

Diseño y construcción de una referencia de tensión eléctrica continua basada en un diodo Zener (informe de avance)

David Avilés
Enrique Navarrete
Dionisio Hernández

CENAM



Introducción

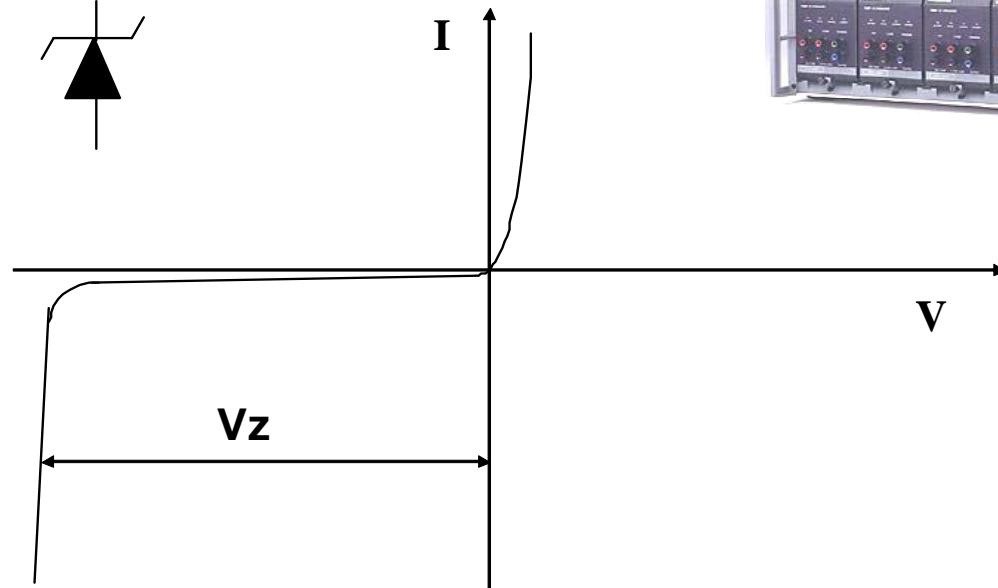
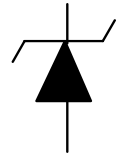
NOTA 1. Este trabajo ha sido desarrollado con recursos del gobierno federal de México. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

NOTA 2. En este documento pueden aparecer marcas comerciales únicamente con fines didácticos y a fin de lograr un entendimiento claro de las técnicas y procesos descritos. En ningún caso esta identificación implica recomendación o aval del CENAM o de alguna otra institución del gobierno federal de México, ni tampoco implica que los equipos o materiales identificados sean necesariamente los mejores para el propósito para el que son usados. El CENAM y las demás instituciones no tienen compromisos con ninguna marca comercial en particular.

