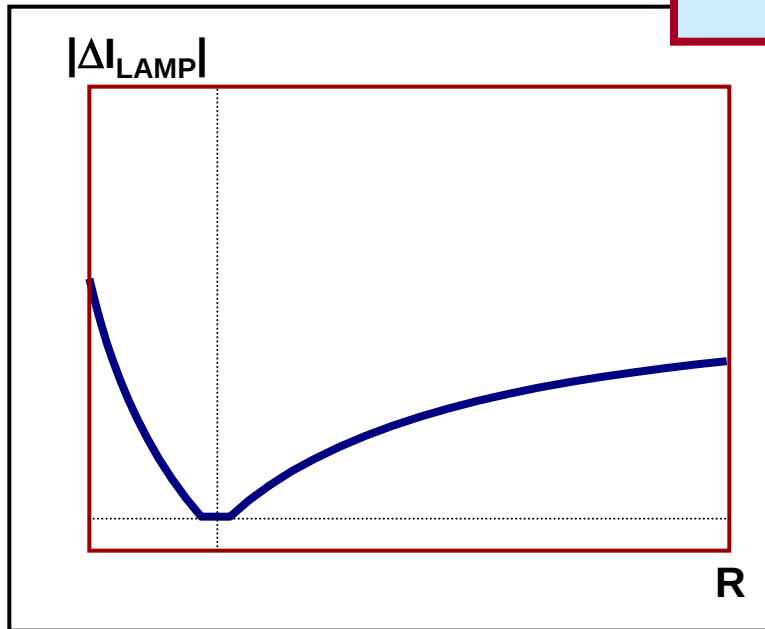
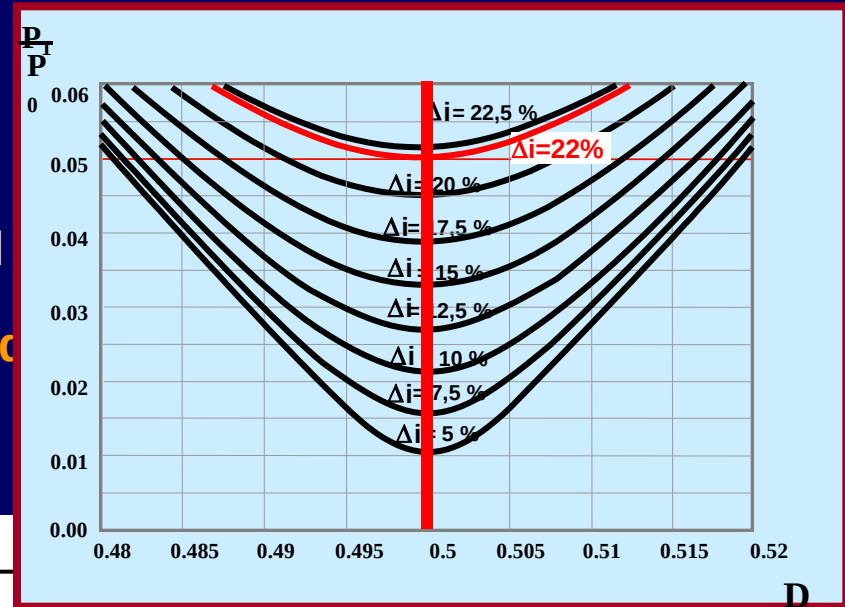


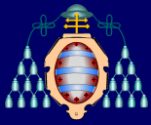
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control

Variación de Curva de Rizado





Inversores Propuestos

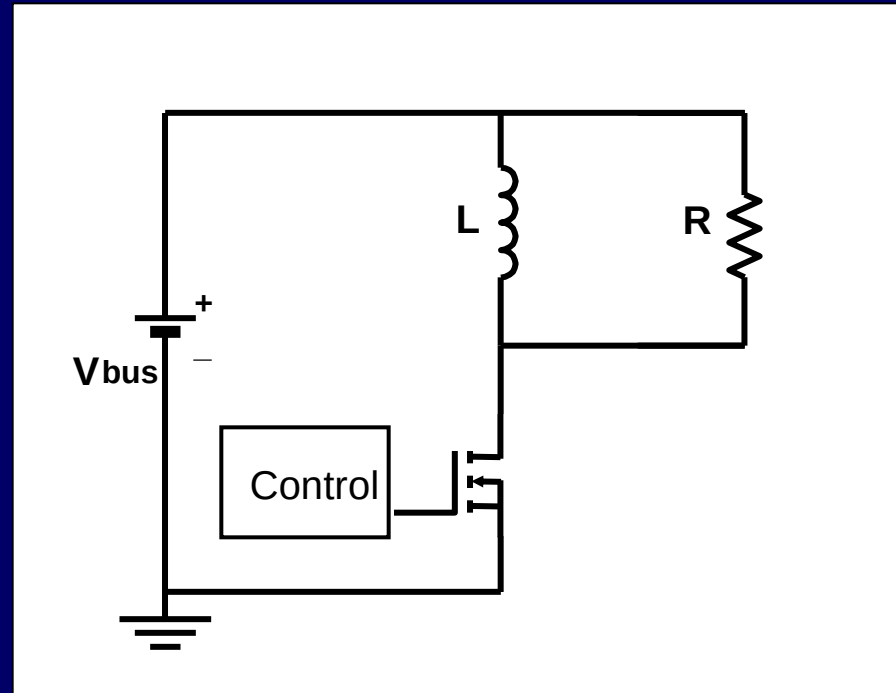
Análisis Teórico

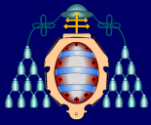
Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

Variación de Curva de Rizado

Mantener $D=50\%$

**VARIACIÓN
DE V_{bus}**





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

Variación de Curva de Rizado

Mantener $D=50\%$

**VARIACIÓN
DE V_{bus}**

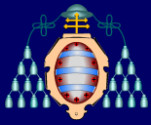
Variación de Potencia Media

Mantener $P=P_{NOM}$

**VARIACIÓN
DE $I_{M MAX}$**

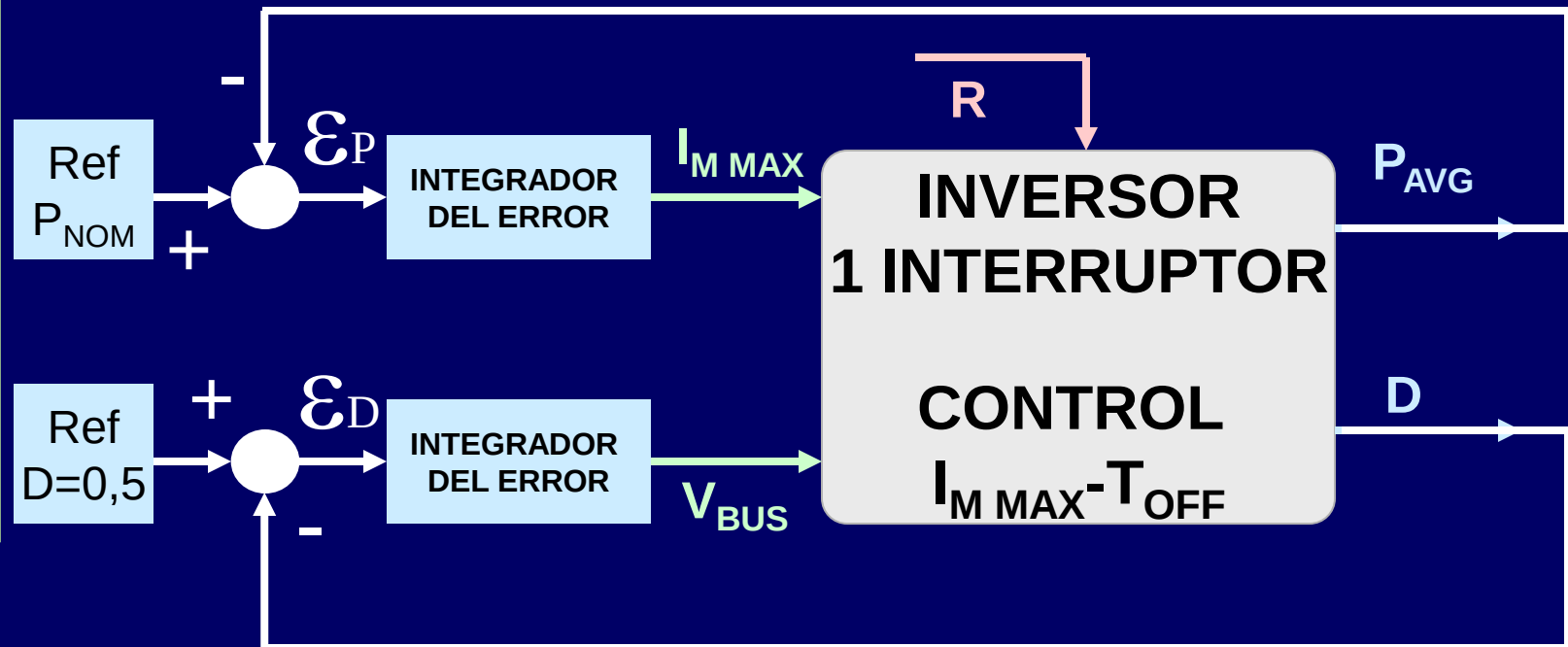


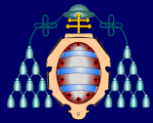
APORTACIÓN



Análisis Teórico

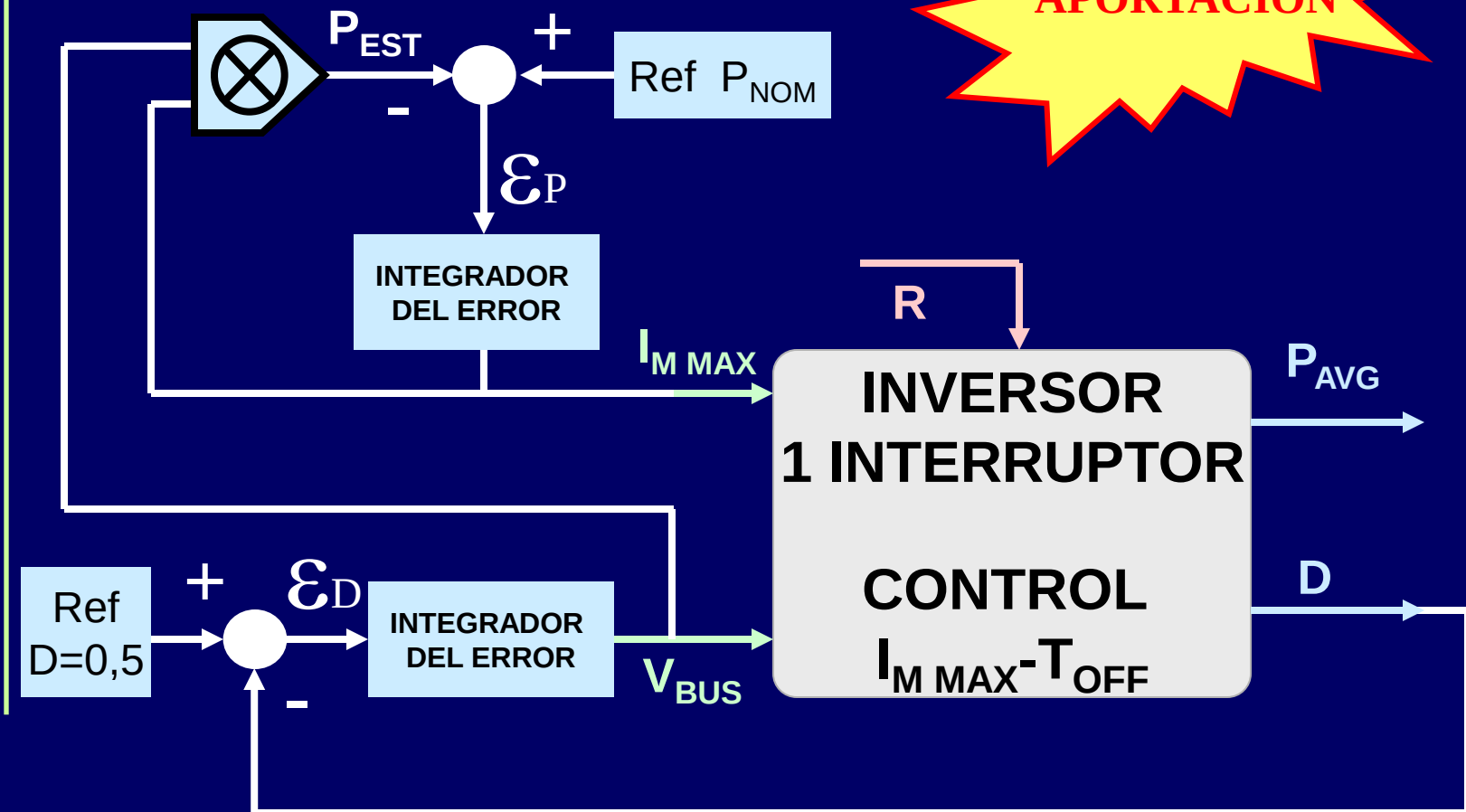
Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

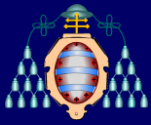




Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de P 

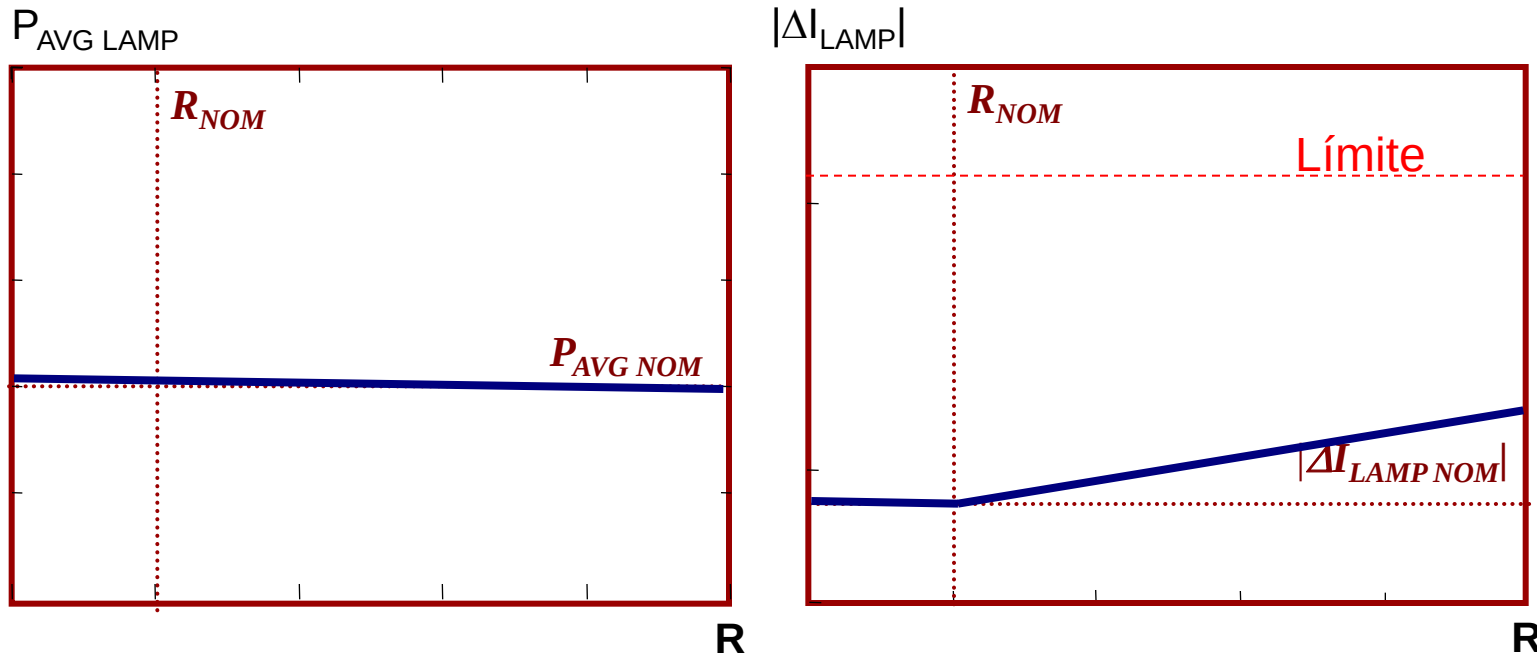


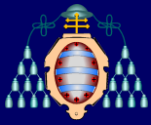
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

CARACTERÍSTICAS IDEALES





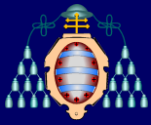
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

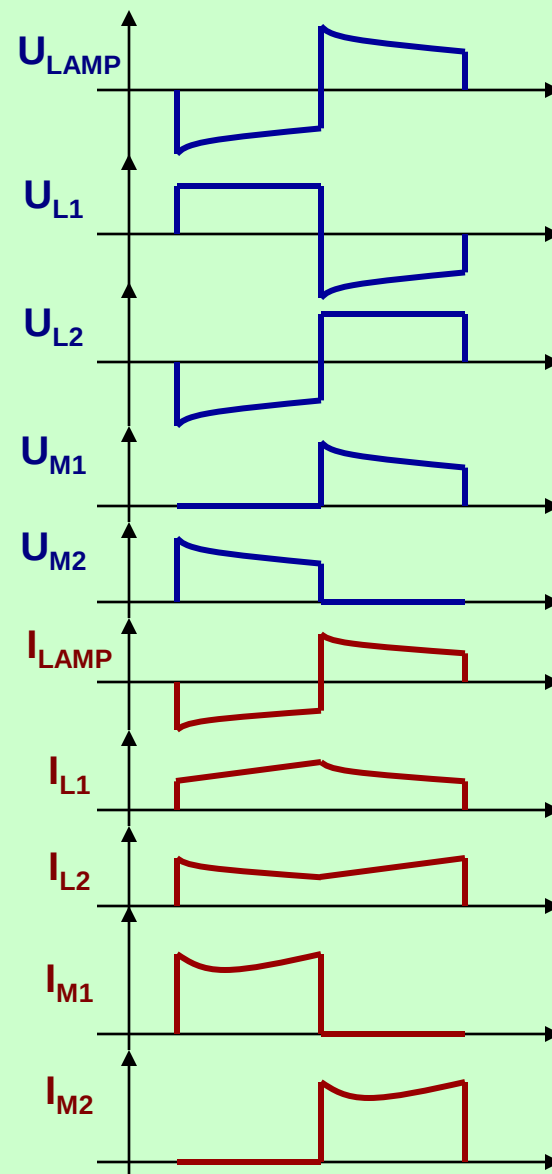
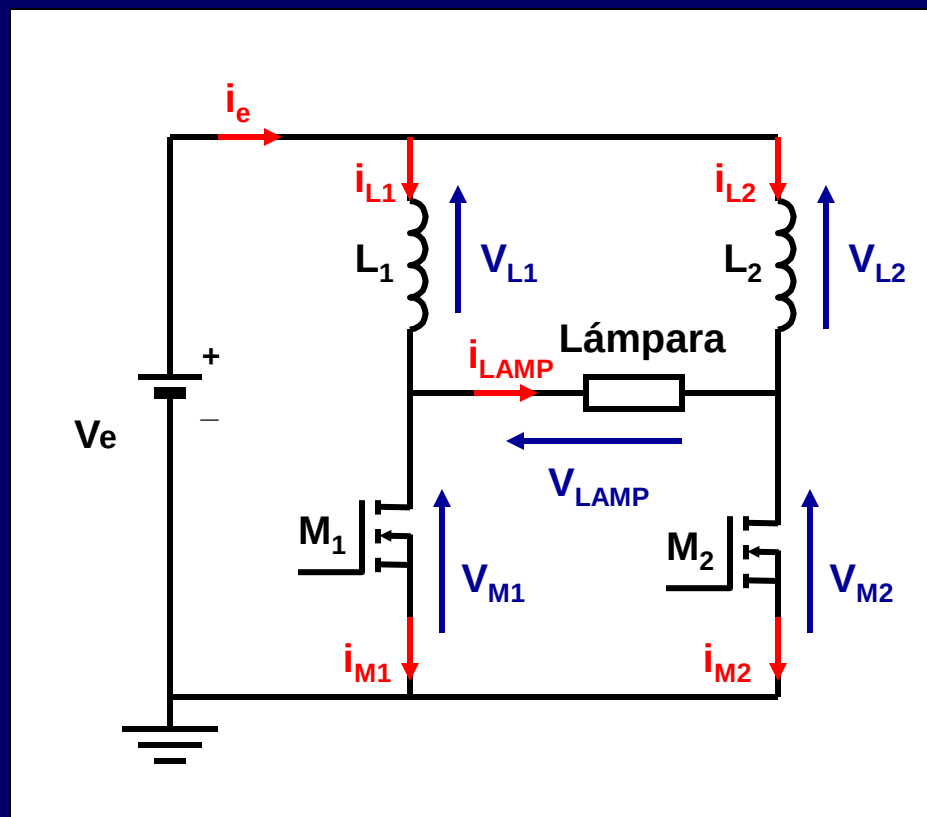
Etapa de Potencia

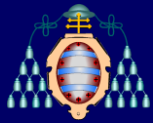


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores :
Etapa de Potencia

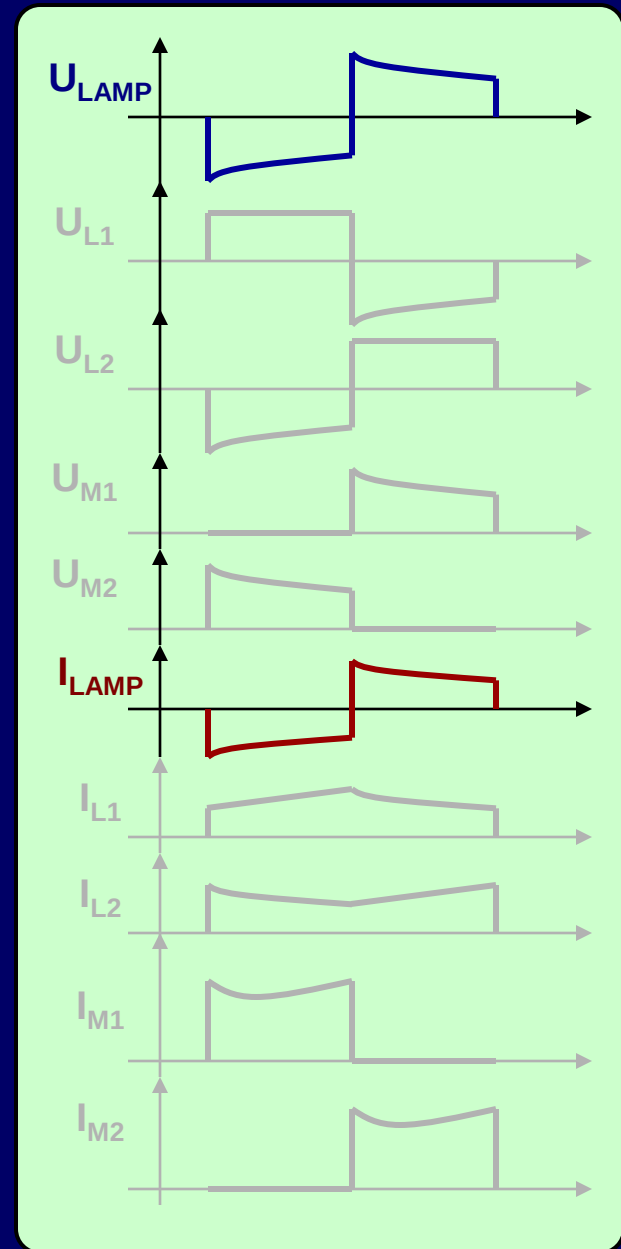
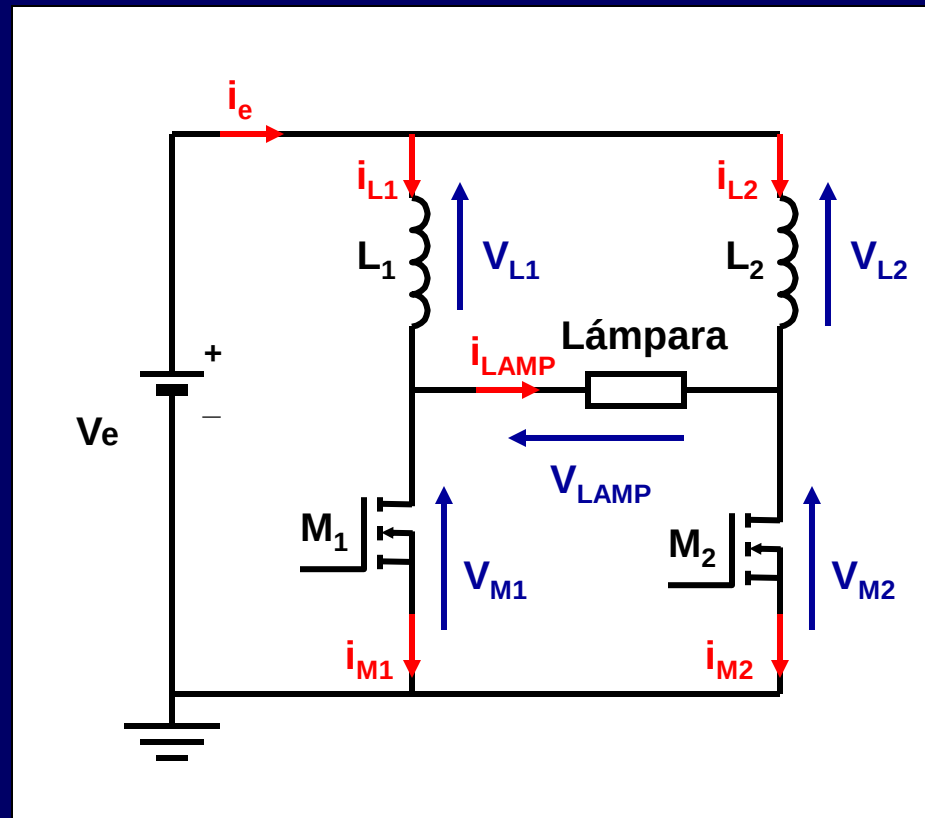