Importancia de mejorar los patrones secundarios de tensión eléctrica continua

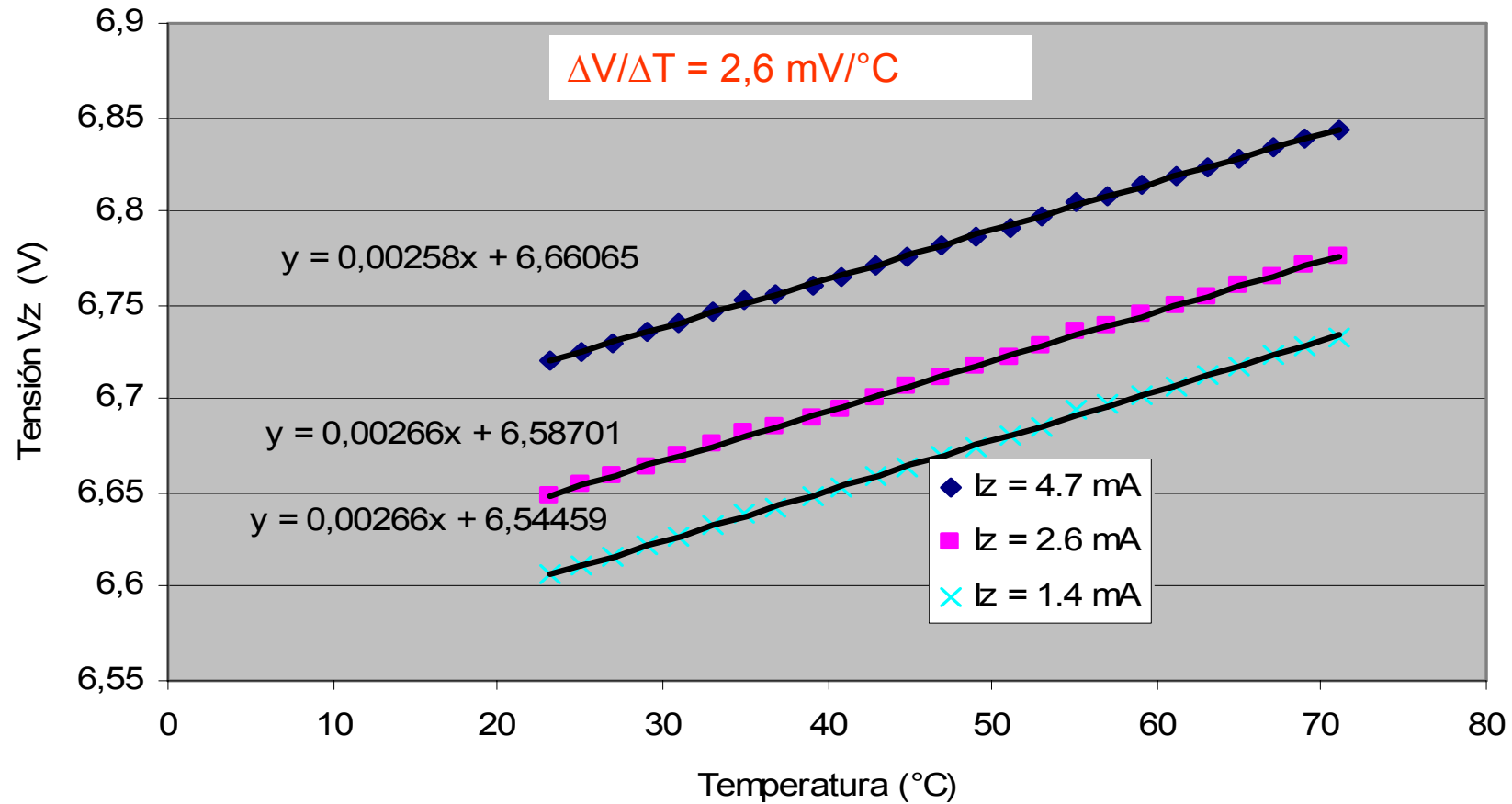


El diodo Zener



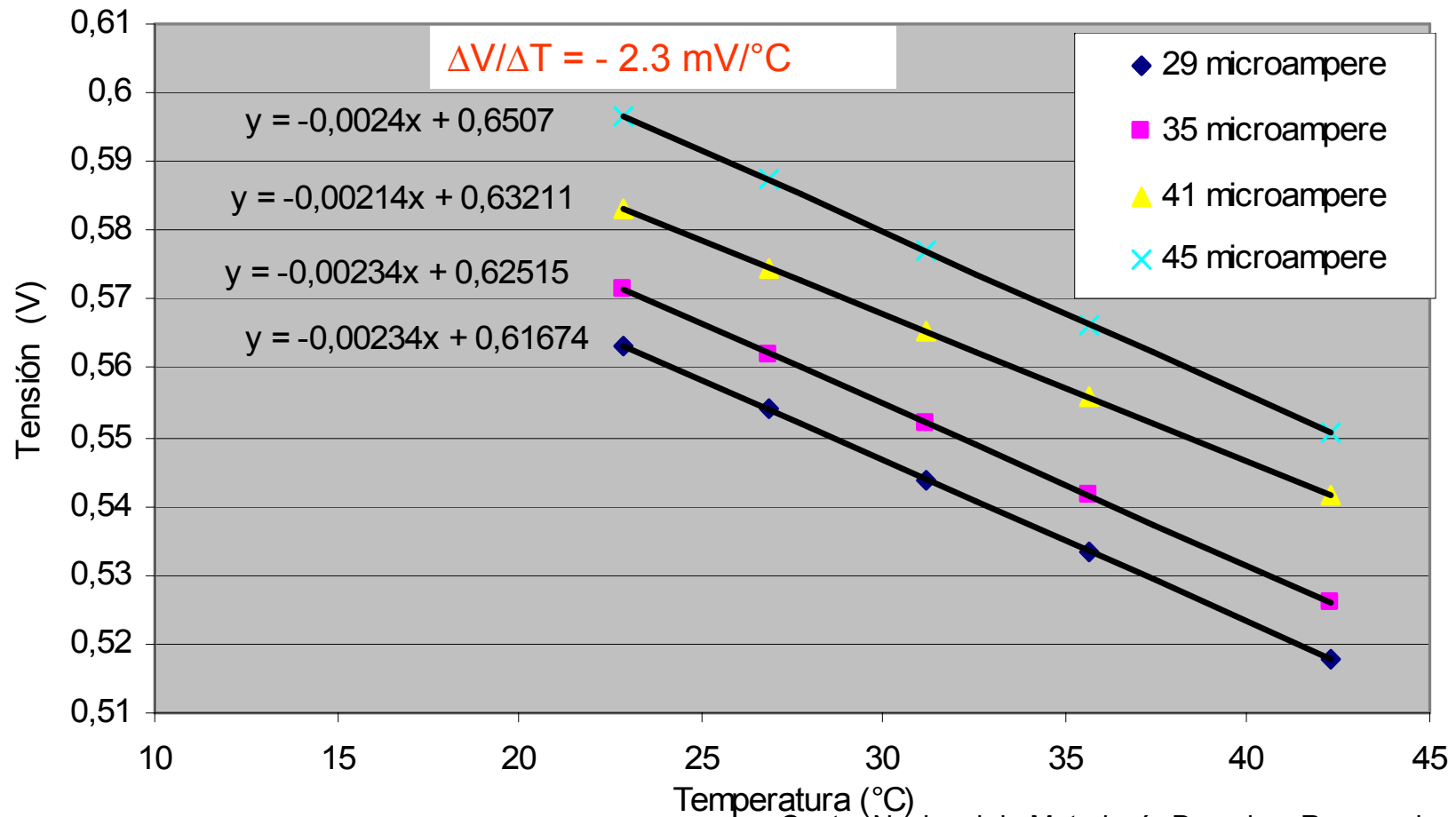
Gráfica Tensión – Temperatura de un Zener de 7 V (LTZ1000)

Vz contra Temperatura

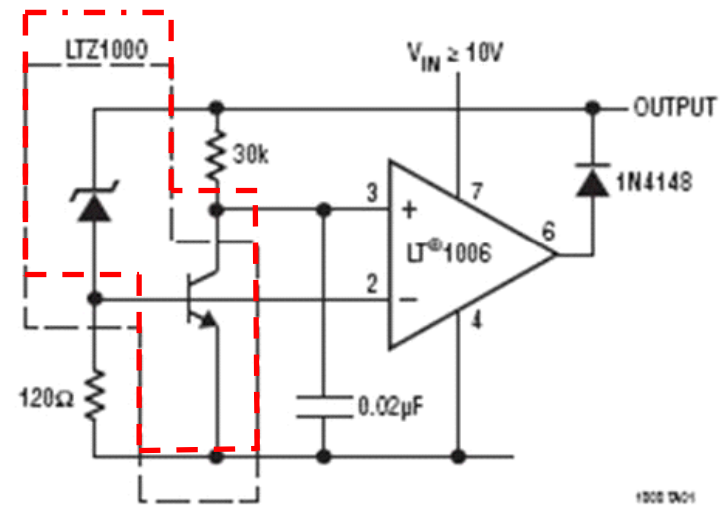
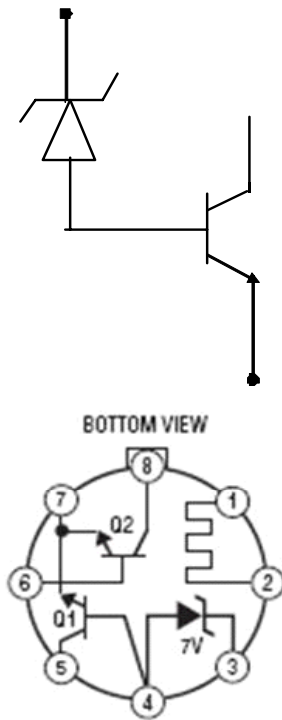