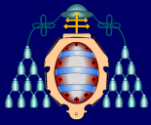


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores :
Etapa de Potencia





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

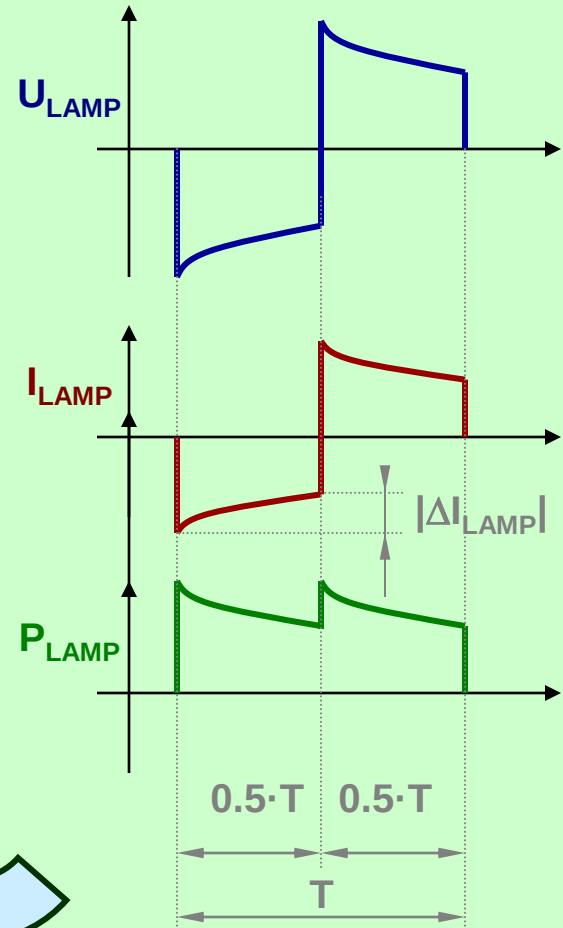
Inversor de 2 Interruptores :
Etapa de Potencia

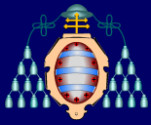
Expresiones Matemáticas de:

$$\square P_{LAMP\ AVG} = f_1 (V_{bus}, L, R, f)$$

$$\square |\Delta I_{LAMP}| = f_2 (V_{bus}, L, R, f)$$

Relaciones Adicionales debidas
a Métodos de CONTROL

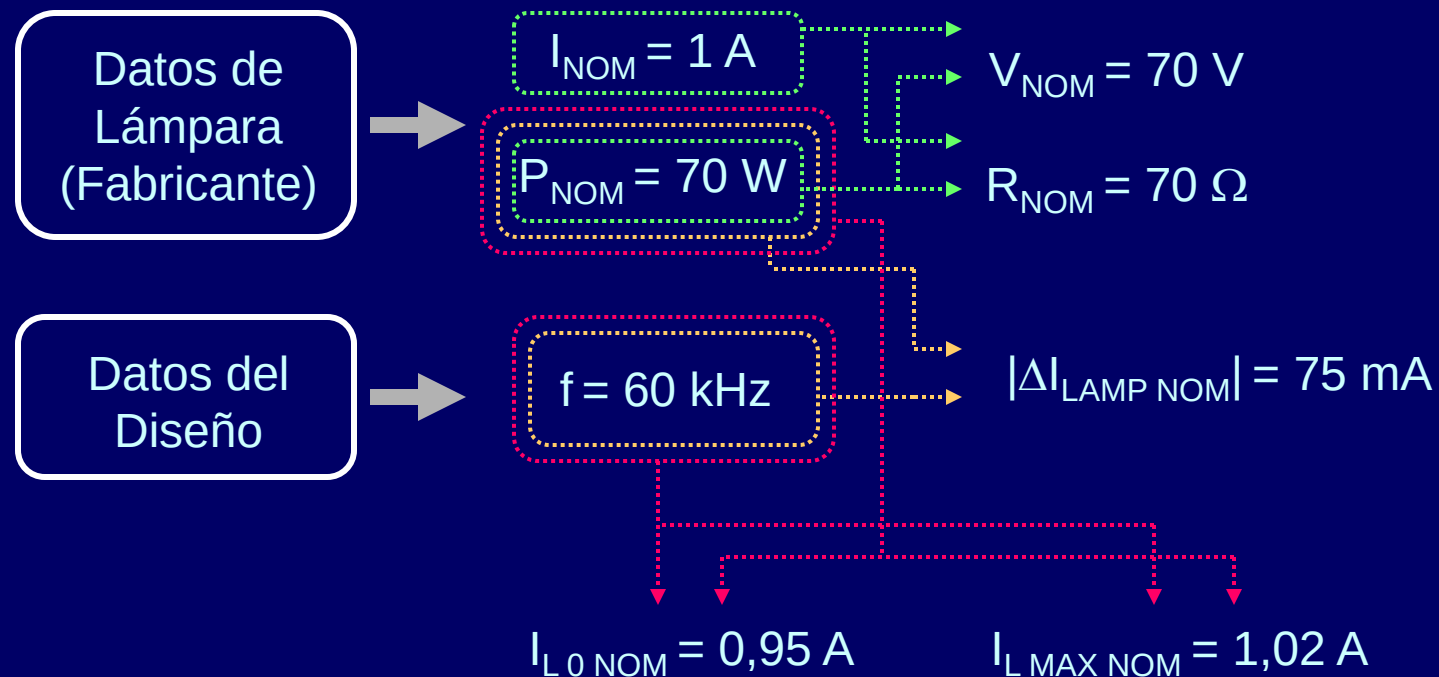


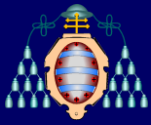


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor : Etapa de Potencia

PARÁMETROS NOMINALES



Inversores Propuestos

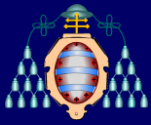
Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Métodos de Control

Control Modo Tensión

Frecuencia (f)

Control Modo Corriente

Corriente máxima (I_{MAX})

Por la Bobina

Por la Carga

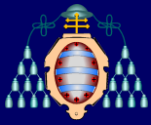
Por el Interruptor

Rizado de corriente (ΔI)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Métodos de Control

Control Modo Tensión

Frecuencia (f)

Control Modo Corriente

Corriente máxima (I_{MAX})

Por la Bobina

Por la Carga

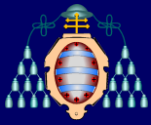
Por el Interruptor

Rizado de corriente (ΔI)

Por la Bobina

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Métodos de Control

Control Modo Tensión

~~Frecuencia (f)~~

Control Modo Corriente

Corriente máxima (I_{MAX})

Por la Bobina

Por la Carga

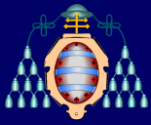
Por el Interruptor

Rizado de corriente (ΔI)

~~Por la Bobina~~

Por la Carga

Por el Interruptor



Inversores Propuestos

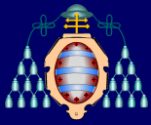
Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

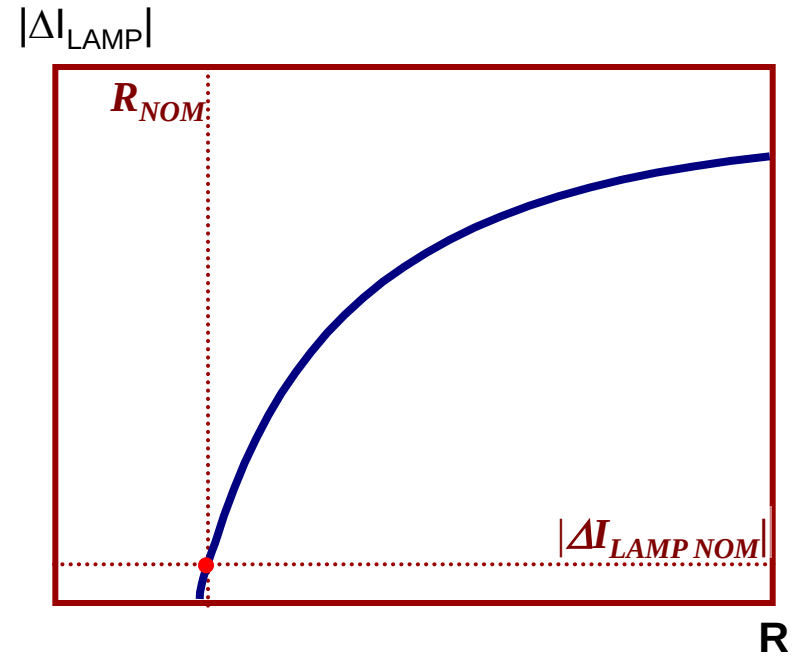
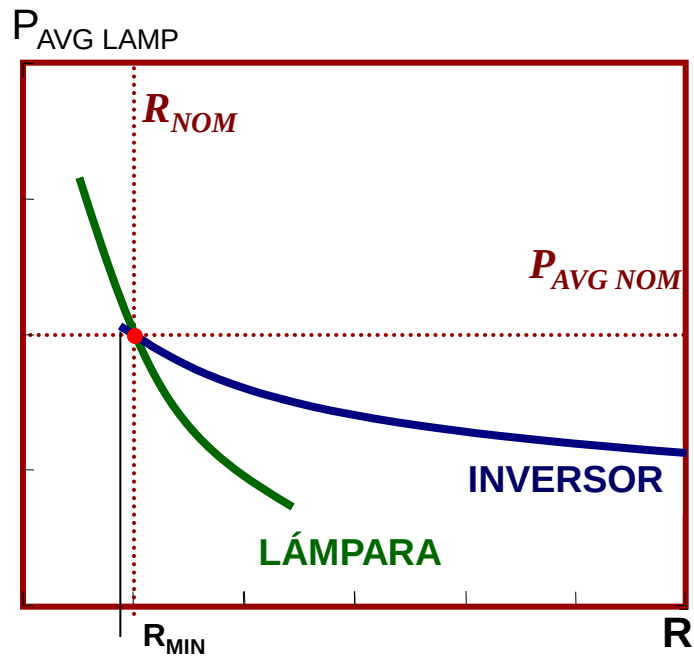
- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Limitaciones en Cadena abierta



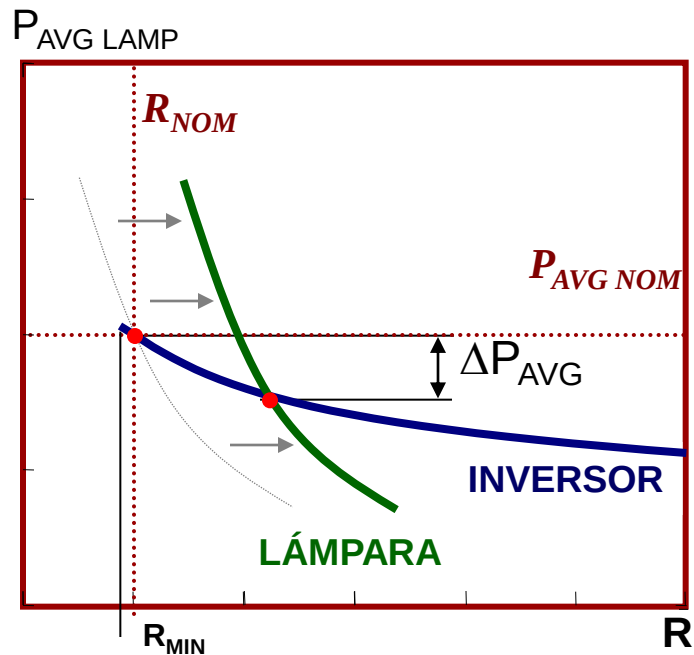
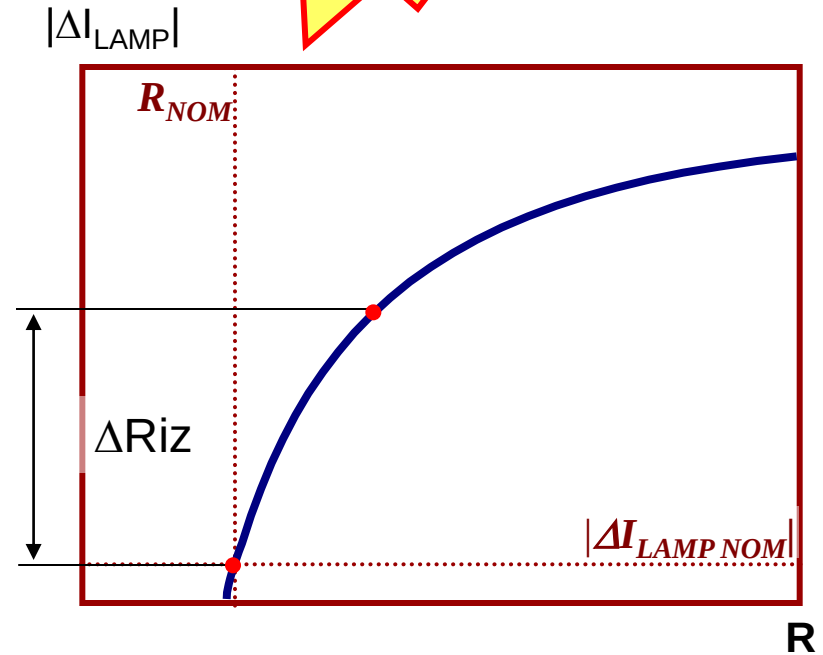


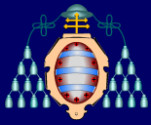
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Limitaciones en Carga

APORTACIÓN

Potencia Media
VariableRizado Absoluto
Variable



Inversores Propuestos

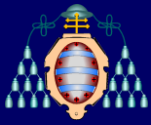
Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros**



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptor : Control de Variación de Parámetros

Variación de Curva de Rizado

Mantener Rizado Mínimo en la BOBINA

**VARIACIÓN
DE V_{bus}**

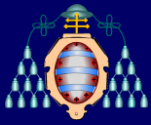
Variación de Potencia Media

Mantener $P=P_{NOM}$

**VARIACIÓN
DE $I_{L MAX}$**



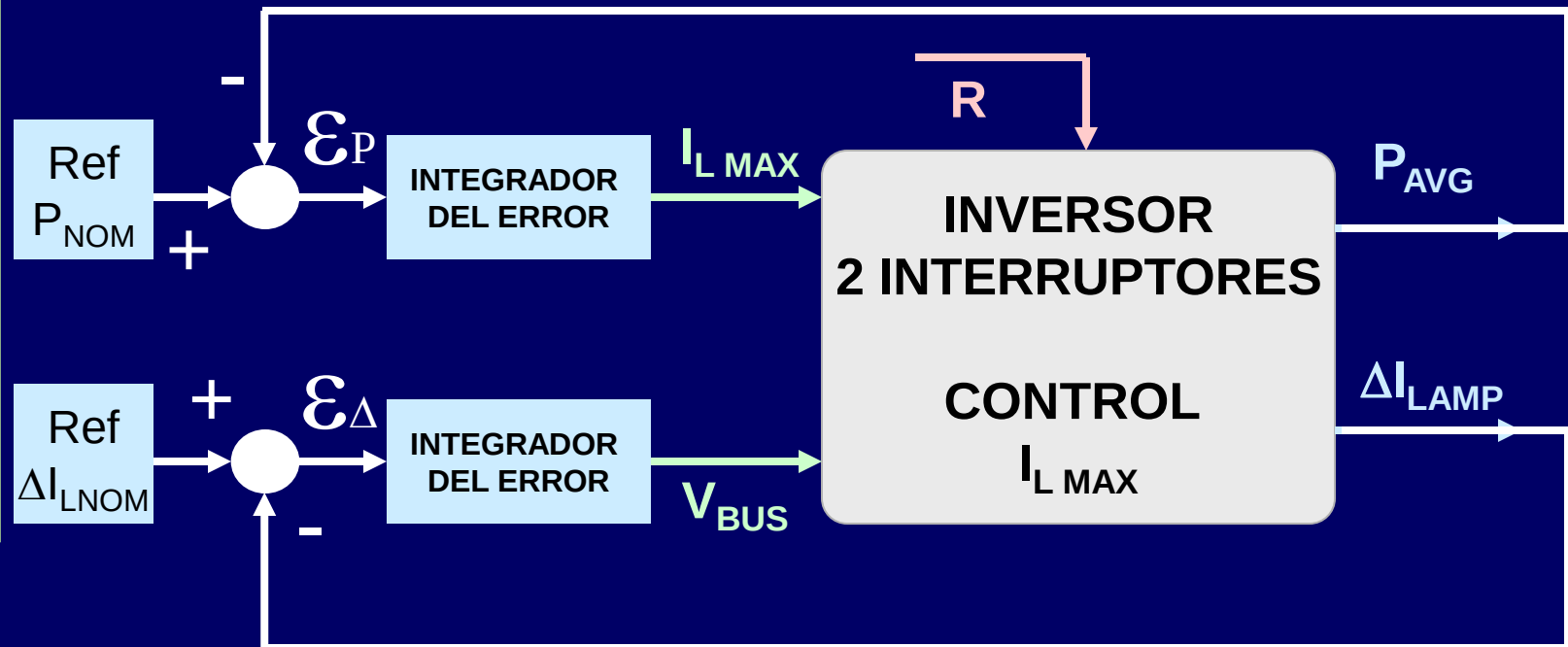
APORTACIÓN



Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Control de Variación de Parámetros

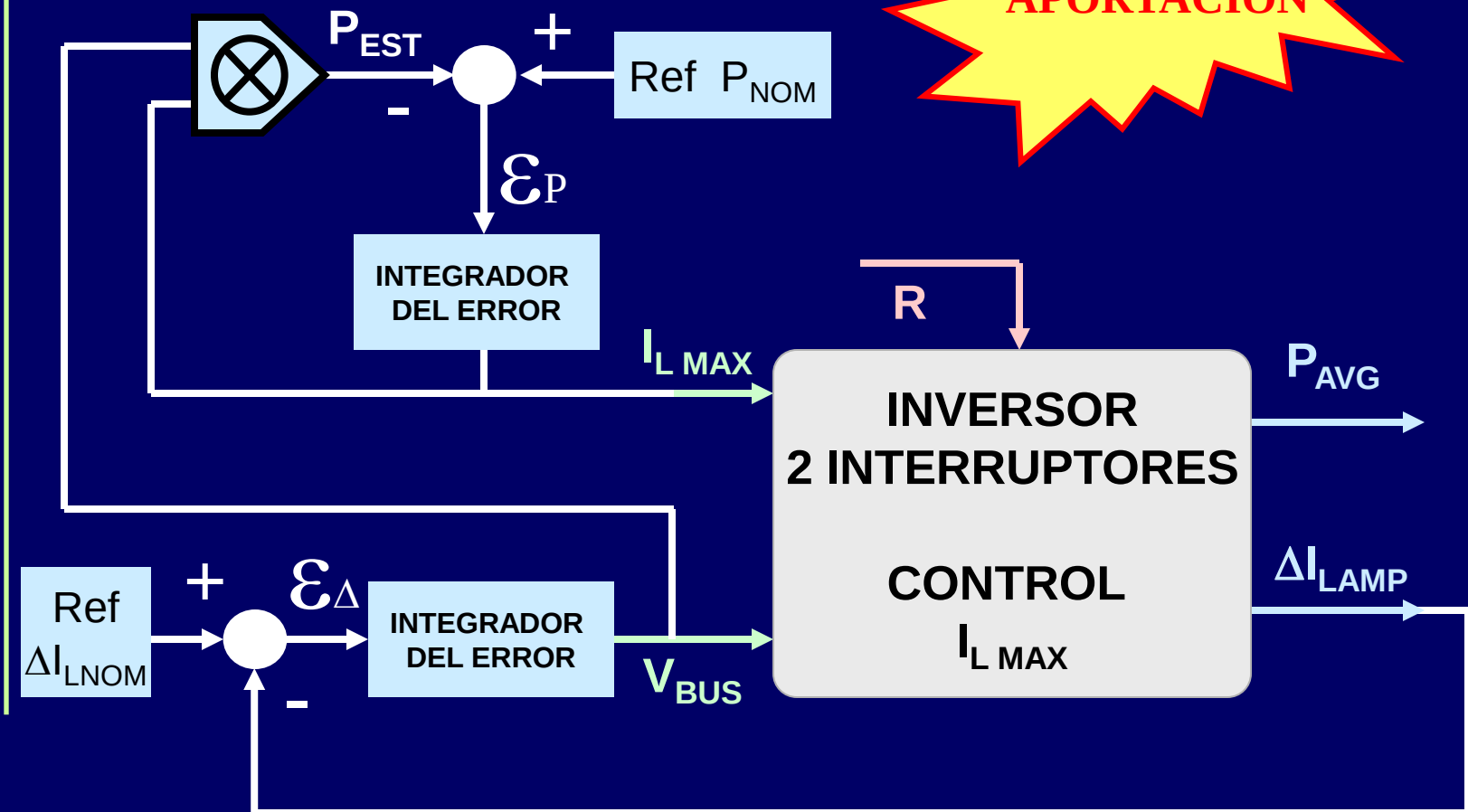


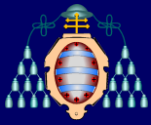


Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Control de Variación de



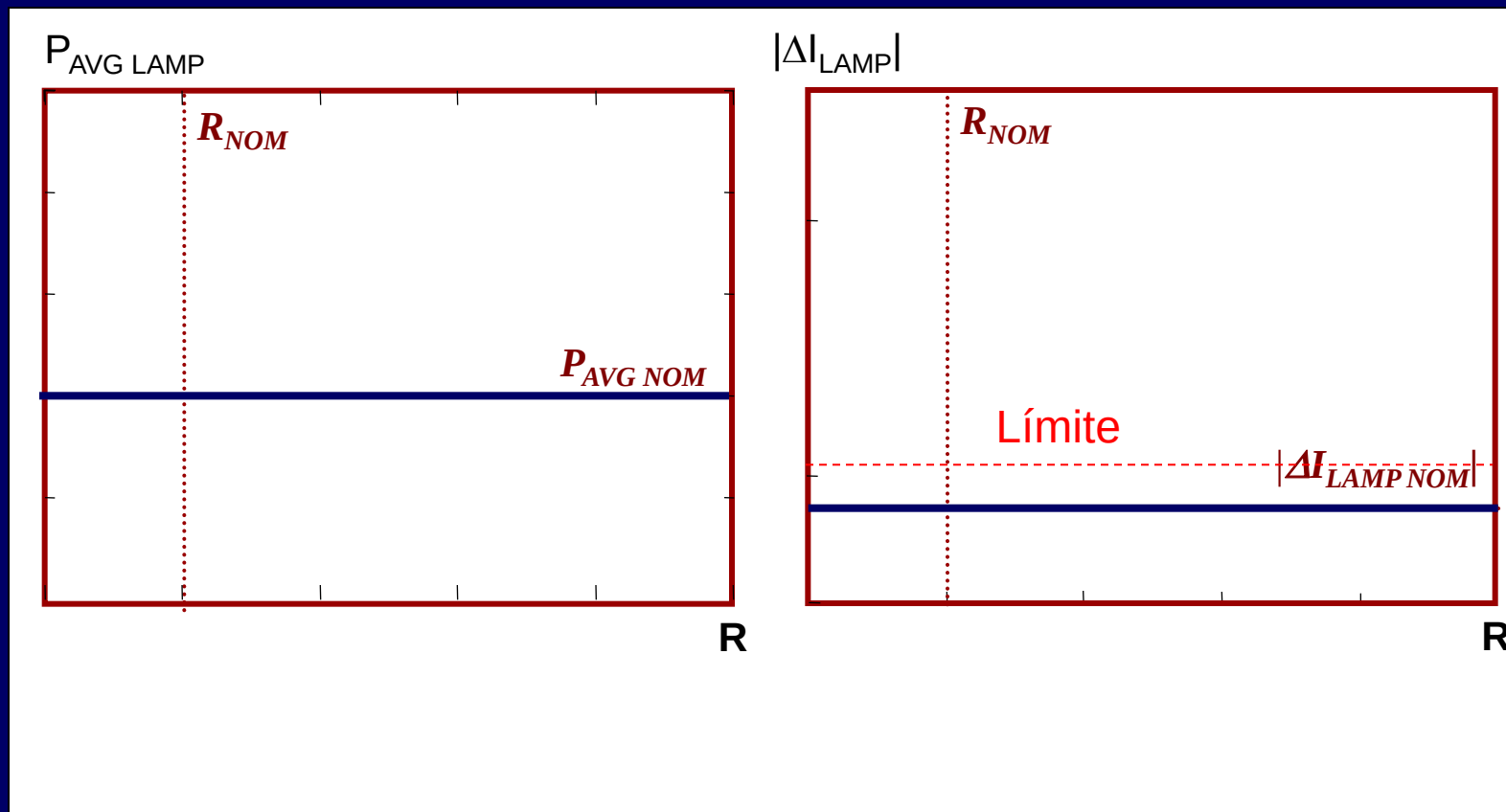


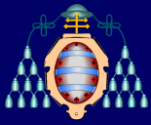
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 2 Interruptores : Control de Variación de Parámetros