Gráfica Tensión – Temperatura de la unión base-emisor de un transistor bipolar

Vbe contra Temperatura

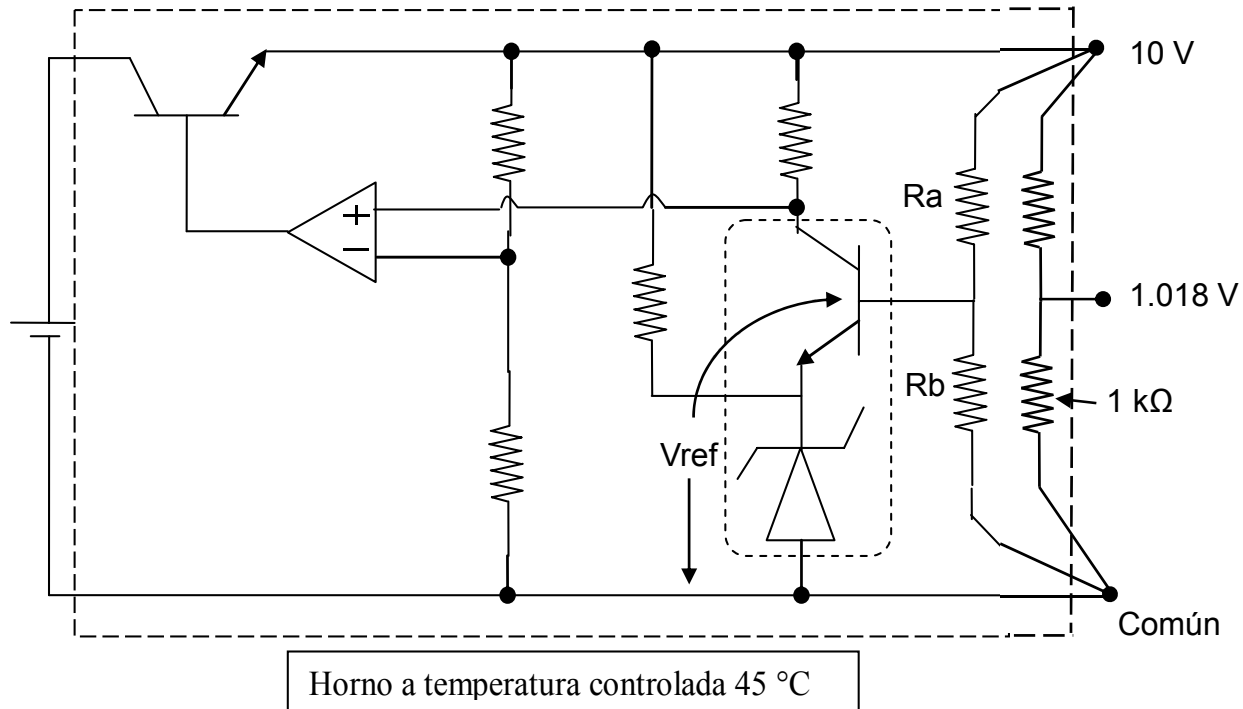


Compensación térmica (LTZ1000)



Referencia: Hoja de datos de Linear Technology Corporation

Circuito de una Referencia Zener Fluke 732 B



$$V_{sal} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_A}{R_B} \right)$$

Referencia: Calibration: Philosophy in Practice, Fluke

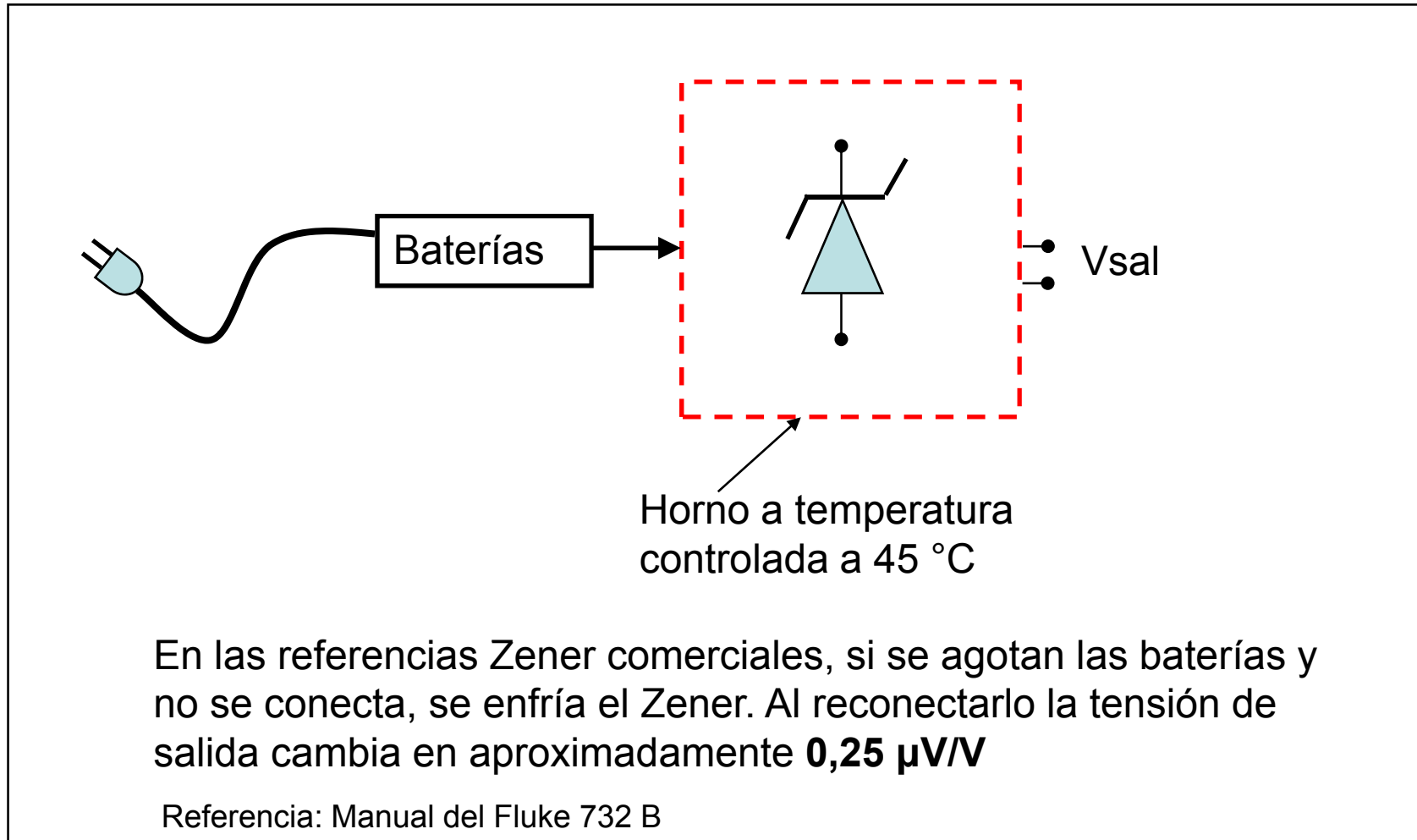
Características de las Referencias Zener comerciales

Referencias Zener Características:

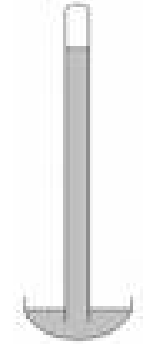
- Efectos de temperatura
- Efectos de Humedad
- Efectos de Presión
- Impedancia de salida
- Es posible sacarles corriente
- Insensible a vibraciones
- Patrón robusto comparado con pilas patrón
- Nivel de ruido de baja frecuencia
- Estabilidad a largo plazo
- Requieren baterías (ruido e histéresis)



Efecto de histéresis de la tensión con la temperatura



Coeficientes de presión en referencias Zener



Coeficientes de presión de referencias Zener en partes en $10^9/hPa$		
	Modelo: Fluke 732 B	
	Tipo "L"	Tipo "M"
1,018 V	1,6 - 2,4	- 0,14
10 V	1,6 - 2,2	- 0,20

Tipo "L" : modelos a partir de 1999.

Tipo "M" : modelos anteriores a 1999.

Para un cambio de altitud de 2000 m, $\Delta V \approx 0,4 \mu V/V$ (tipo "L")