CARACTERÍSTICAS IDEALES





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

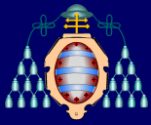
Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 4 Interruptores



Análisis Teórico

Inversor de 4 Interruptores :
Etapa de Potencia

Expresiones Matemáticas de:

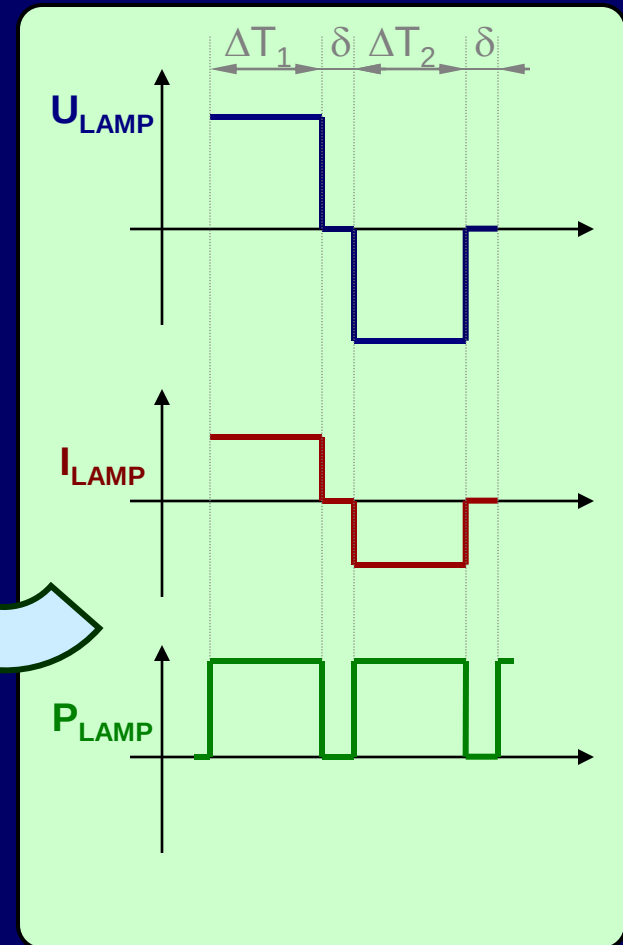
$$\square P_{LAMP\ AVG} = f_1 (V_{bus}, R, \delta)$$

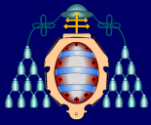
$$\square |\Delta I_{LAMP}| = f_2 (V_{bus}, R, \delta)$$

PARÁMETRO DE CONTROL:

δ

$$\delta \leq 2,4\%$$





Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

Inversor de 2 Interruptores

- Etapa de Potencia ✓
- Métodos de Control en Cadena Abierta ✓
- Limitaciones del Control en Cadena Abierta ✓
- Control con Variación de Parámetros ✓

~~Inversor de 4 Interruptores~~



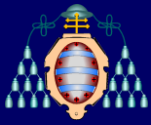
Inversores Propuestos

Análisis Teórico

Selección de los inversores óptimos

Etapa de Potencia	Control		Sistema Estable	Inmune a
	Modo	Parámetros		
1 Int.	Tensión	Freq-Duty	NO	-
1 Int.	Corriente	$I_{L\ MAX}-T_{OFF}$	SÍ	T_{OFF}
1 Int.	Corriente	$I_{M\ MAX}-T_{OFF}$	SÍ	T_{OFF}
1 Int.	Corriente	$I_{L\ MAX}-\Delta I_L$	SÍ	ΔI_L

Etapa de Potencia	Control		Sistema Estable
	Modo	Parámetros	
2 Int.	Tensión	Frecuencia	NO
2 Int.	Corriente	$I_{L\ MAX}$	SI
2 Int.	Corriente	ΔI_L	NO



Análisis Teórico

Inversor de 1 Interruptor

Control Modo Corriente en el Interruptor

Corriente Máxima ($I_{M\ MAX}$) y Tiempo de Apagado (T_{OFF})

Realimentación para Obtener $D=0,5$

Estimación de Potencia Media

Inversor de 2 Interruptores

Control Modo Corriente en la Bobina

Corriente Máxima ($I_{L\ MAX}$) (fijando $D=0,5$)

Realimentación para Obtener Mínimo Rizado

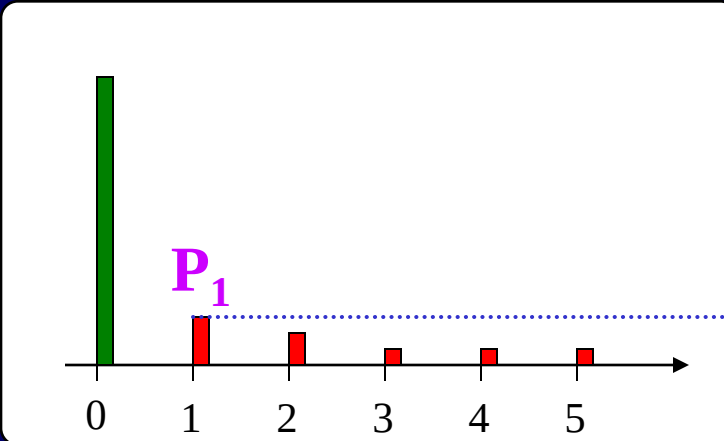
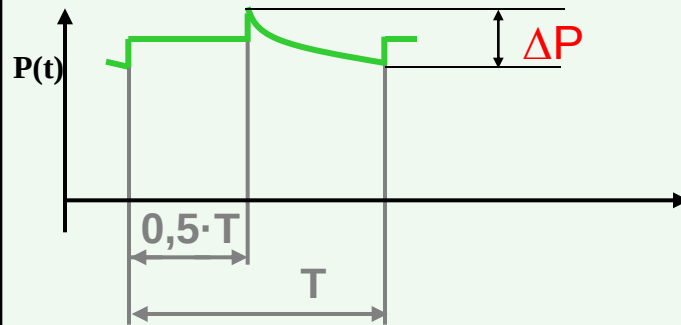
Estimación de Potencia Media



Inversores Propuestos

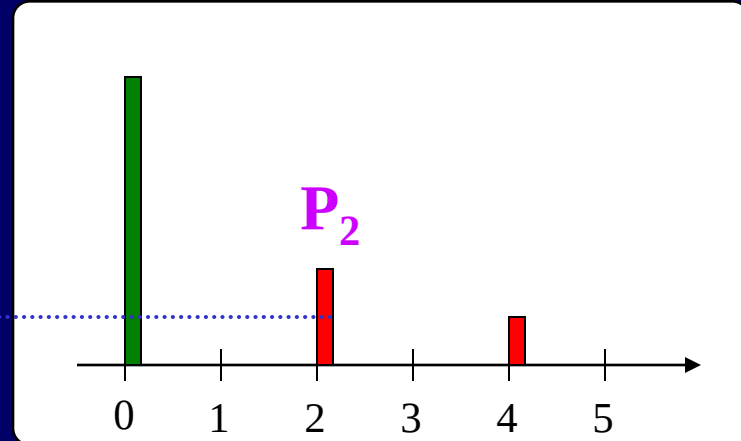
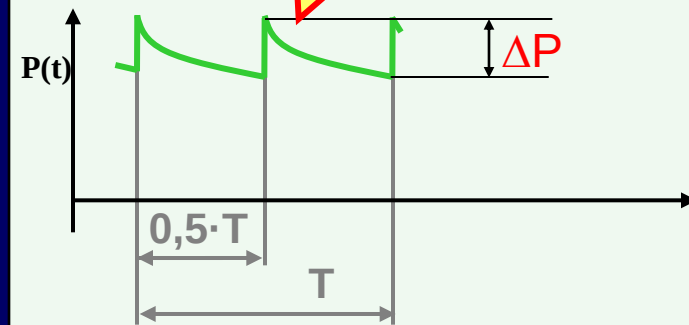
Análisis Teórico

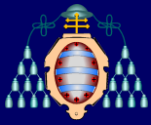
Inversor de 1 Interruptor



Inversor de 2 Interruptores

APORTACIÓN





Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

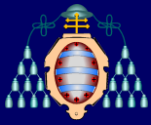
Prototipos Construidos, Experimentos Realizados. Resultados

Arrancadores para Lámparas de Descarga

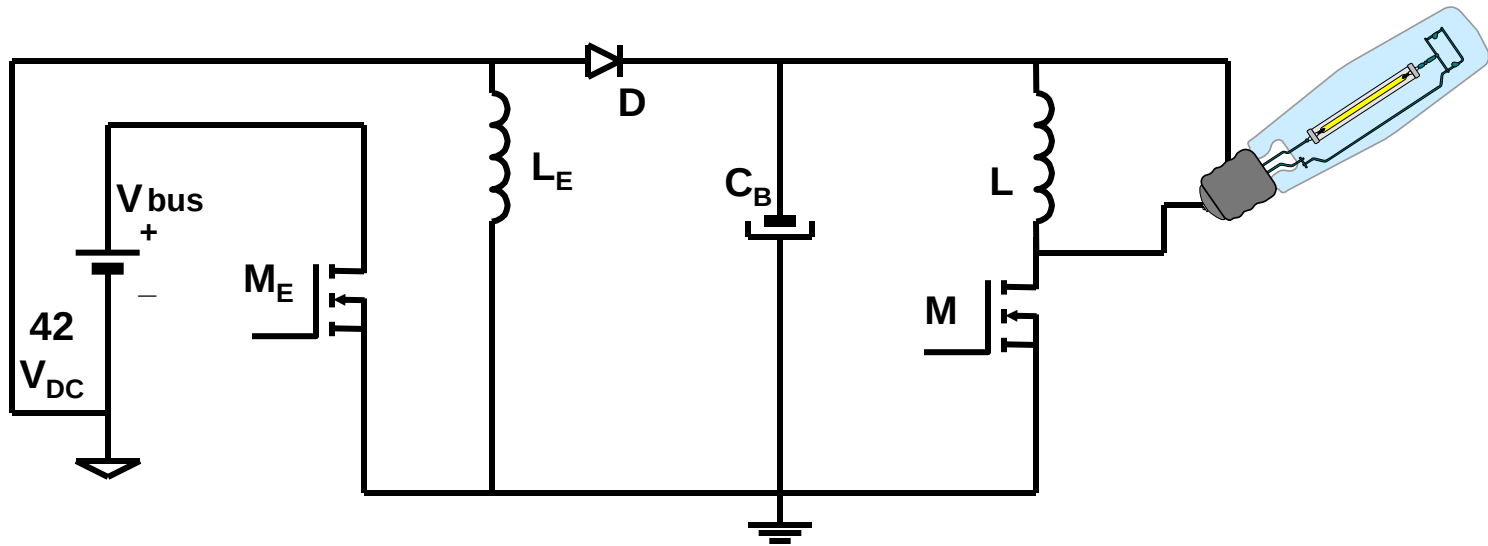
Conclusiones

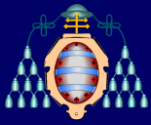
Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