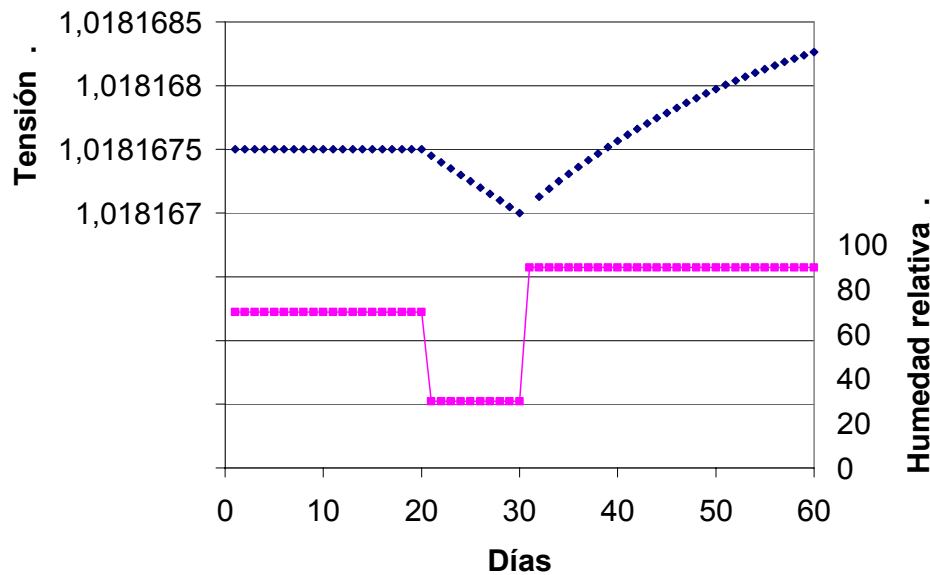
T.J. Witt, "Pressure coefficients of some Zener Diode-Based Electronic Voltage Standards, IEEE Trans. Instr. And Meas., Vol 48, No. 2 APRIL 1999.

Referencias Zener – Efectos de Humedad en la referencia Fluke 732B (salida de 1,018V)



$$f_i(t) = \sum_{j=1}^n \Delta H_j k [1 - e^{-\frac{(t-t_j)}{\tau^{+(-)}}}]$$

Referencia Zener salida de 1,018 V



$f(t)$ – Cambios de tensión por efectos de humedad

ΔH – Cambio de %HR

k – Coeficiente de humedad

τ – Constante de tiempo

Valores medidos**

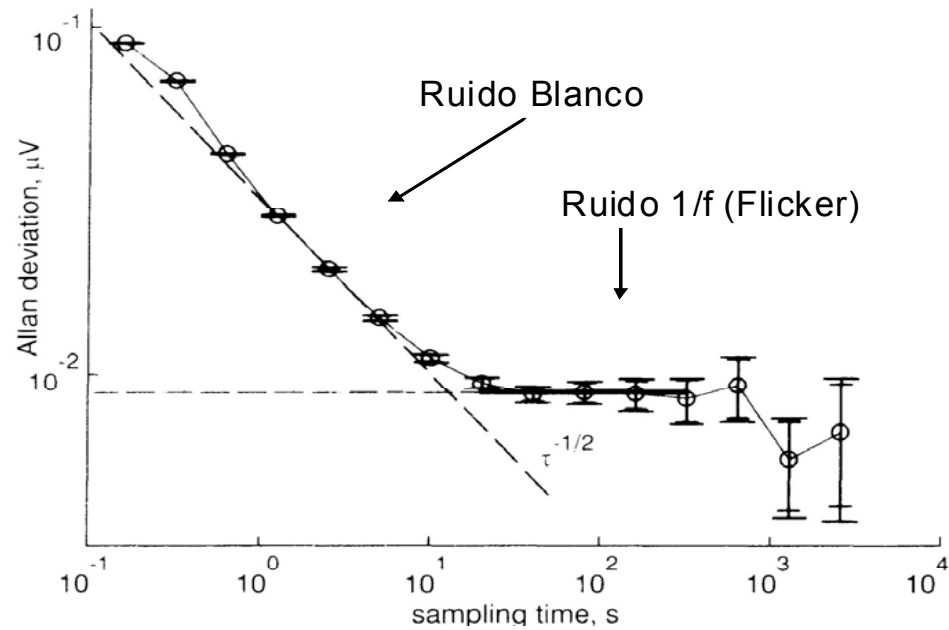
$k = 0,070$ ($\mu\text{V}/\%HR$)

$\tau^+ = 19$ días

$\tau^- = 45$ días

Referencia: L.X. Liu et all, “Response of Zener DC voltage Standards Under Humidity Step Change, 9° Congrès International de Métrology.