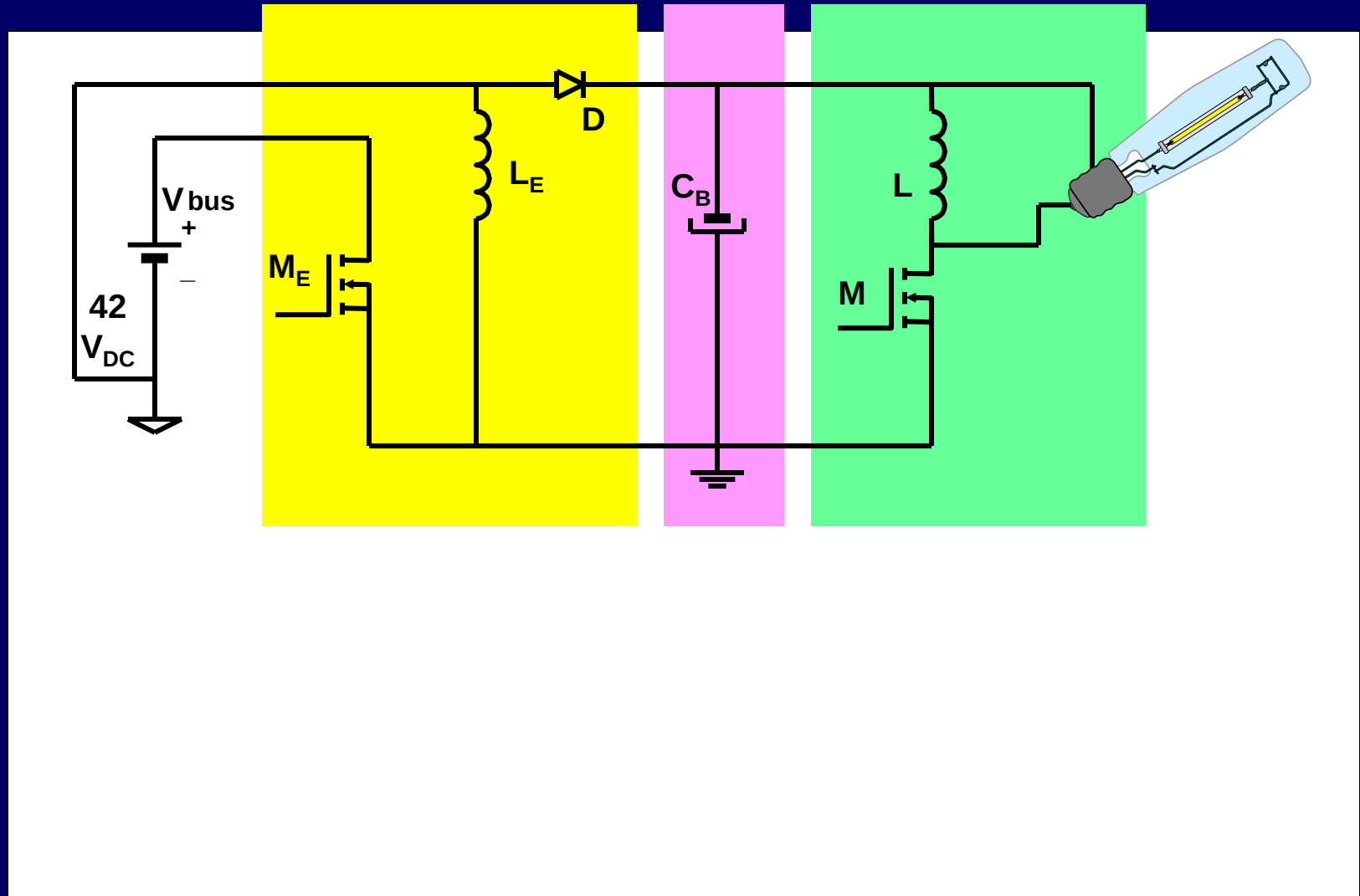
Prototipos Construidos

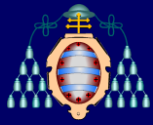




Inversores Propuestos

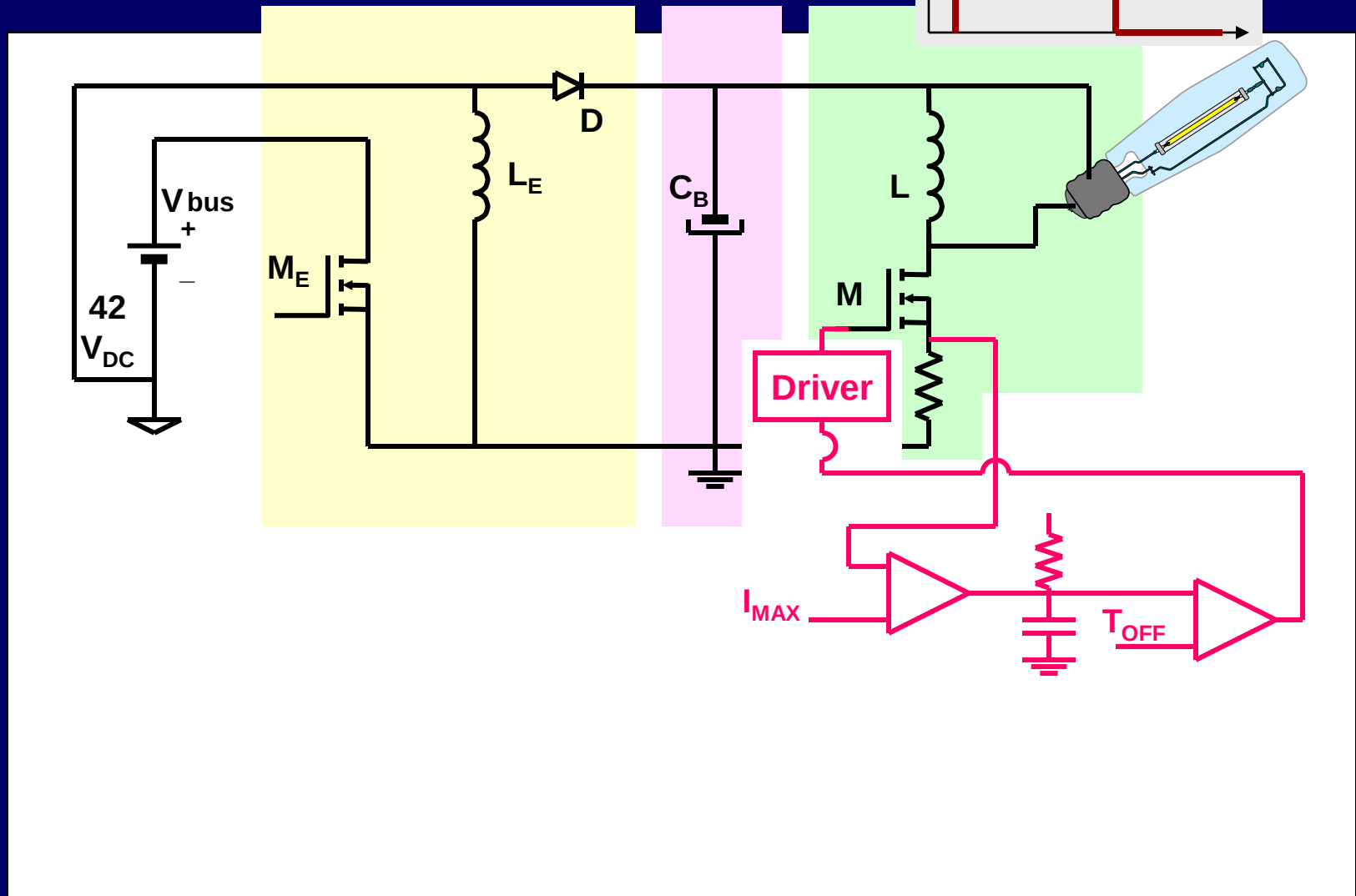
Prototipos Construidos

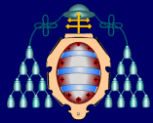




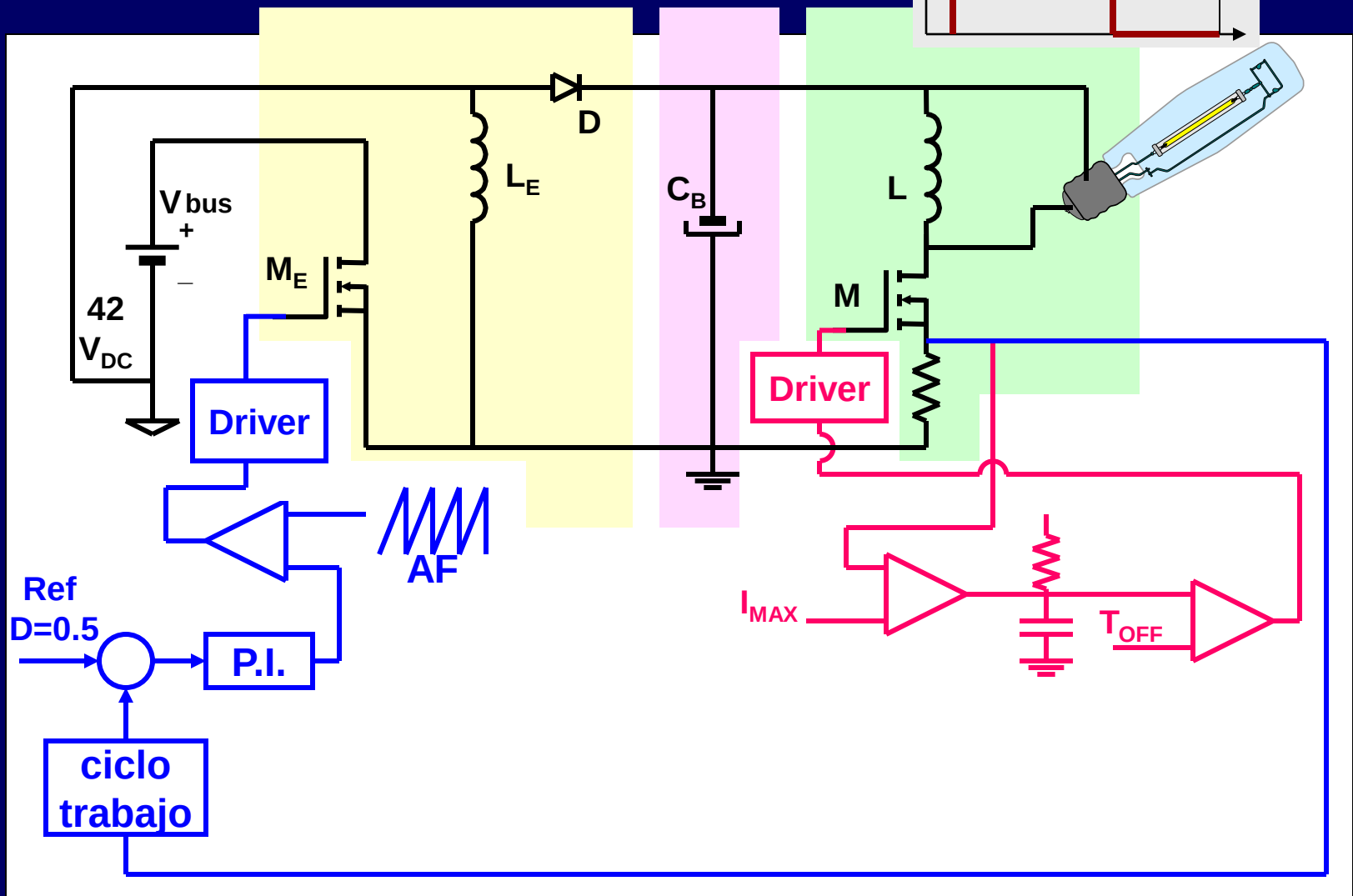
Inversores Propuestos

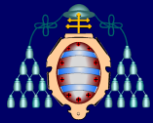
Prototipos Construidos



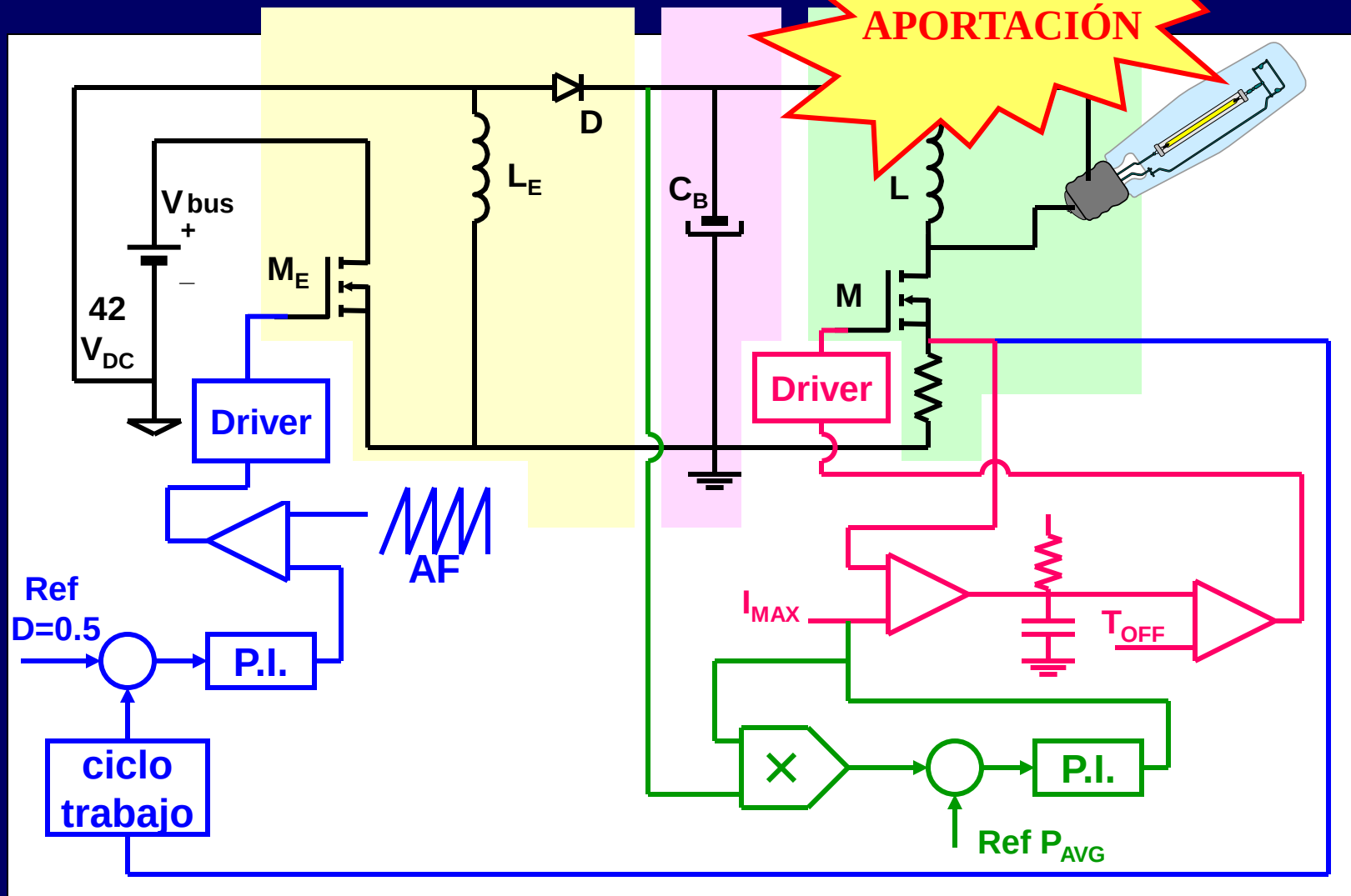


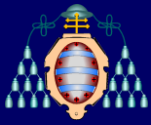
Prototipos Construidos



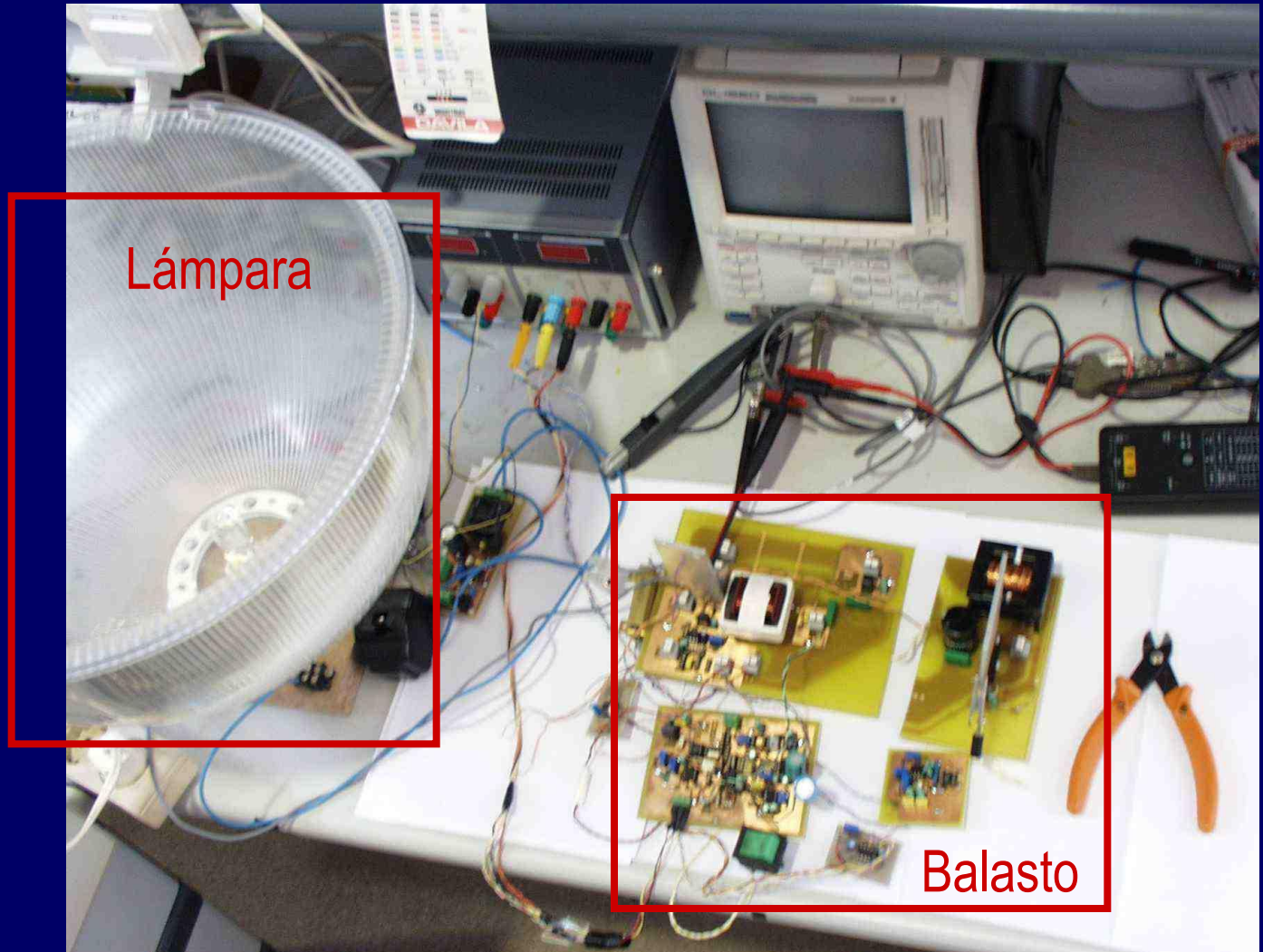


Prototipos Construidos





Prototipos Construidos





Inversores Propuestos

Prototipos Construidos

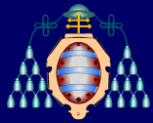
Inversor
Control $I_{MAX}-T_{OFF}$

Etapa de
Entrada

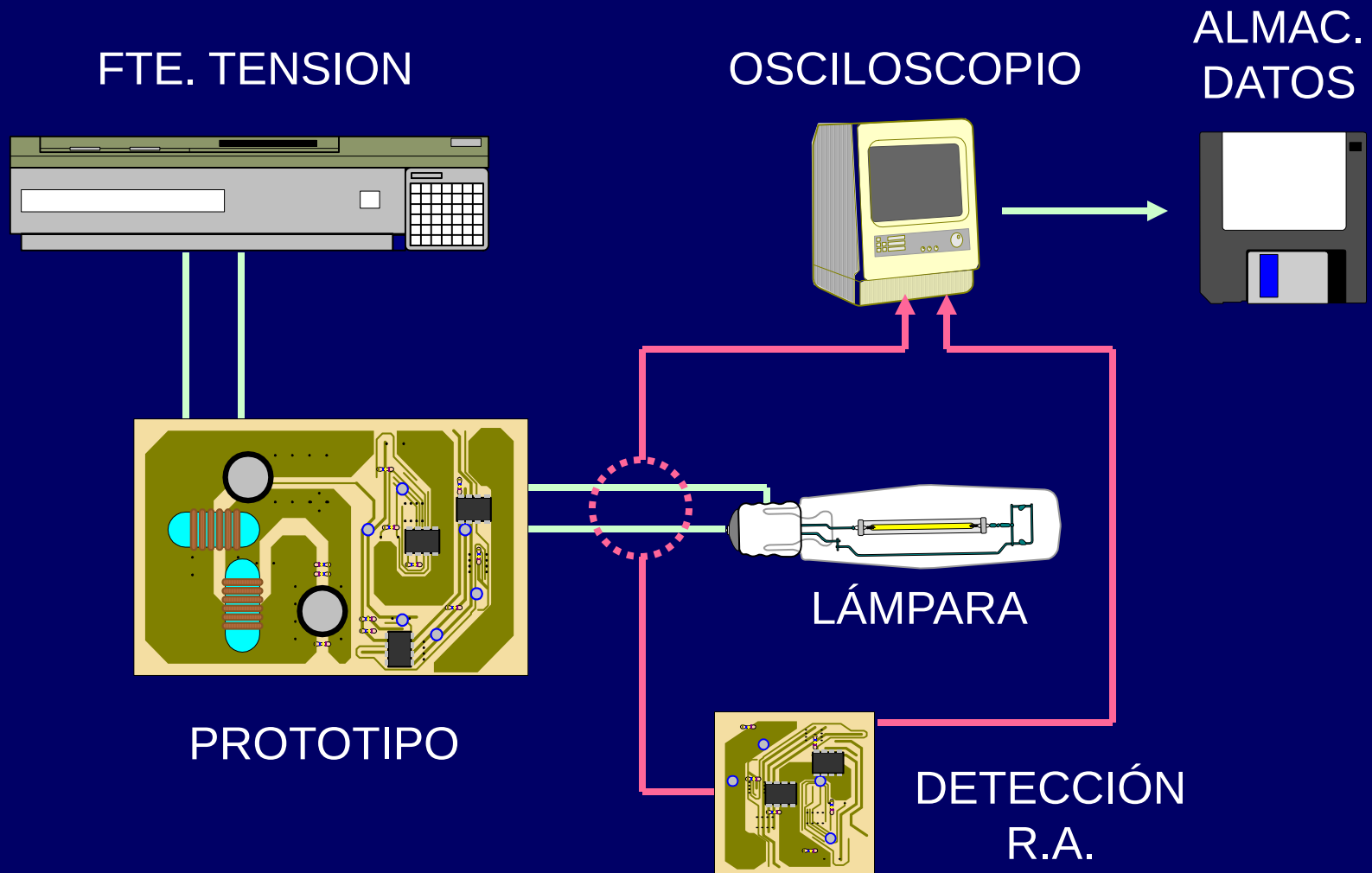
Medida
Ciclo
Trabajo

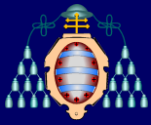
Estimación de P_{AVG}
Regulación I_{MAX}

Rampa AF
Regulación BUS



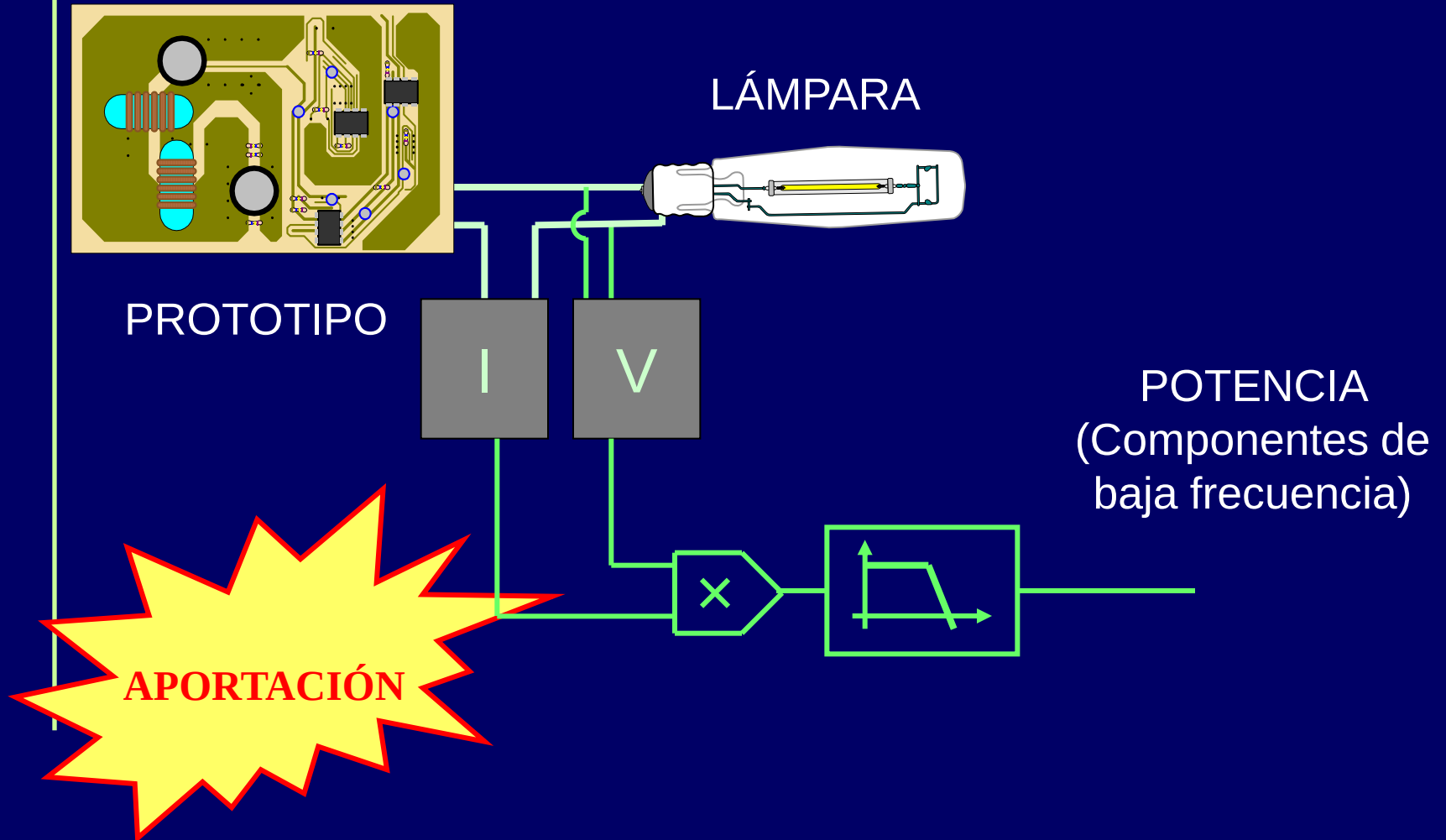
Resultados Experimentales

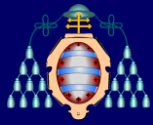




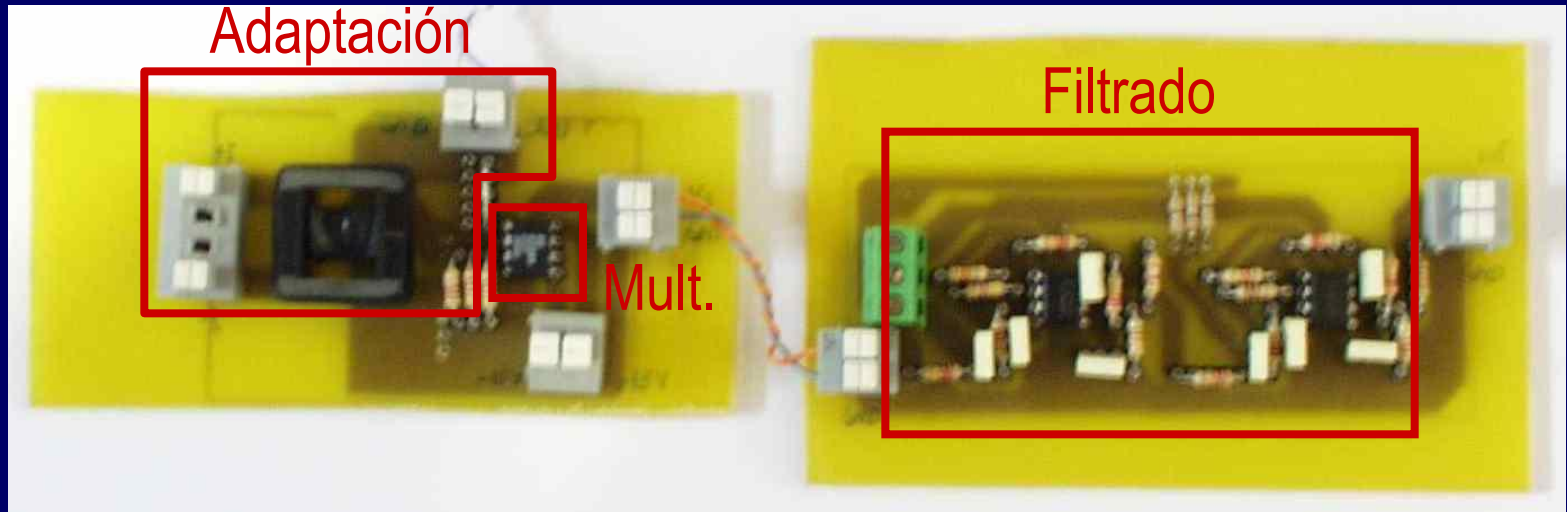
Inversores Propuestos

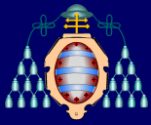
Medida de Resonancias





Medida de Resonancias





Resultados Experimentales

Lámparas Ensayadas:

Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)

Potencia Nominal: 70 W

OSRAM VIALOX NAV-T

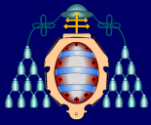
Halogenuros Metálicos (MH)

Potencia Nominal: 70 W

OSRAM HQI-T 70W/WDL UVS

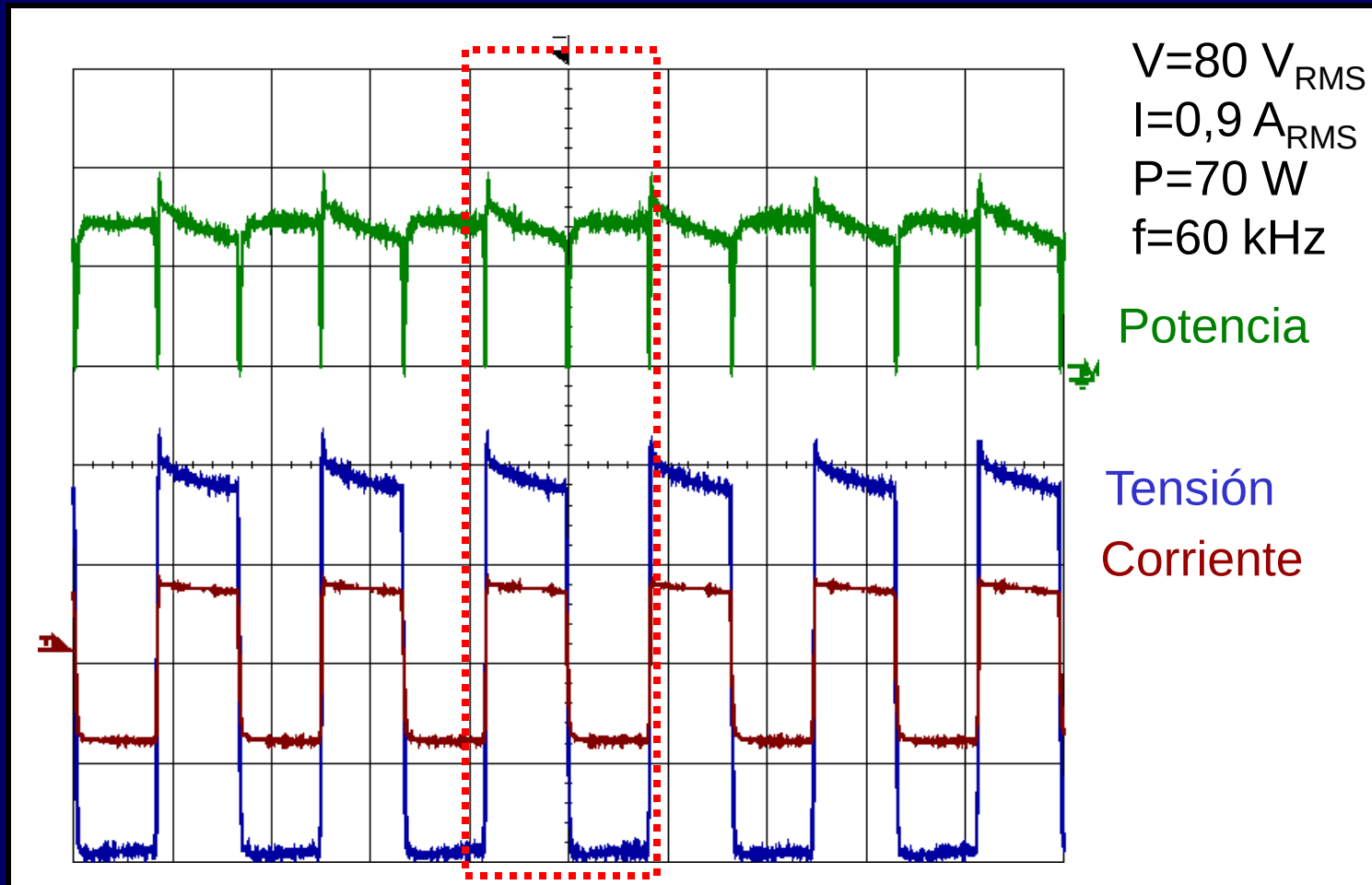
OSRAM HQI-T POWERSTAR 70W/NDL UVS

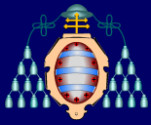
RESONANCIAS en
torno a 60 kHz
(Balasto senoidal AF)



Resultados Experimentales

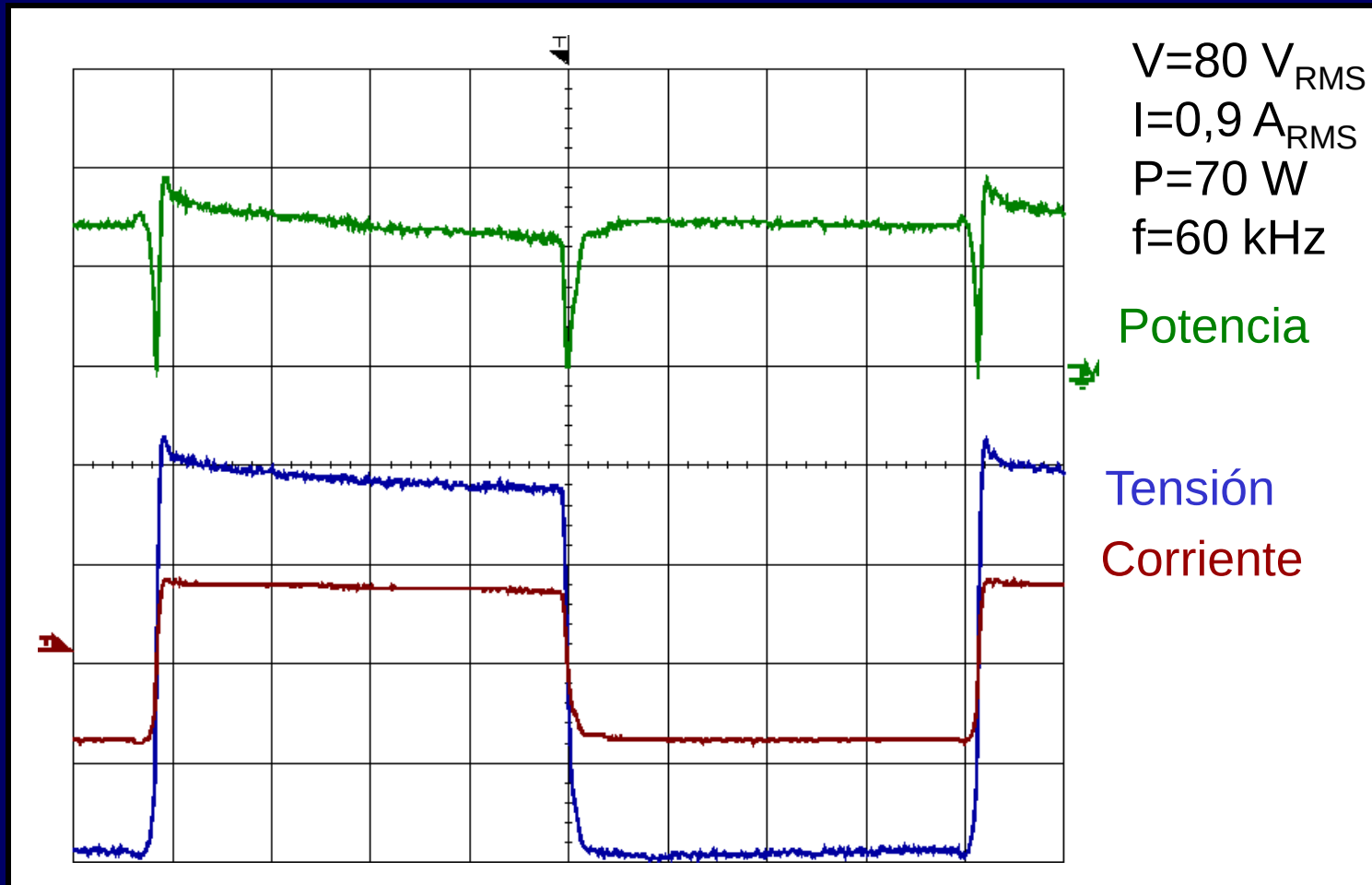
Halogenuros Metálicos (MH)

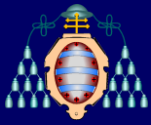




Resultados Experimentales

Halogenuros Metálicos (MH)

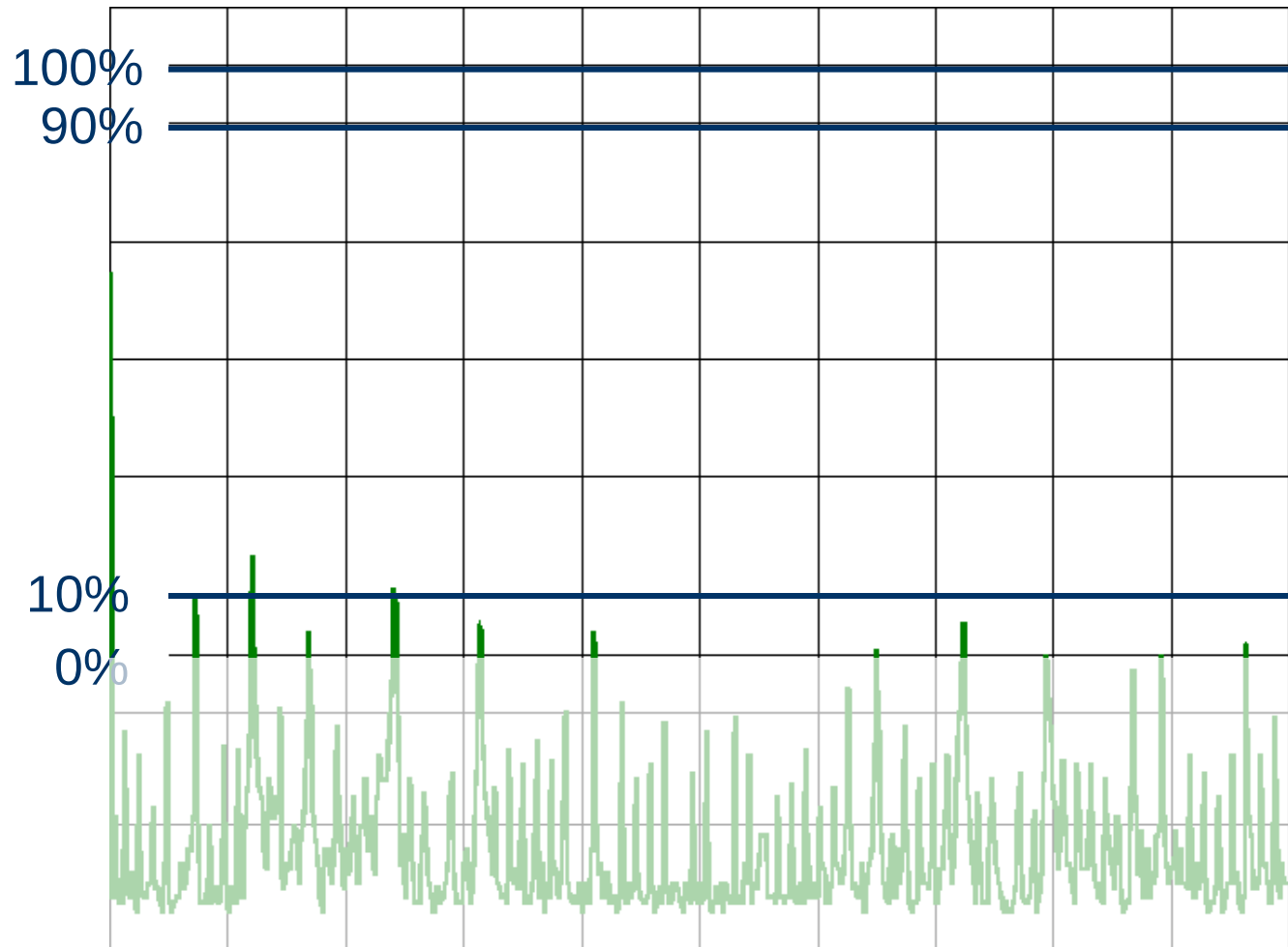
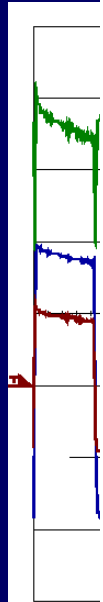


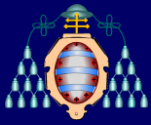


Inversores Propuestos

Resultados Experimentales

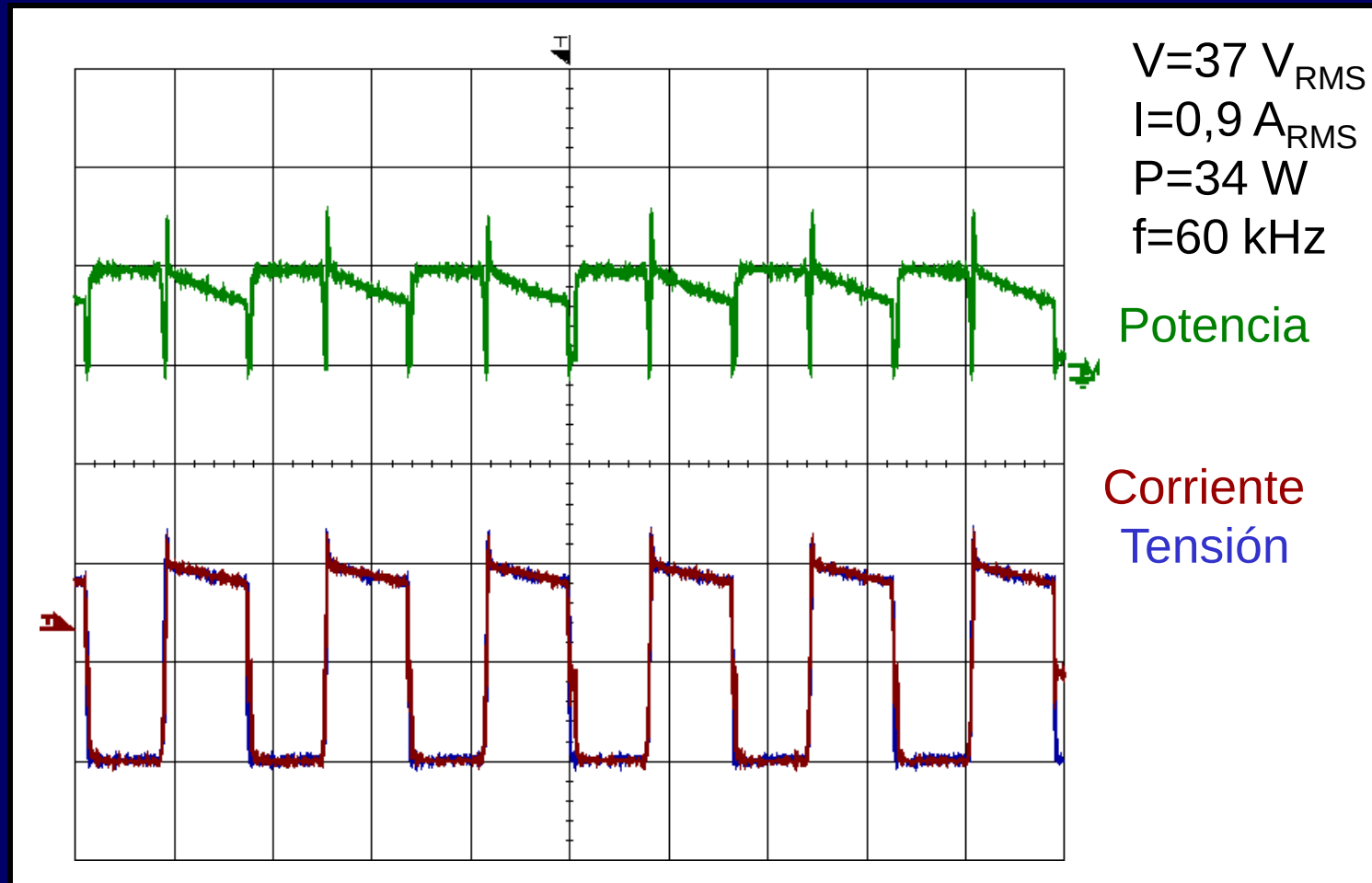
Heleceruras Metálicas (MLH)

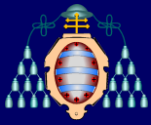




Resultados Experimentales

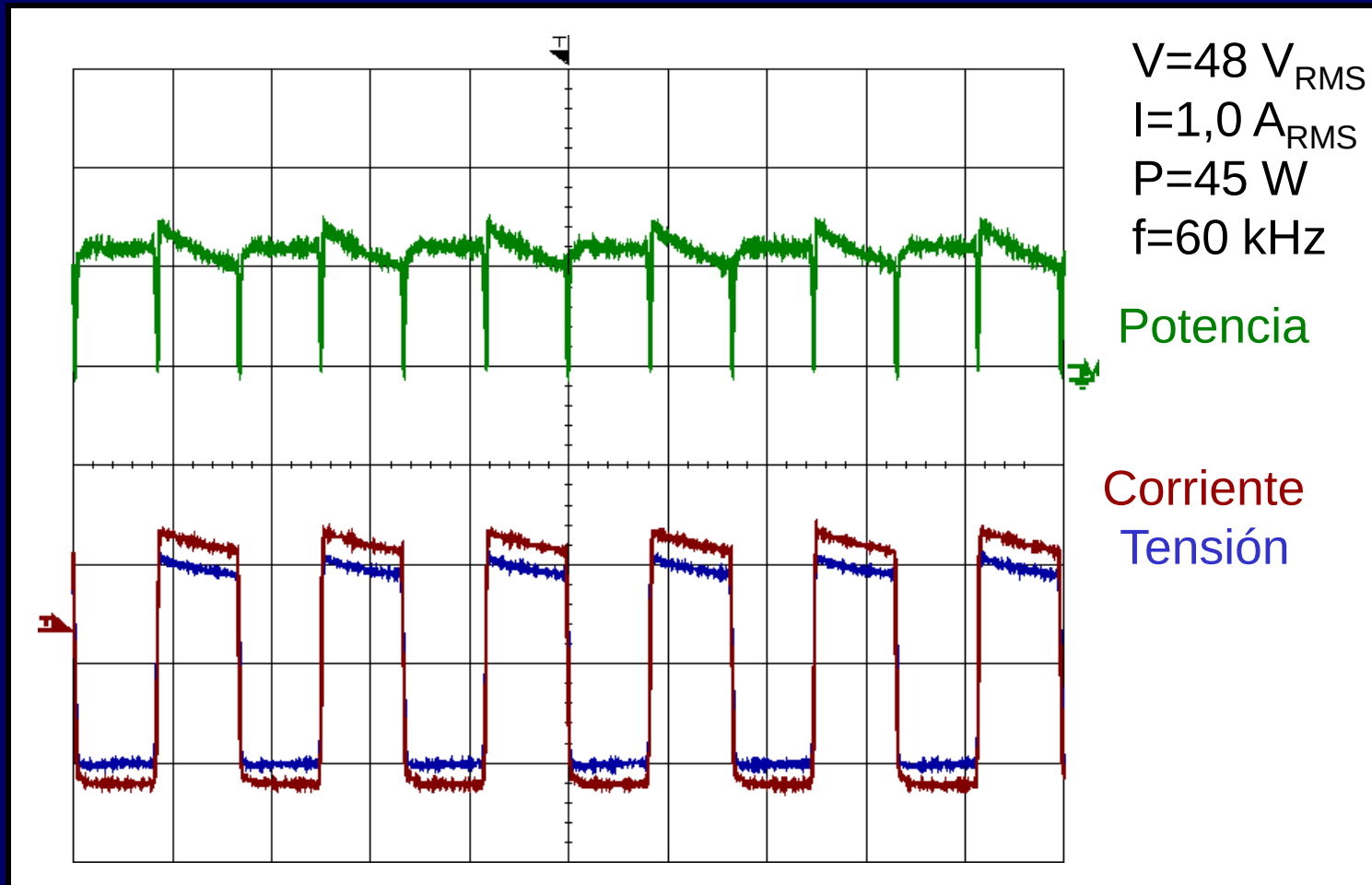
Halogenuros Metálicos (MH)





Resultados Experimentales

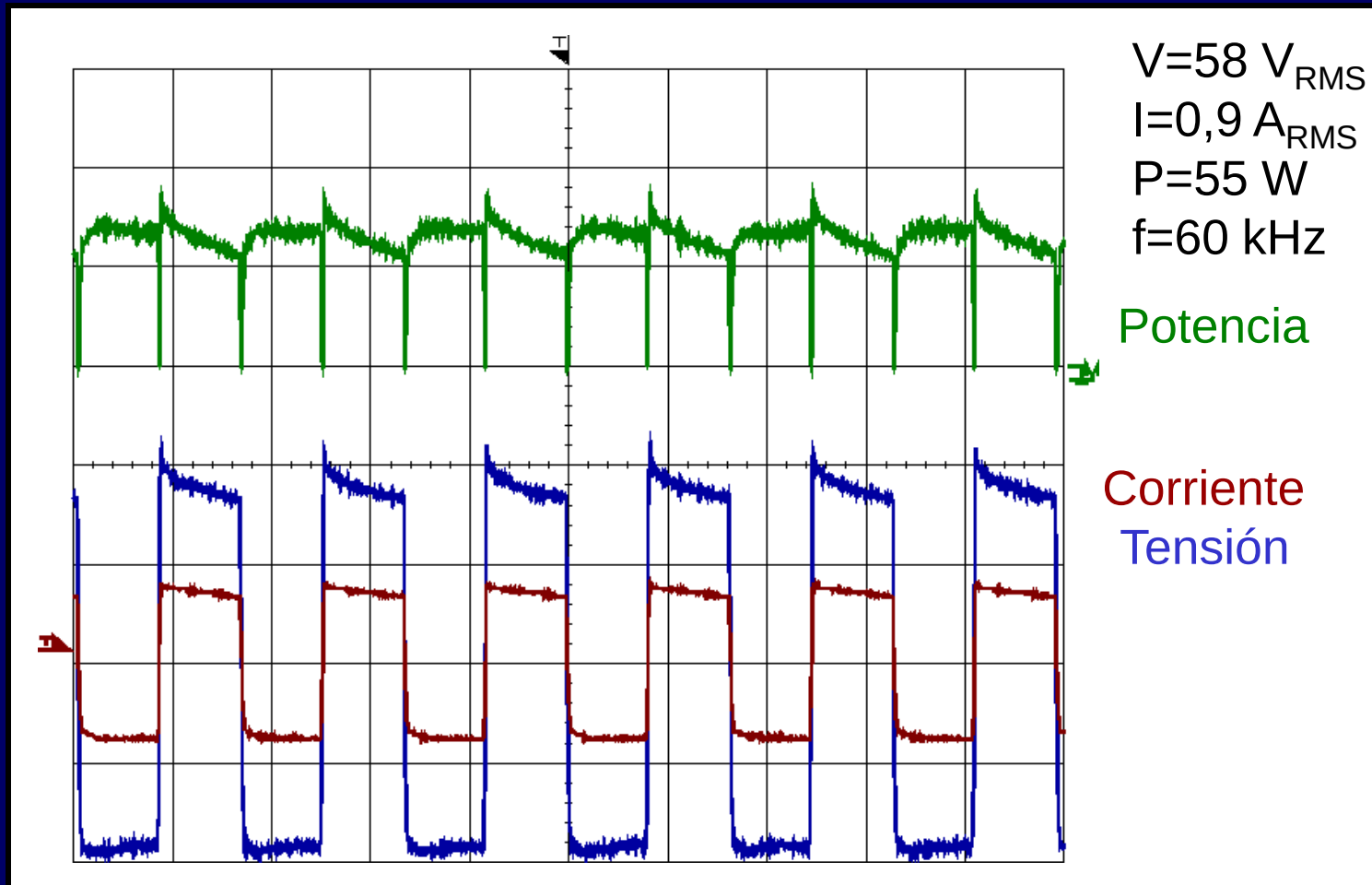
Halogenuros Metálicos (MH)

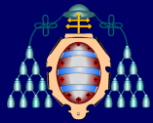




Resultados Experimentales

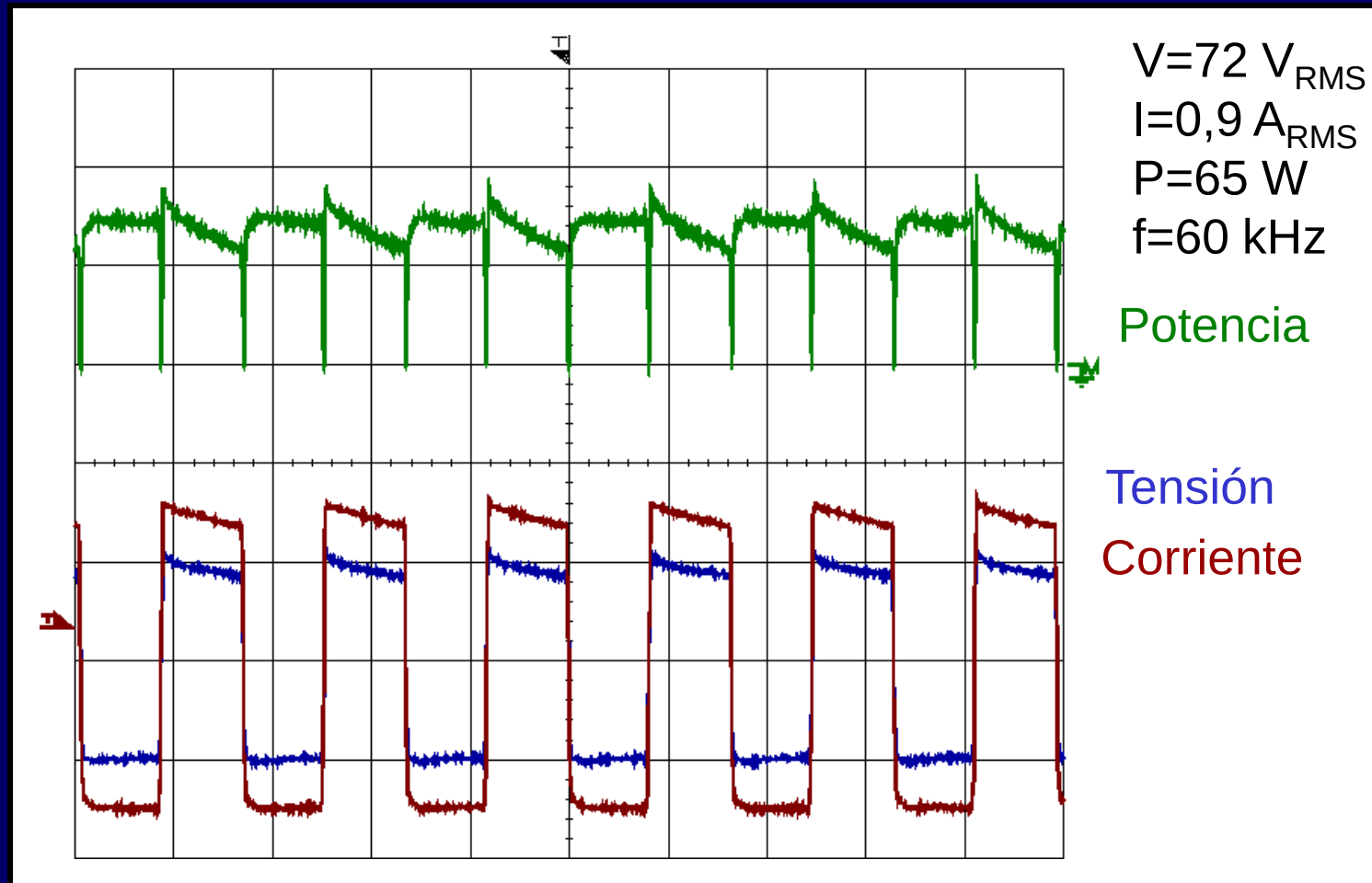
Halogenuros Metálicos (MH)

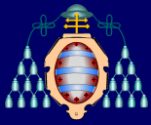




Resultados Experimentales

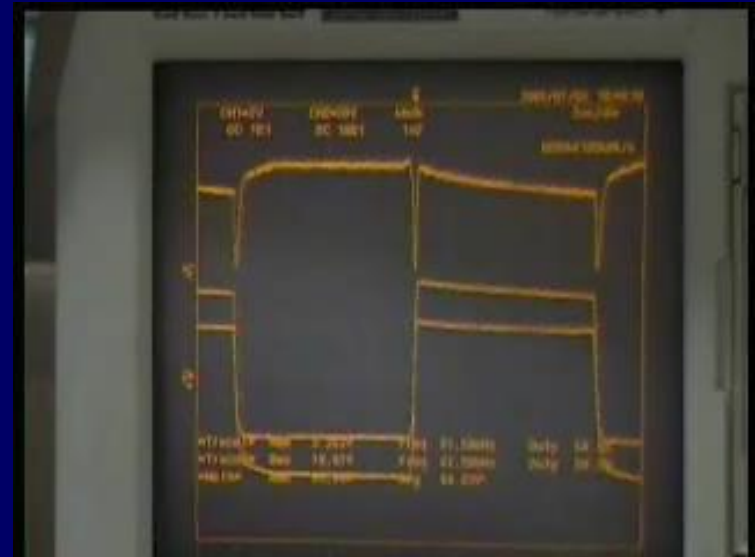
Halogenuros Metálicos (MH)

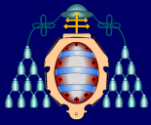




Resultados Experimentales

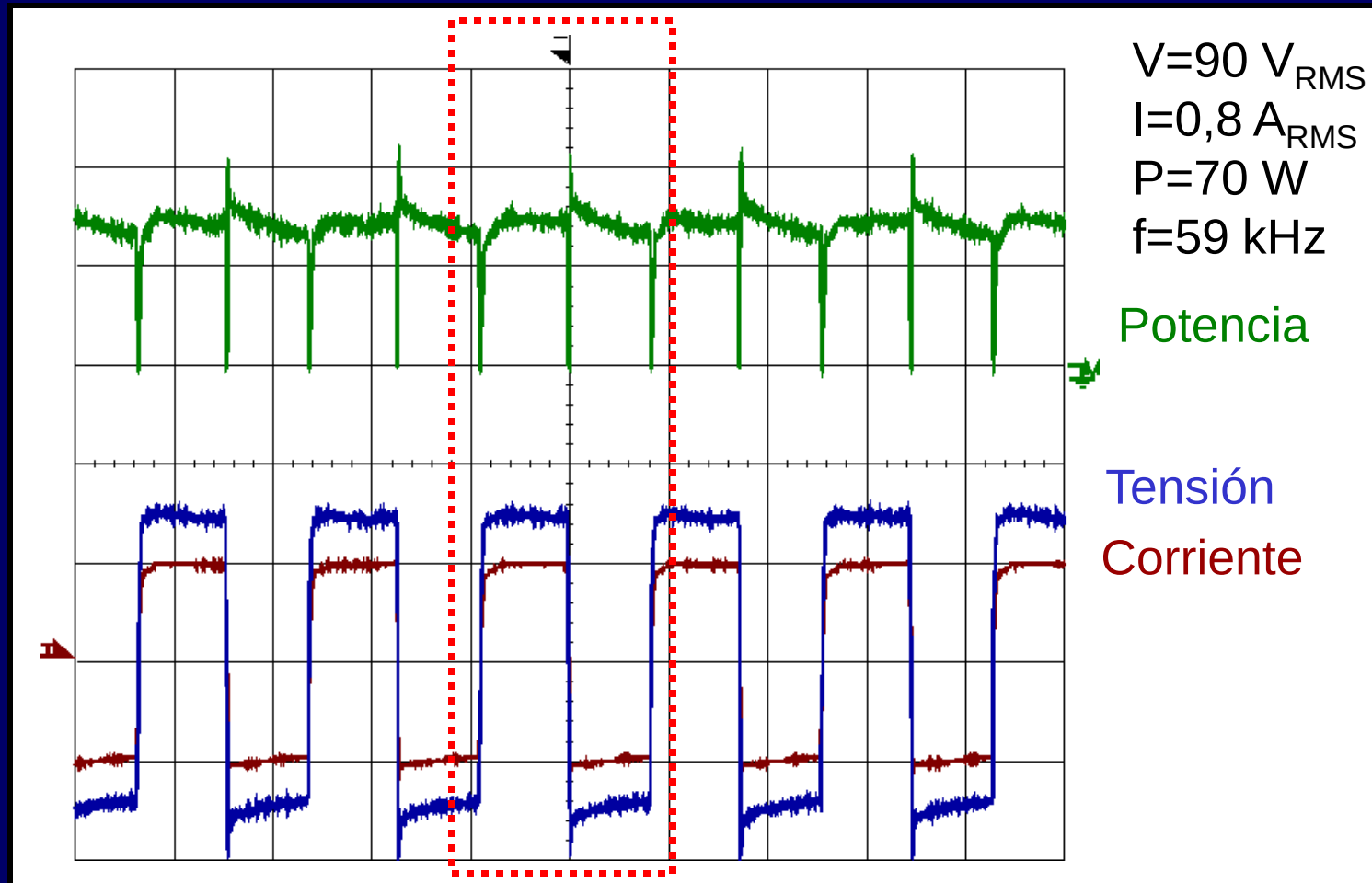
Halogenuros Metálicos (MH)

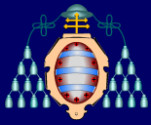




Resultados Experimentales

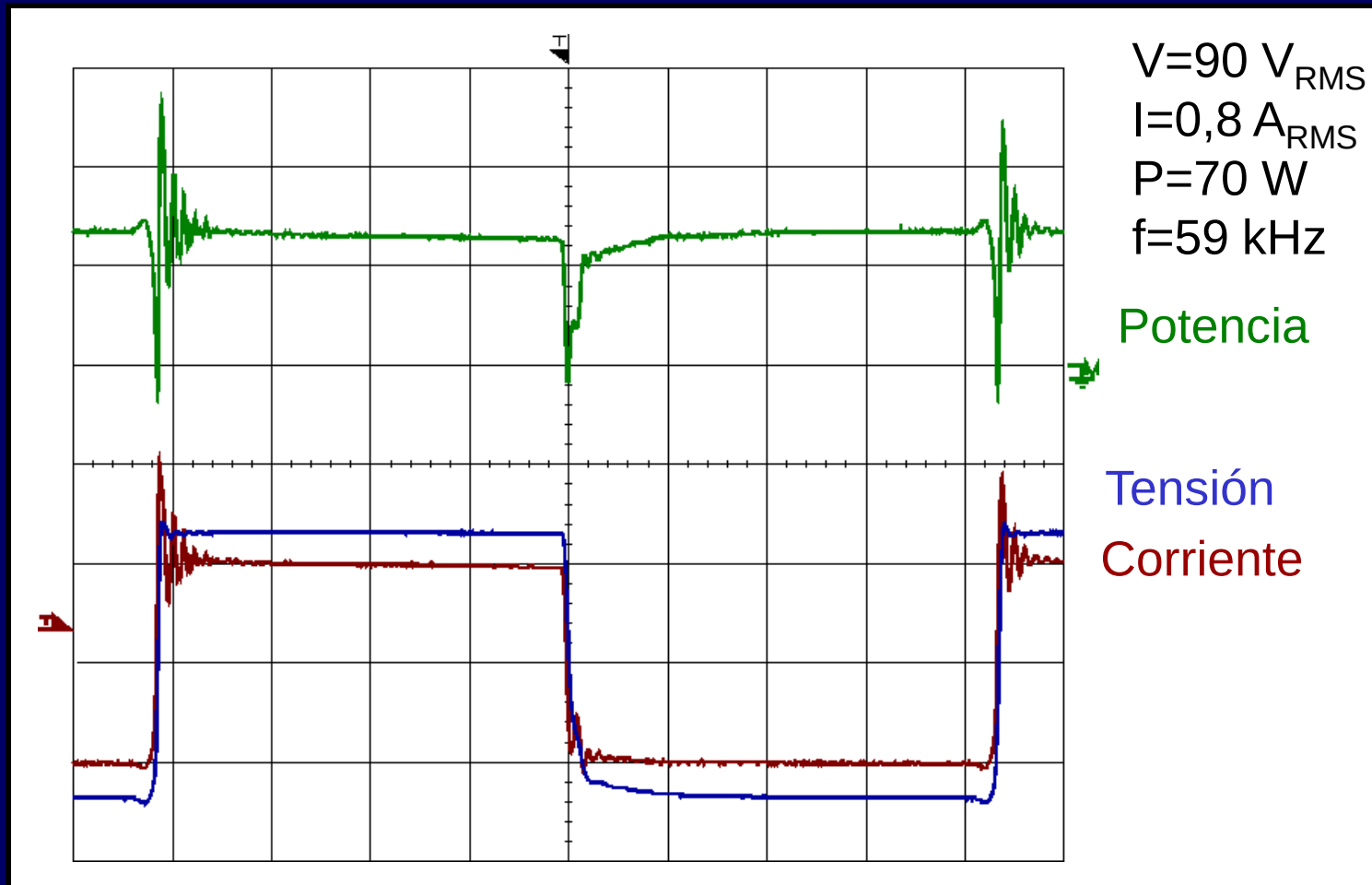
Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)





Resultados Experimentales

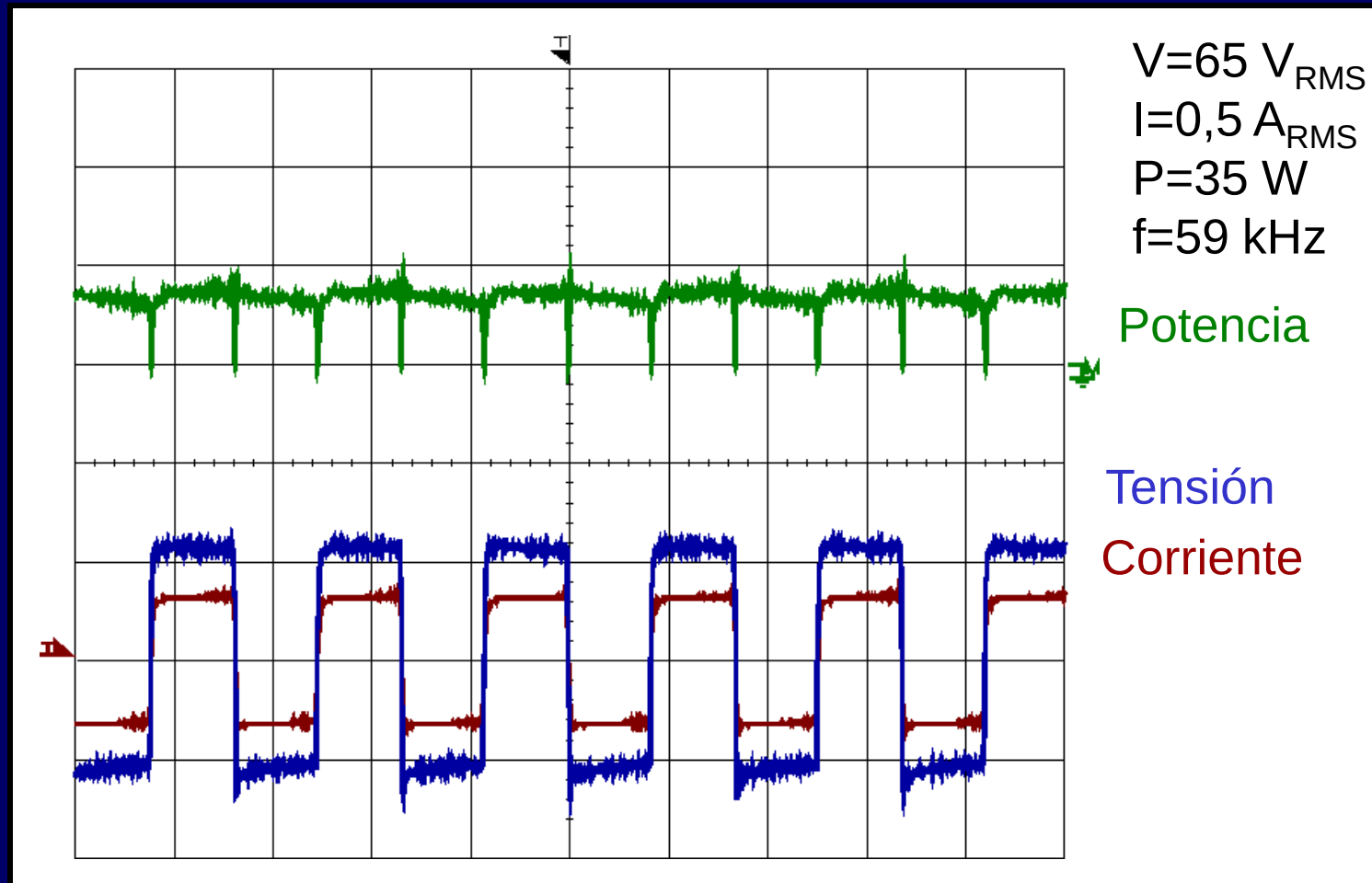
Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)

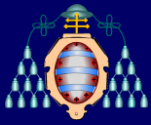




Resultados Experimentales

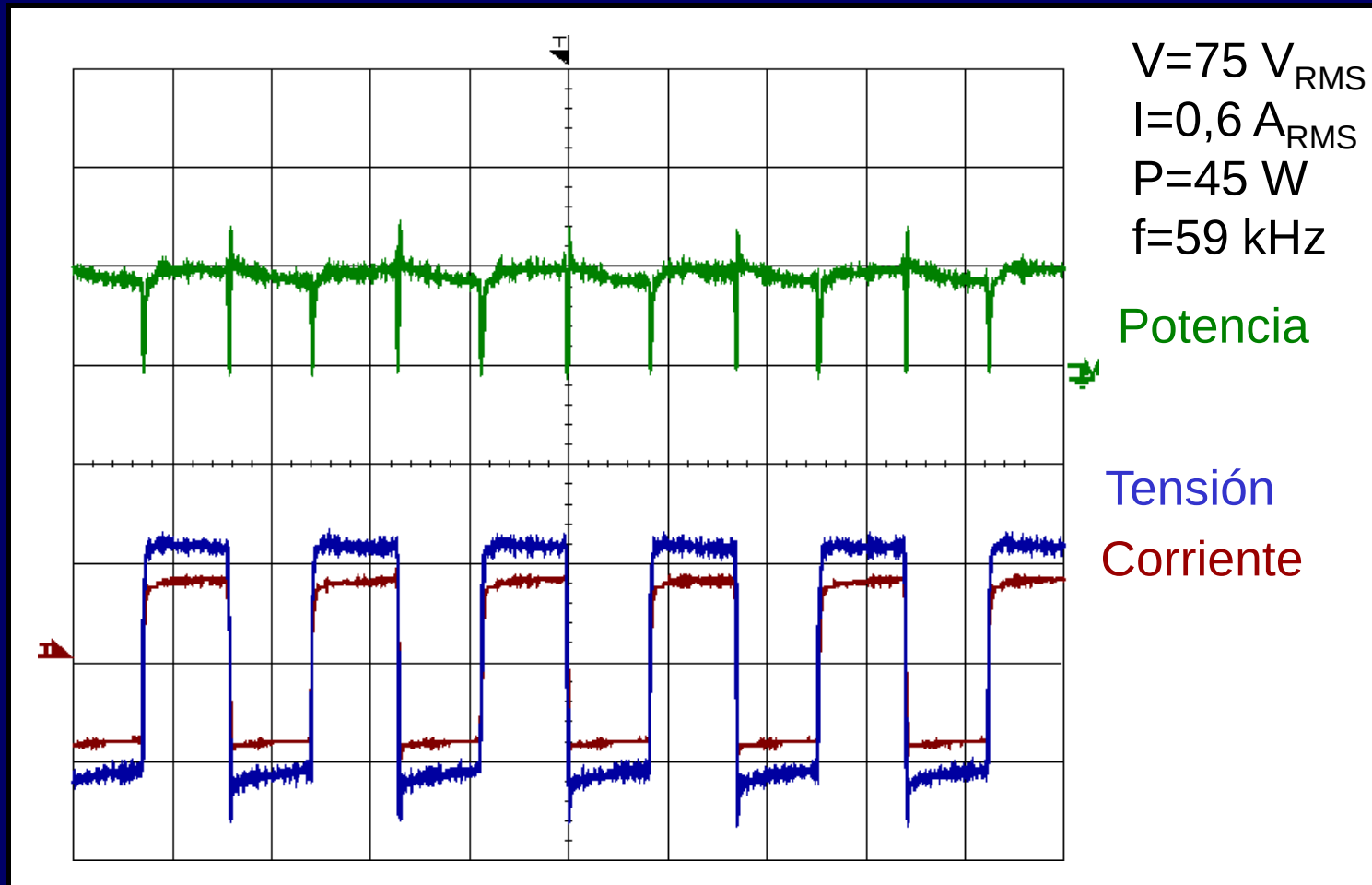
Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)





Resultados Experimentales

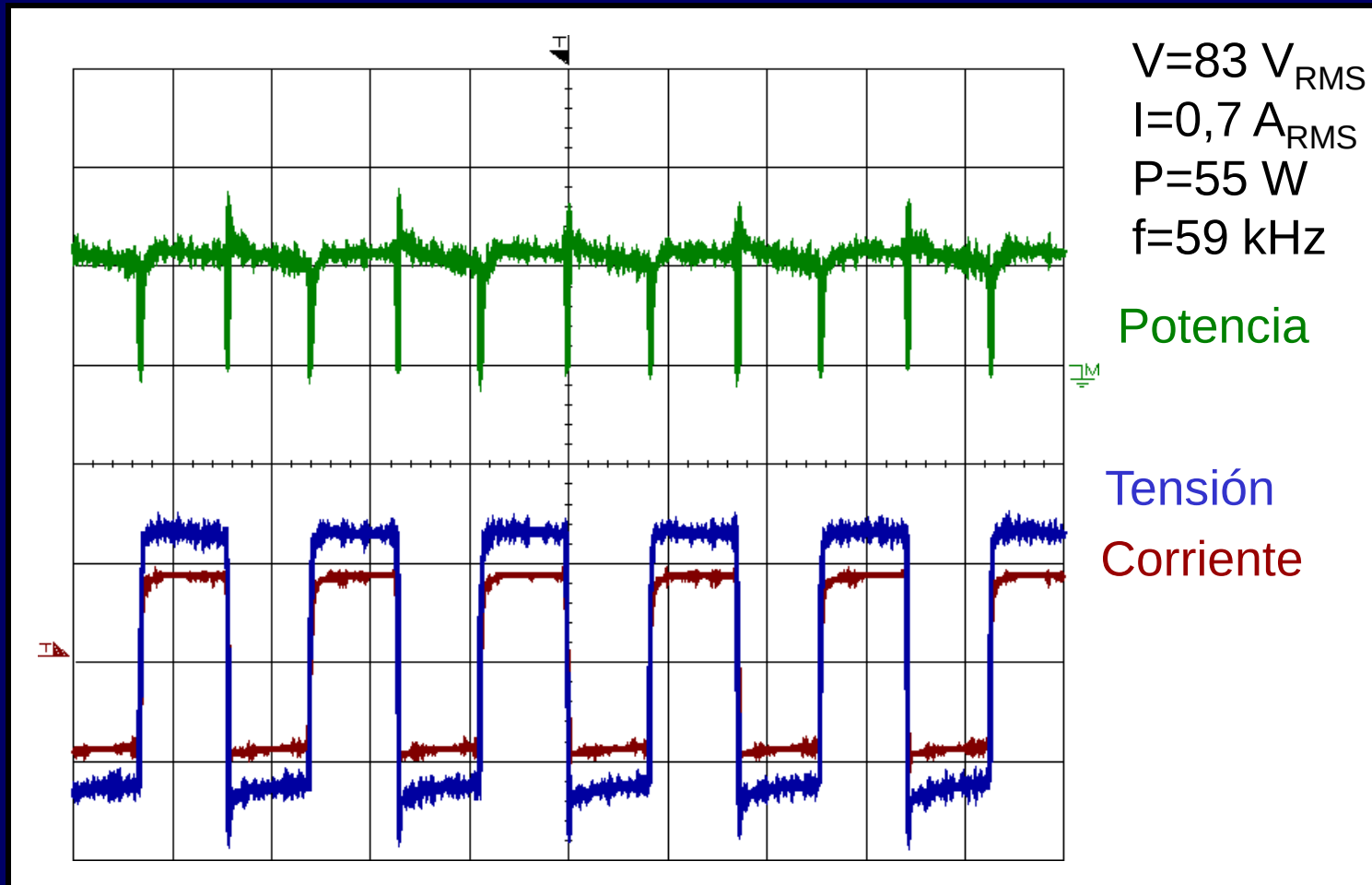
Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)





Resultados Experimentales

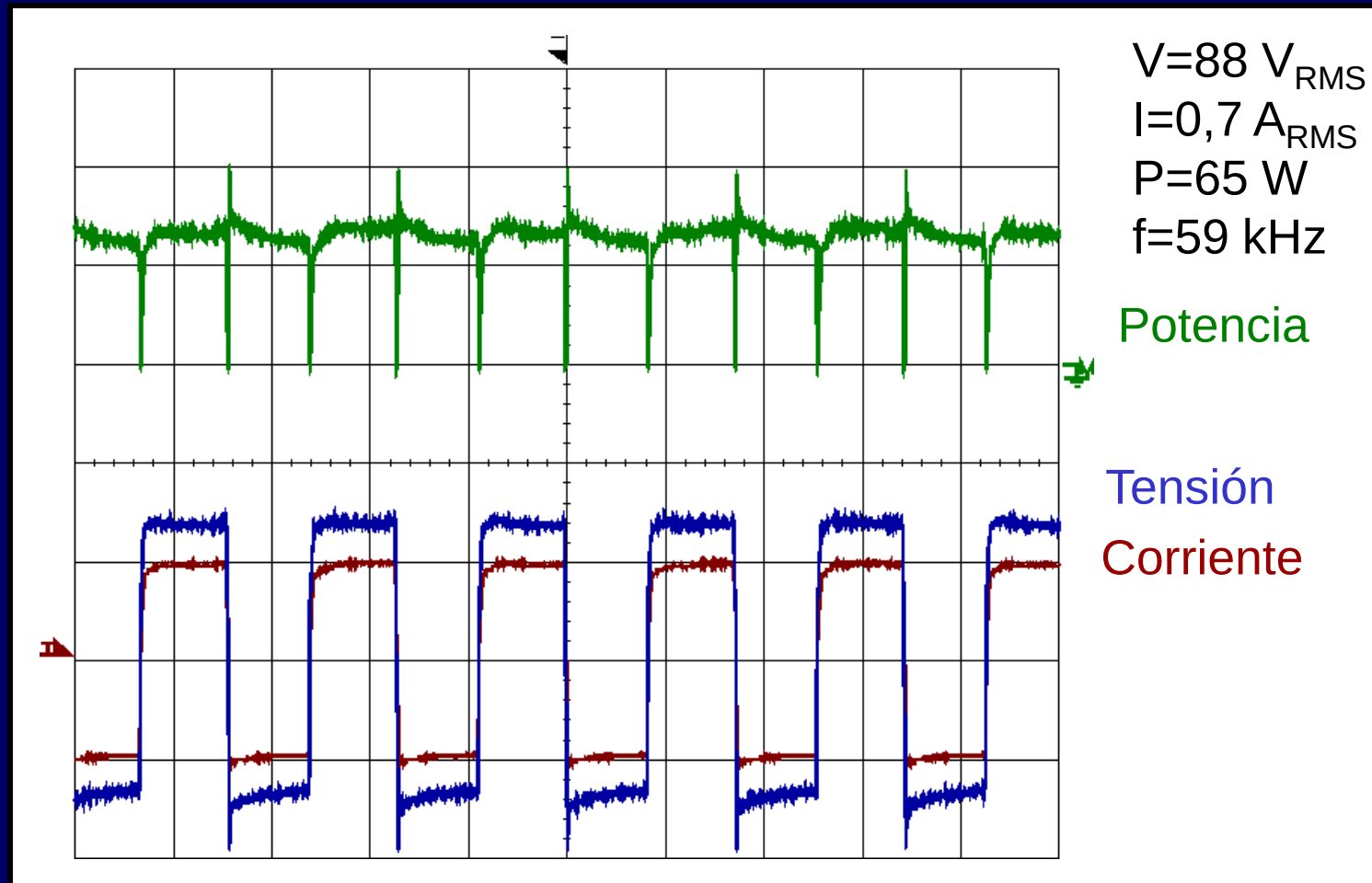
Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)

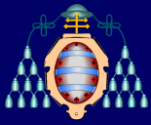




Resultados Experimentales

Vapor de Sodio a Alta Presión (HPS)





Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

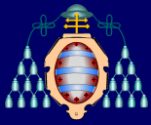
Prototipos Construidos, Resultados Experimentales

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

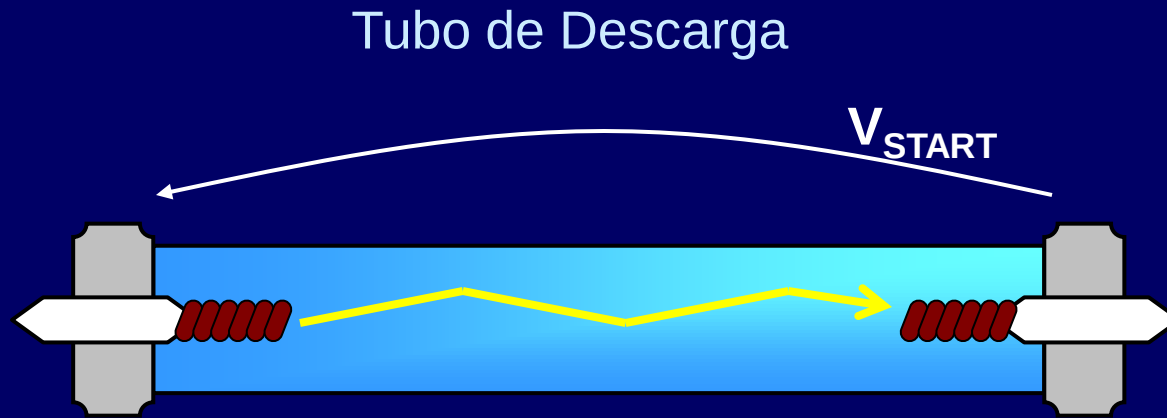
Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación

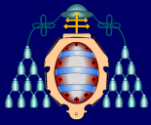


Arrancadores

El Proceso de Arranque



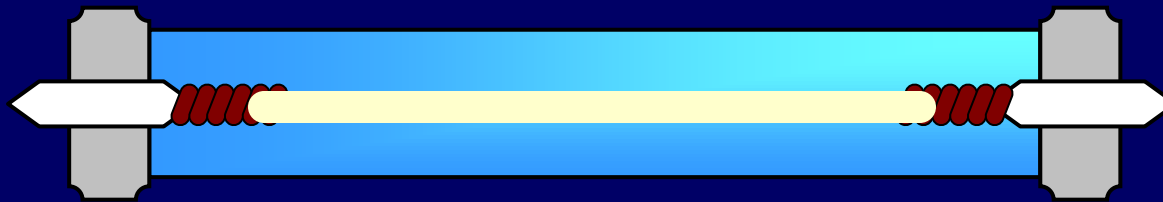
Temperatura Ambiente
Baja Presión de Vapor → **AISLANTE**



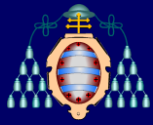
Arrancadores

El Proceso de Arranque

Tubo de Descarga



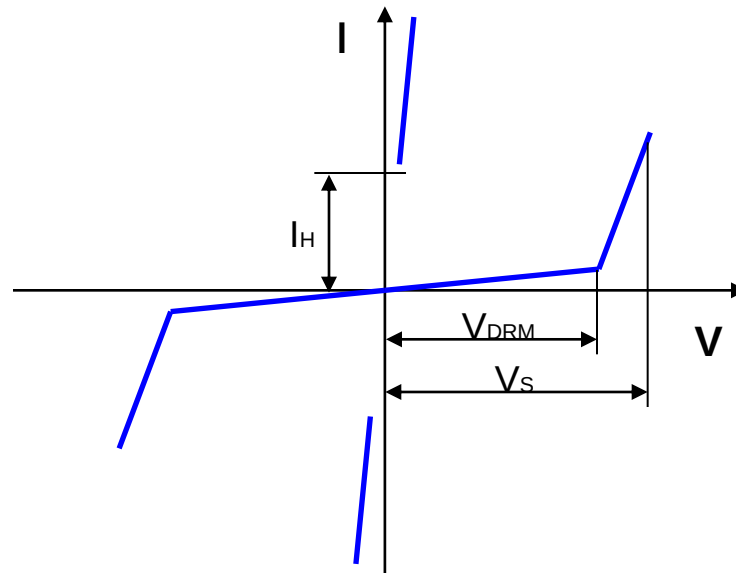
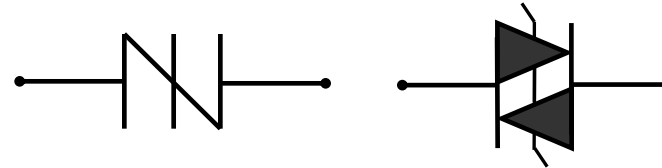
Elevada Tensión Inicial (2,5 – 2,8 kV)



Arrancadores

Dispositivos de Protección:

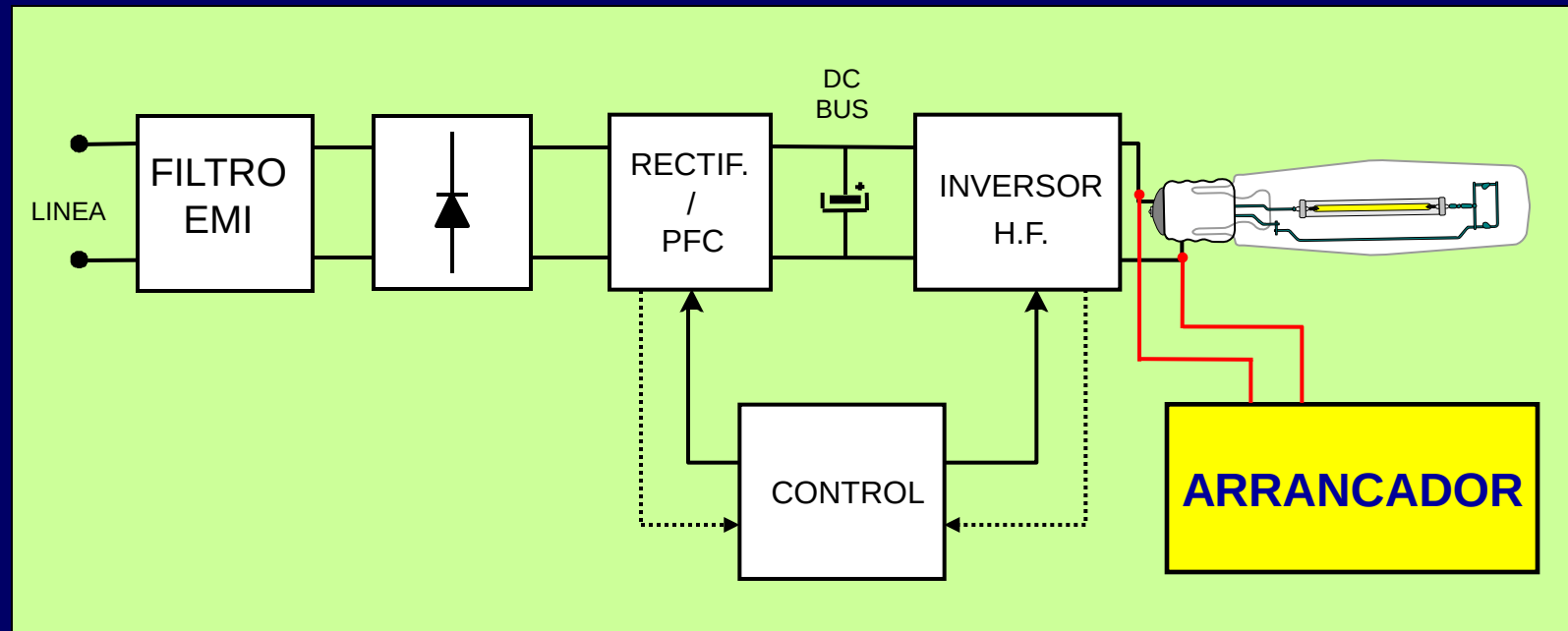
EI SIDAC

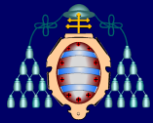




Arrancadores

Etapas de un Balasto

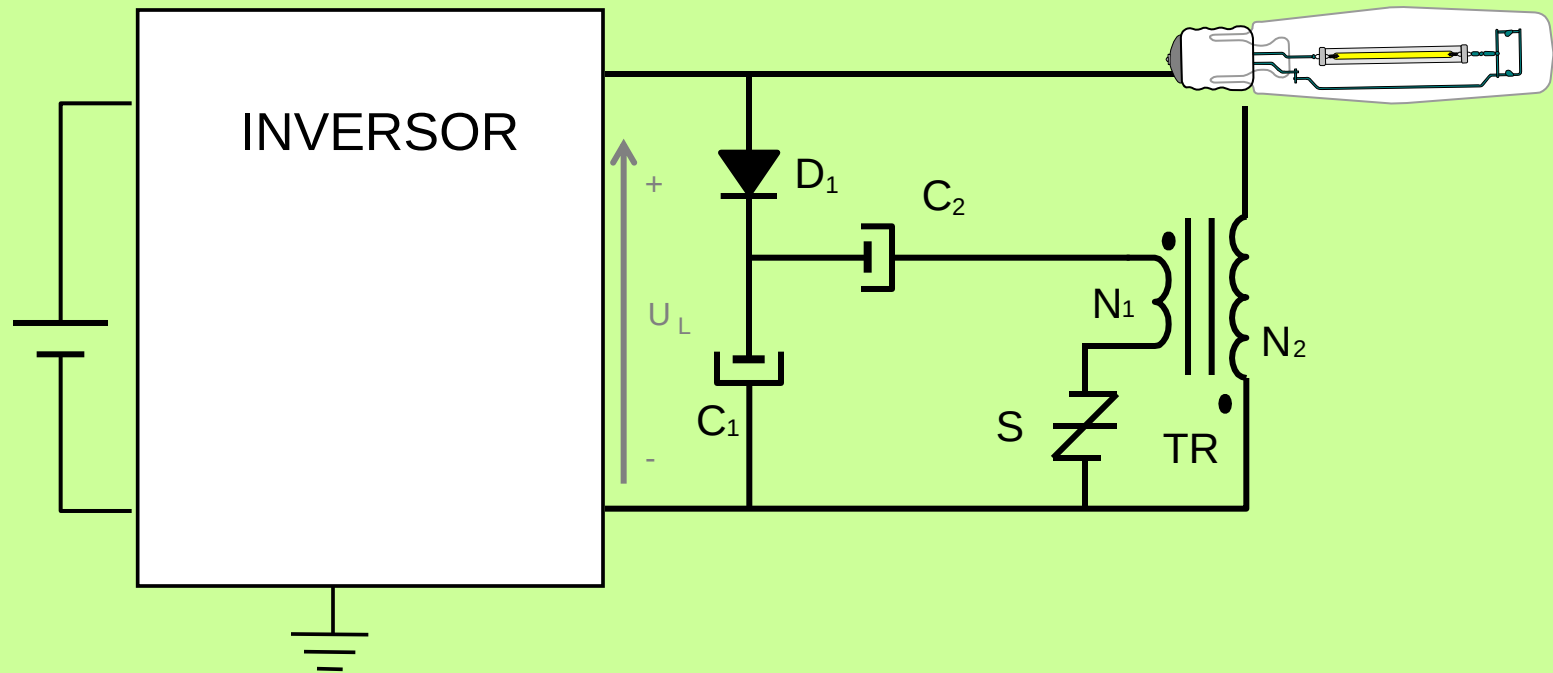


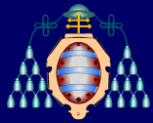


Arrancadores

Esquema del Arrancador

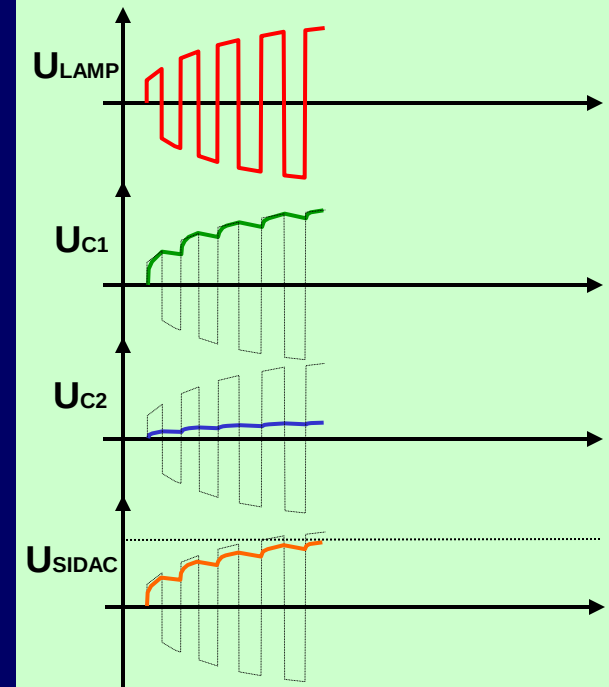
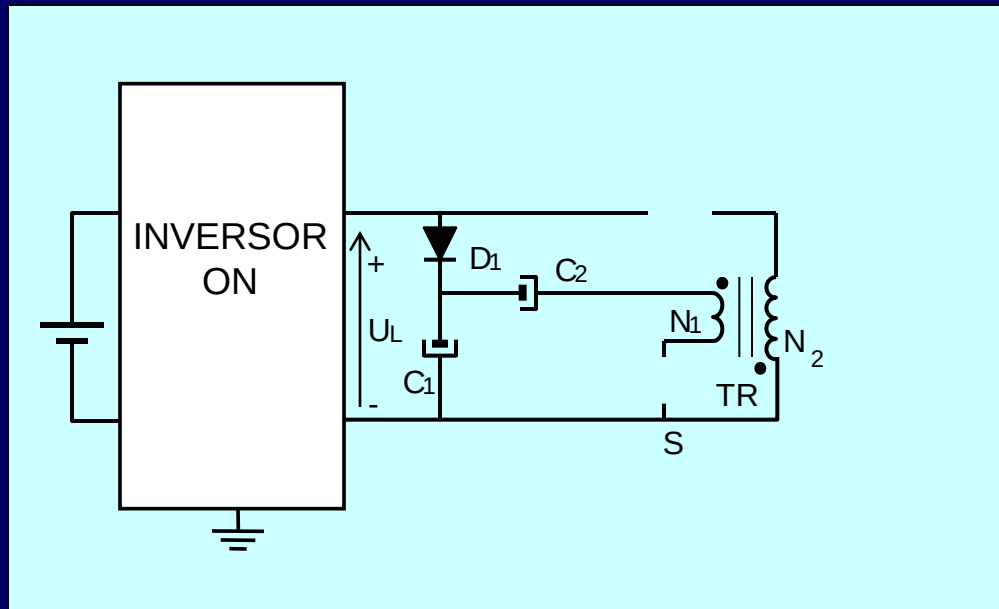
APORTACIÓN

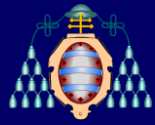




Arrancadores

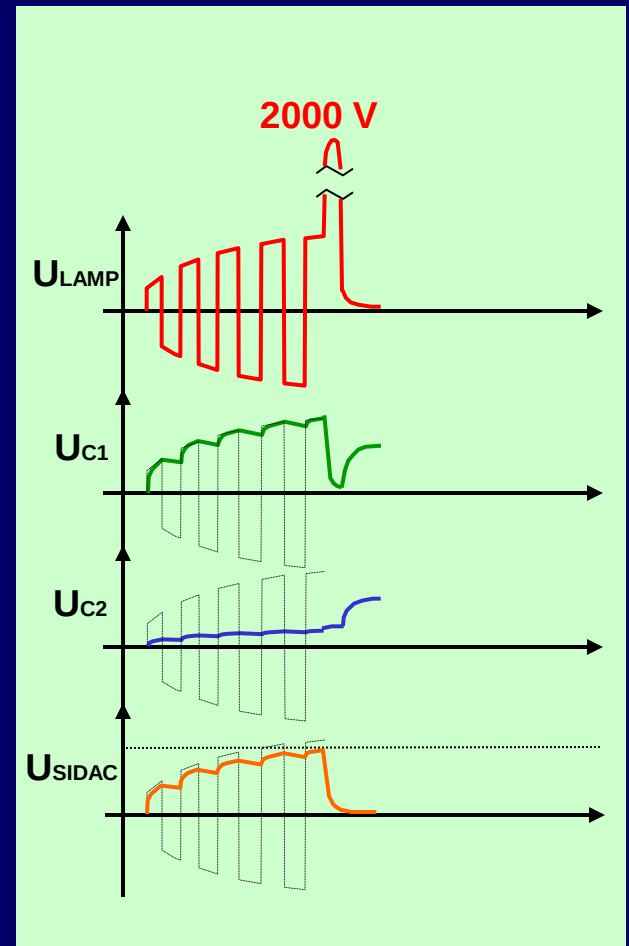
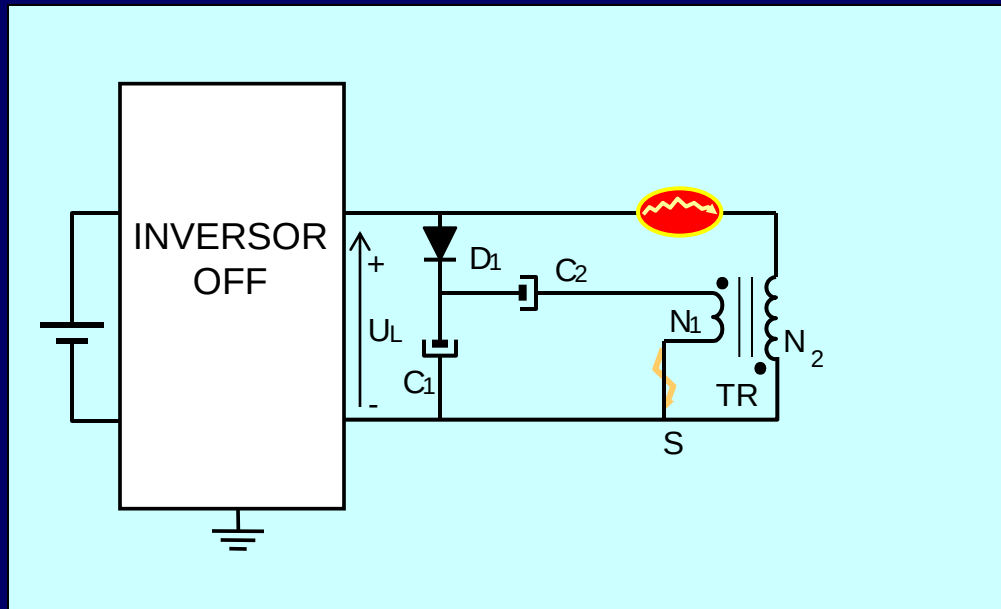
Funcionamiento del Arrancador

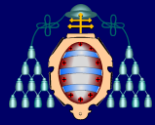




Arrancadores

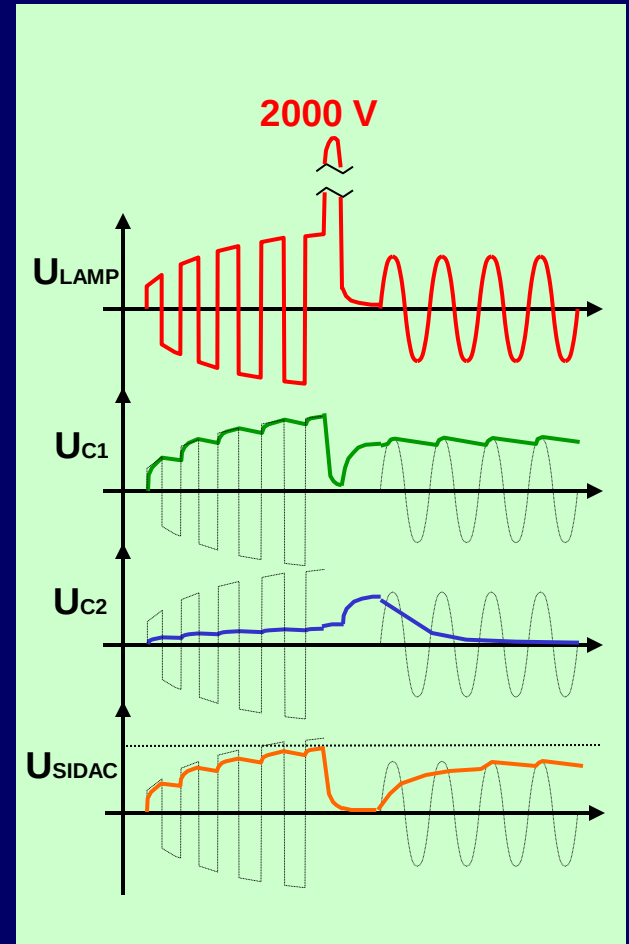
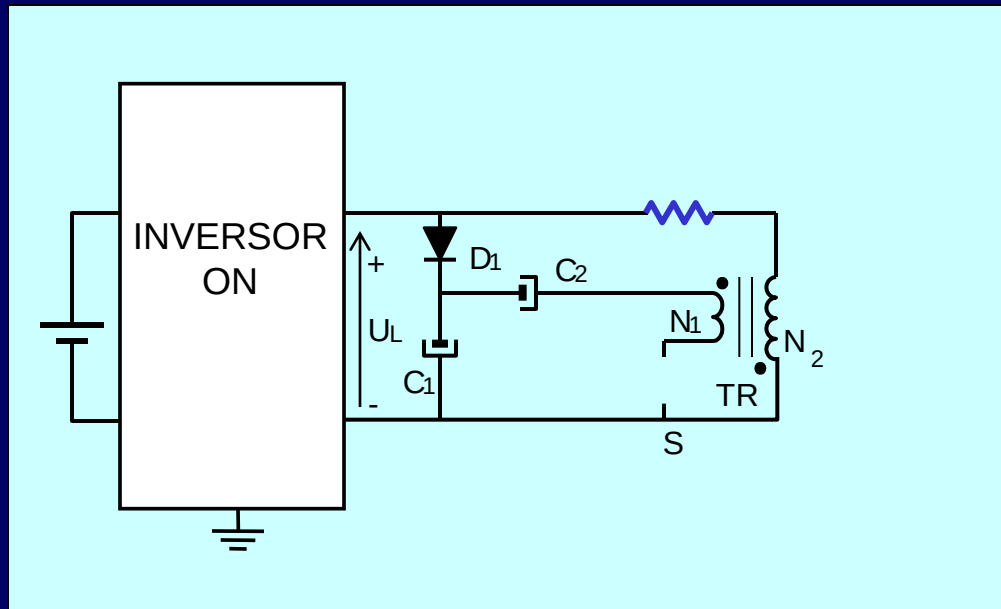
Funcionamiento del Arrancador

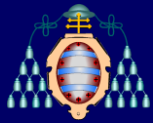




Arrancadores

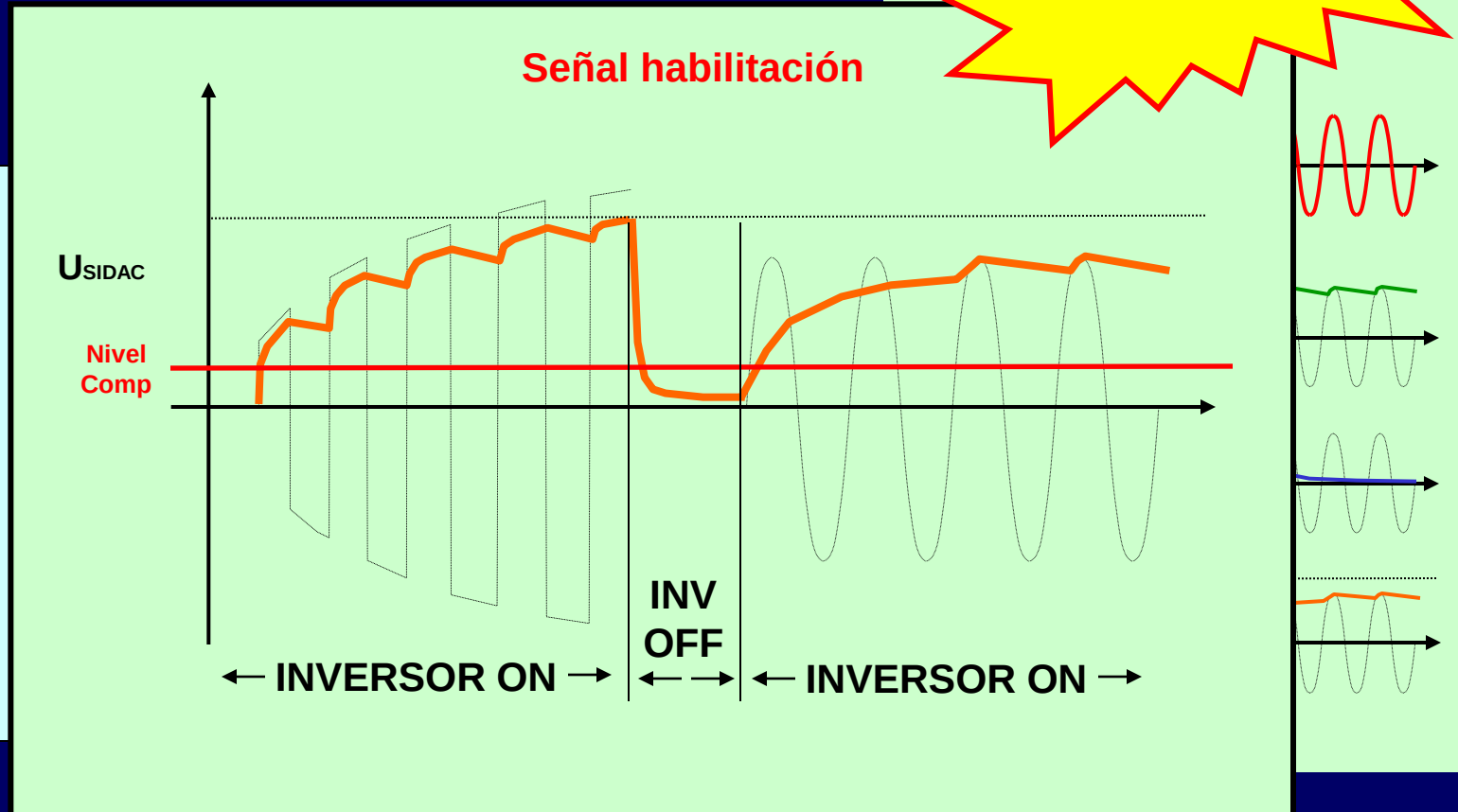
Funcionamiento del Arrancador

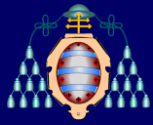




Arrancadores

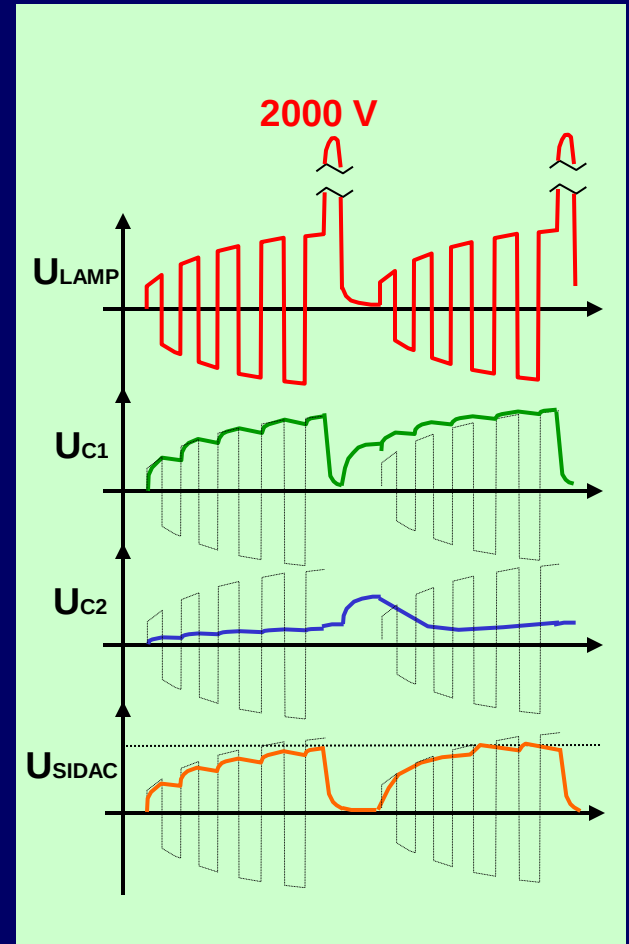
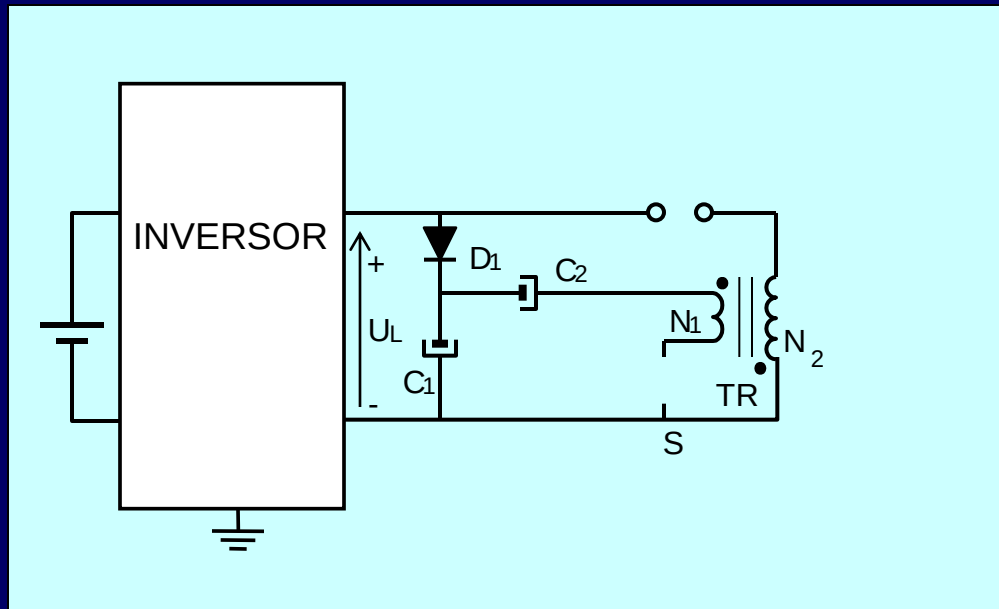
Funcionamiento del Arrancador

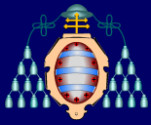




Arrancadores

Caso de Lámpara Rota





Arrancadores

Método de Diseño

Parámetros de la
Lámpara

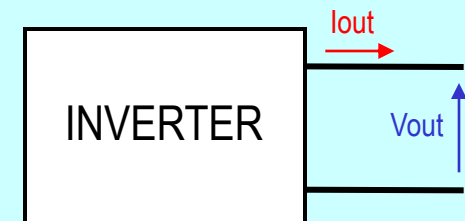
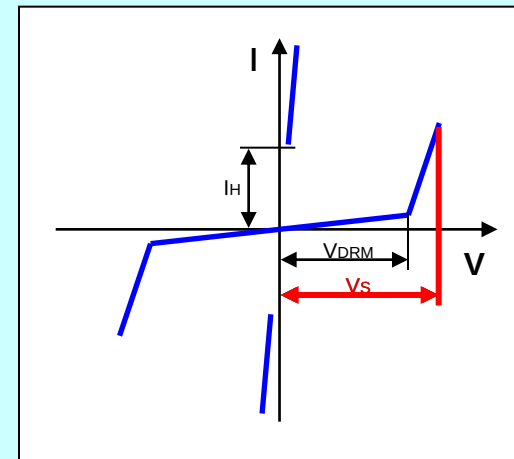
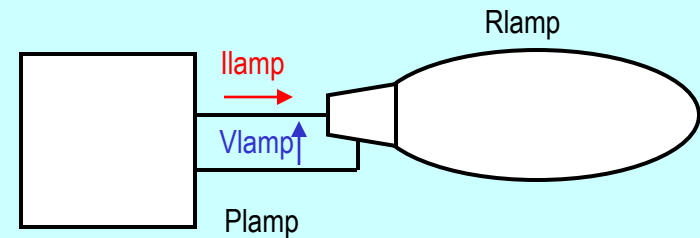
- R_{lamp}
- P_{lamp}

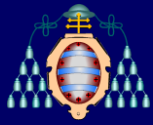
- I_{lamp}
- V_{lamp}

Parámetros del Sidac
• V_s

Especif. del Inversor

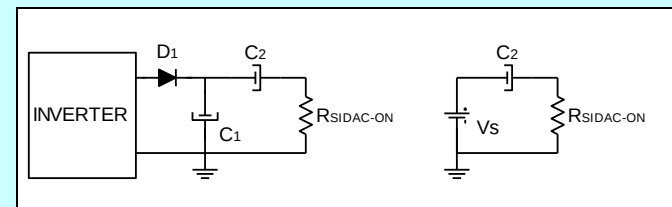
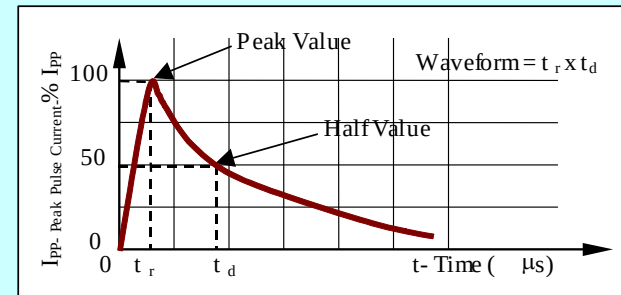
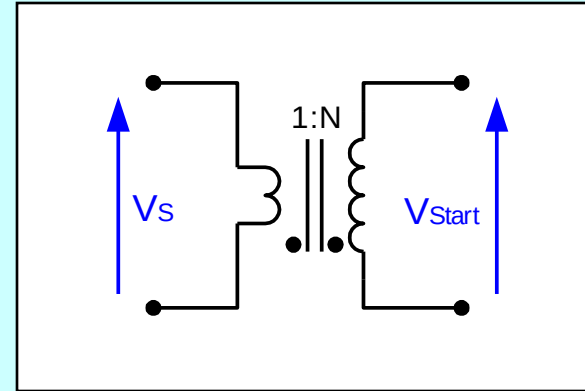
- V_{out} , I_{out} (si $R \rightarrow \infty$)

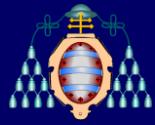




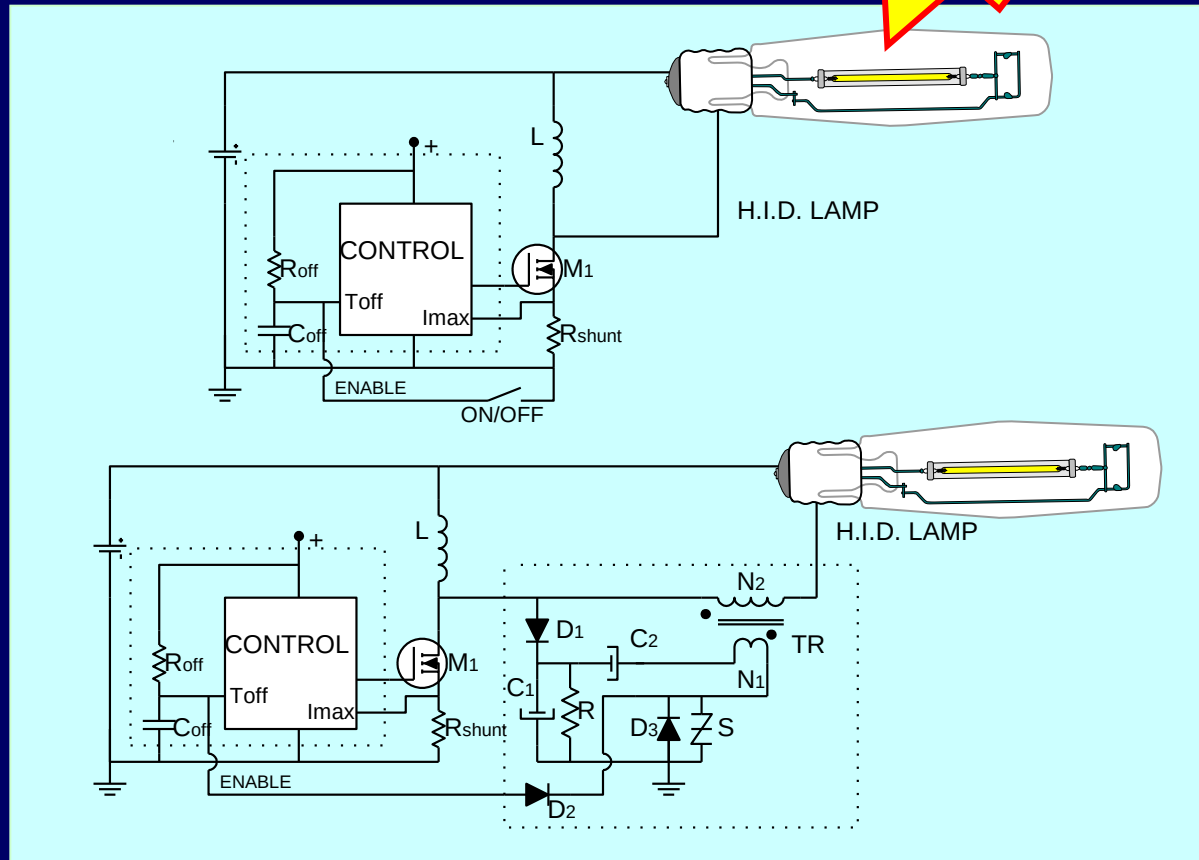
Arrancadores

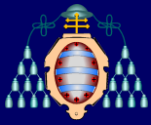
Método de Diseño

Parámetros de
Lámpara (V_{START})Parámetros del
Sidac (V_S) r_T del
TransformadorDe las Gráficas
"SURGE RATINGS"
del SidacValores de los
Condensadores



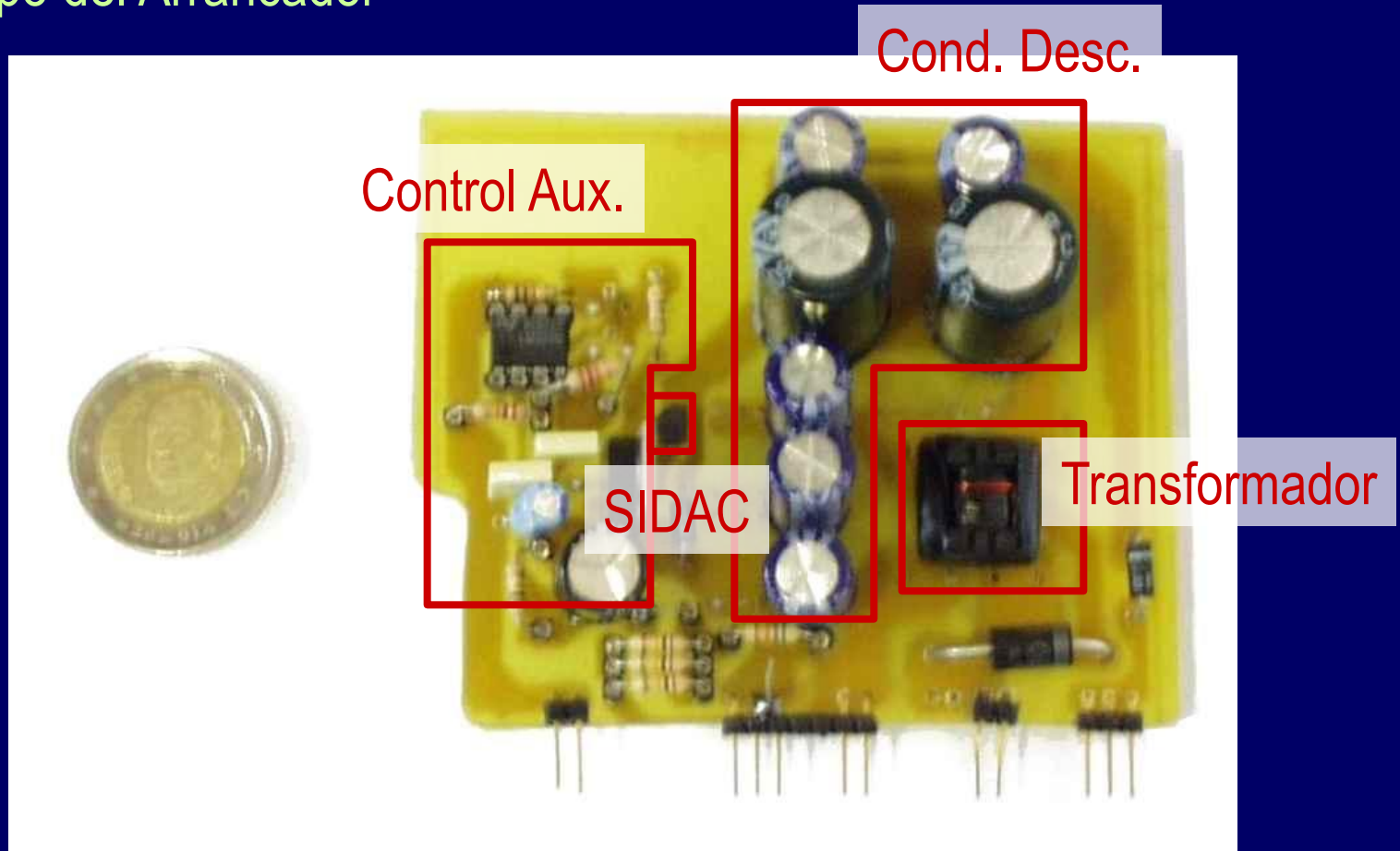
Arrancadores

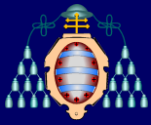
Implementación en el Inversor $I_{MAX}-T_{OFF}$ **APORTACIÓN**



Arrancadores

Prototipo del Arrancador





Arrancadores

Consideraciones de Diseño

Diseño del Transformador

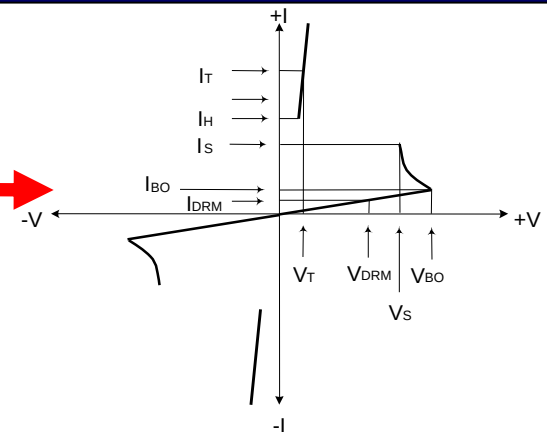
- Minimizar Inductancia Serie con la Lámpara
- Núcleo Pequeño
- Minimizar Número de Espiras

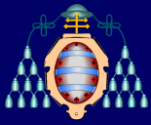
APORTACIÓN

Más Fácil Arranque

Componente Más Caro

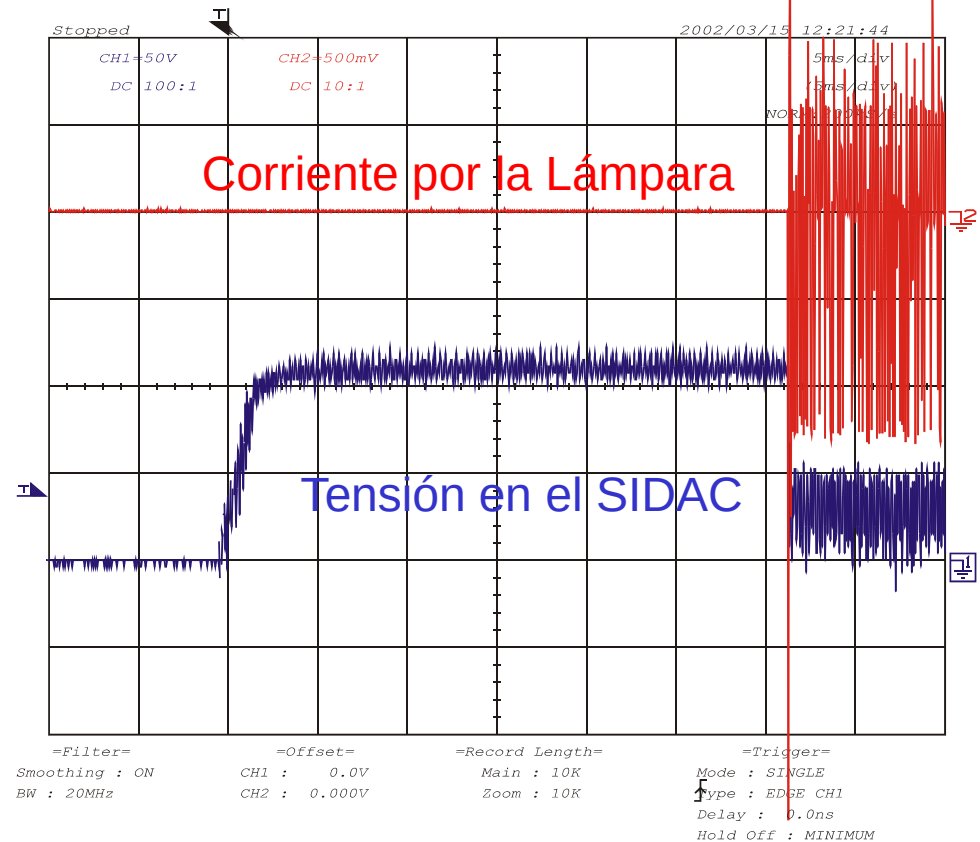
Problemas de Pulsos No Deseados

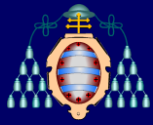




Arrancadores

Resultados Experimentales

Arranque de una
Lámpara HID

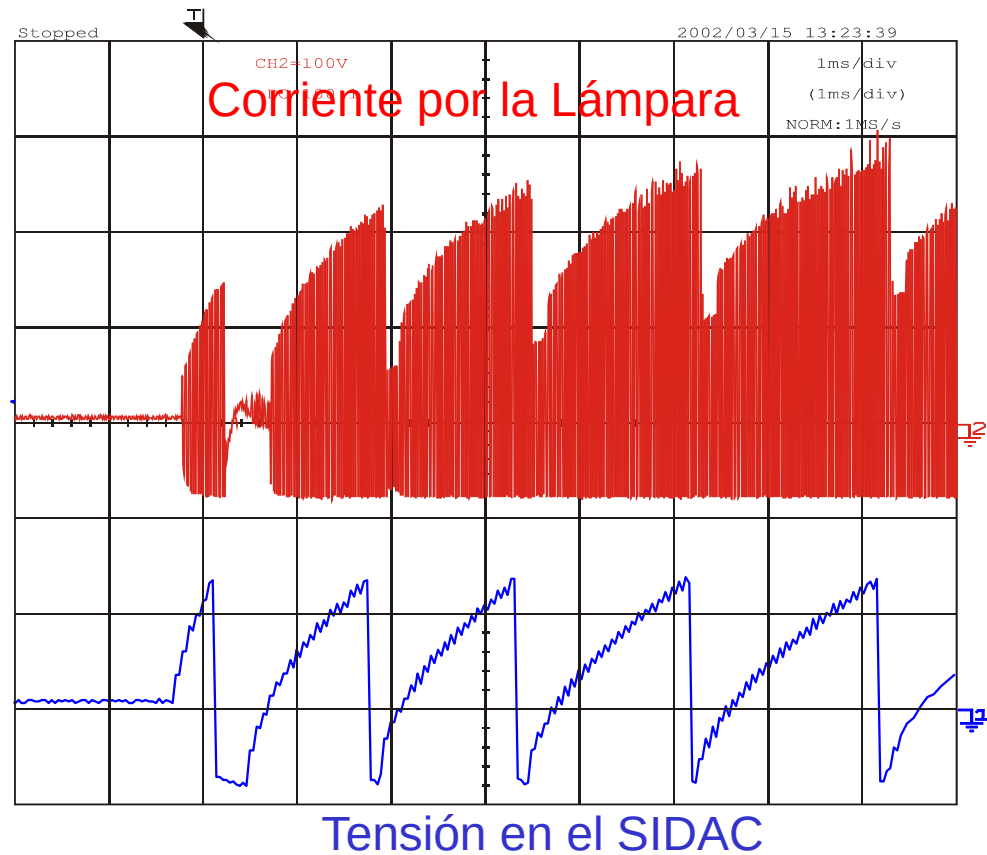


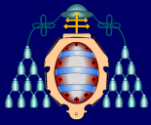
Arrancadores

Resultados Experimentales

Arranque de una
Lámpara HID:

Caso de
Lámpara Rota





Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

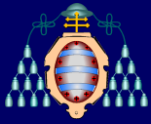
Prototipos Construidos, Experimentos Realizados. Resultados

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Conclusiones

Es posible lograr estabilidad en el arco de descarga
(DESAPARICIÓN DE RESONANCIAS ACÚSTICAS):

En lámparas MH y HPS de bajas potencias nominales

Mediante inversores electrónicos que operen a frecuencia constante

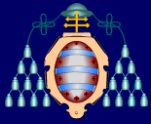
En zonas de frecuencia peligrosas (R.A. con balasto senoidal)

Puede llevarse a cabo mediante el inversor presentado con el control propuesto:

Inversor basado en reductor-elevador

Control $I_{MAX} - T_{OFF}$ con variación de parámetros

Funcionamiento óptimo durante arranque, calentamiento y permanente (variación de R_{EQ})



Conclusiones

El arrancador presentado funciona correctamente

En lámparas MH y HPS de bajas potencias nominales

Unido al inversor electrónico propuesto

Puede construirse un BALASTO COMPLETO mediante las topologías de potencia, los sistemas de control y los métodos de diseño presentados en esta tesis:

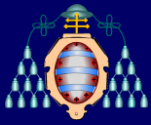
Mínimo número de interruptores controlados (1 por etapa)

Mínimo número de elementos magnéticos (1 por etapa)

Control de potencia (calentamiento controlado, envejecimiento)

Libre de resonancias acústicas

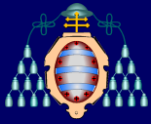
Protecciones intrínsecas (sobrecorriente, lámpara rota)



Conclusiones

Aportaciones Realizadas

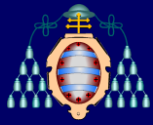
- Se presenta un conjunto de herramientas de diseño para construir un balasto electrónico de alta frecuencia
 - Topologías de potencia
 - Métodos de control
 - Sistemas de arranque
 - Control de calentamiento y envejecimiento
- El balasto puede funcionar a frecuencias conflictivas, desde el punto de vista de resonancias acústicas
- Balasto final de 2 etapas y bajo coste (2 interruptores, 2 inductancias)



Conclusiones

Aportaciones Realizadas

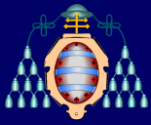
- Método de monitorización de resonancias acústicas (medida de componentes armónicas de baja frecuencia de la potencia instantánea por la lámpara)
- Estudio de diversas formas de onda de alta frecuencia, teniendo en cuenta las componentes armónicas de la potencia a la que dan lugar.
- Se han fijado límites de diseño en diversas topologías de potencia, buscando minimizar el riesgo de aparición de resonancias acústicas
- Análisis NORMALIZADO de inversores no resonantes, teniendo en cuenta estos límites de diseño



Conclusiones

Aportaciones Realizadas

- Nuevos métodos de control que simultáneamente gobiernan parámetros tales como la potencia media, la forma de onda de potencia instantánea, el tiempo de calentamiento, etc.
- Se propone un nuevo tipo de arrancadores electrónicos para lámparas de descarga, fácilmente adaptable a cualquier tipo de inversor electrónico.
- Se han construido prototipos del inversor y del arrancador, buscando verificar experimentalmente los resultados teóricos obtenidos



Conclusiones

Publicaciones Relacionadas

Presentadas

Inversores Electrónicos:

Balasto Electrónico de Bajo Coste de 2 Etapas para Lámparas de Vapor de Sodio a Alta Presión de 70 W Basado en Inversor Reductor-Elevador con Control Modo Corriente

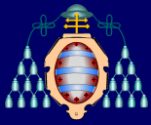
J. García, M. Rico, M. Jaureguizar

XVIII Simposium Nacional del Alumbrado, La Coruña, 2002

Complete Low Cost Two-Stage Ballast for a 70 W HPS Lamp based on a Current-Mode-Controlled Buck-Boost Inverter.

J. García, M. Rico Secades, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. Cardesín, J. Ribas, E.L. Corominas

IEEE IAS Annual Meeting, Pittsburgh, PA, USA, 2002



Conclusiones

Publicaciones Relacionadas

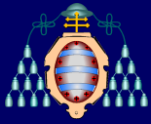
Presentadas

Arrancador:

Using Solid-State Over-Voltage Protection Devices for HID Lamp Ignition

J. García, M. Rico Secades, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. Cardesín, J. Ribas, E.L. Corominas

IEEE IAS Annual Meeting, Pittsburgh, PA, USA, 2002



Conclusiones

Publicaciones Relacionadas

Aceptadas

Inversores Electrónicos:

Quasi-Square Wave High-Frequency Inverter with Current-Mode Control for HID Lamps Operation in the Future Automotive 42 DC Voltage

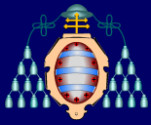
J. García, M. Rico Secades, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. Cardesín, J. Ribas, E.L. Corominas

10th European Conf. on Power Electronics (EPE), Toulouse, Fr., Sept. '03

Non-Resonant, Quasi-Square Wave, High-Frequency Inverter for HID Lamps Operation from a DC Bus

J. García, M. Rico Secades, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. Cardesín, J. Ribas, E.L. Corominas

IEEE IAS Annual Meeting, Salt Lake City, UT, USA, Oct. 2003



Conclusiones

Publicaciones Relacionadas

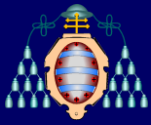
Aceptadas

Arrancador:

Arrancador para Lámparas de Descarga Basado en Dispositivos de Protección Electrónicos

J. García, M. Rico Secades, J. M. Alonso, A. J. Calleja, J. Cardesín, J. Ribas, E.L. Corominas

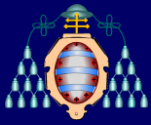
SAAEI'03, Vigo, Sept. 2003



Conclusiones

Futuras Líneas de Investigación

- Construcción del balastos electrónicos completos, desde red y desde batería, buscando optimización del sistema.
- Implementación de los sistemas de control mediante sistemas de gobierno digitales (microcontroladores)
- Extender los experimentos realizados a mayor número de lámparas, de distintos fabricantes y de distintas potencias nominales.
- Análisis de sensibilidad ante variaciones debidas a tolerancias de construcción
- Realización de estudios de compatibilidad electromagnética de los inversores propuestos (forma de onda cuadrada)



Índice de la Presentación

Introducción

Objetivos y Contenidos de la Tesis

Lámparas de Descarga

Resonancias Acústicas en Lámparas de Descarga

Balastos Electrónicos:

Formas de Onda

Estabilidad

Inversores Propuestos

Análisis Teórico y Obtención de Especificaciones de Diseño

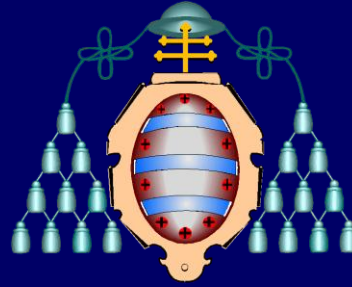
Prototipos Construidos, Experimentos Realizados. Resultados

Arrancadores para Lámparas de Descarga

Conclusiones

Aportaciones Realizadas

Futuras Líneas de Investigación



Universidad de Oviedo

***BALASTOS ELECTRÓNICOS No RESONANTES PARA
LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA:
APORTACIONES EN EL CIRCUITO DE ARRANQUE Y EN LAS
ETAPAS DE CALENTAMIENTO Y RÉGIMEN PERMANENTE***

Doctorando: D. Jorge GARCÍA GARCÍA

***Tutores: D. Manuel RICO SECADES
D. Emilio LÓPEZ COROMINAS***

Gijón, Julio de 2003