Referencias Zener – Ruido

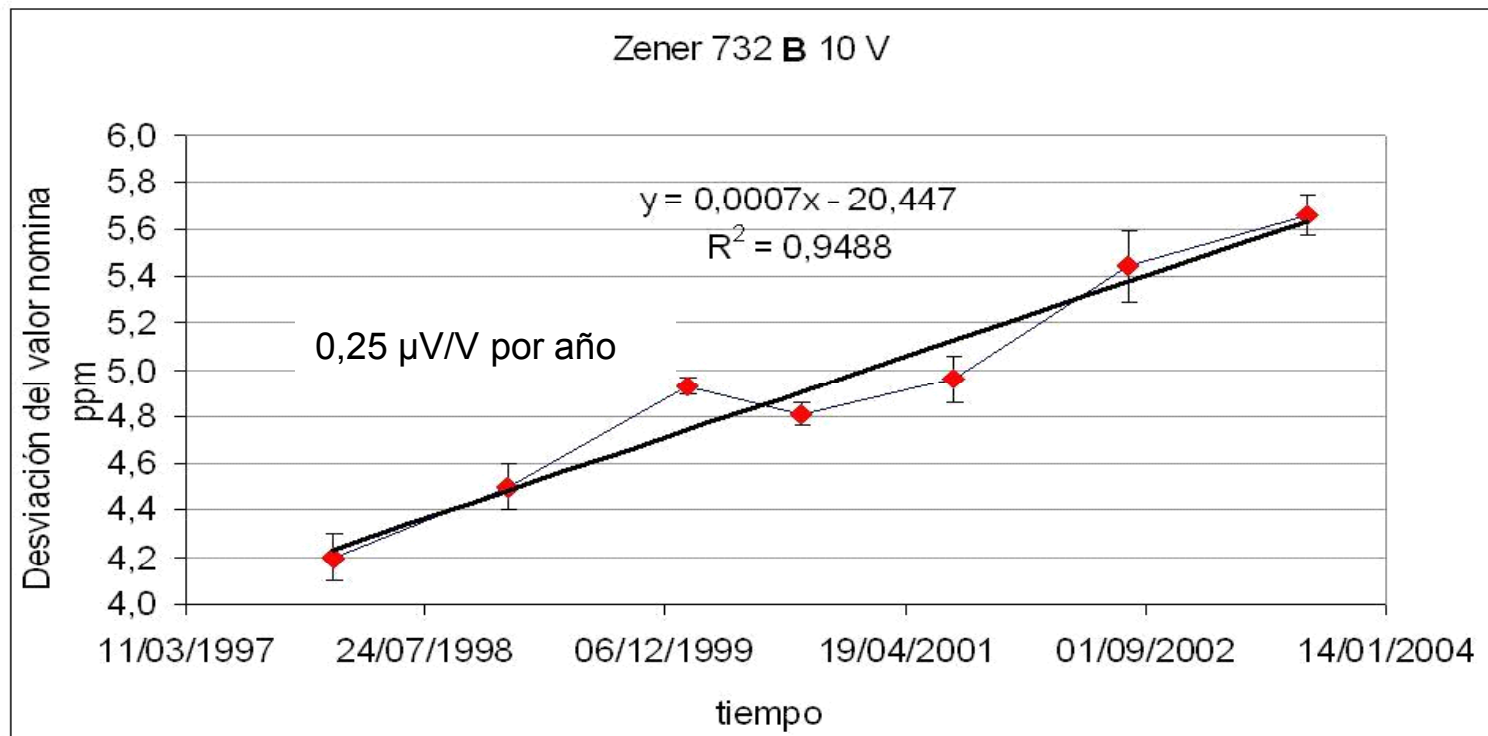


Referencia: T.J. Witt and Reymann, "Using spectra and Allan variances to Characterise the noise of Zener-diode voltage standards", IEE Proc., Sci., Meas., Technol., Vol 147, No. 4 July 2000

Referencias Zener – Ruido

- Limite de incertidumbre dada por el ruido $1/f$ en la referencia Zener 732 B
 - 7 partes en 10^9 (7 nV) para las salidas de 1,018 V (Zeners tipo L)
 - 7 partes en 10^9 (70 nV) para las salidas de 10 V

Deriva a Largo Plazo



Diseño y construcción de la referencia Zener

Características de Diseño

Posibles mejoras sobre los Zeners comerciales

- **Referencia sellada**

- Evitar efectos de presión
- Evitar efectos de humedad, y obtener una deriva más lineal (predecible)

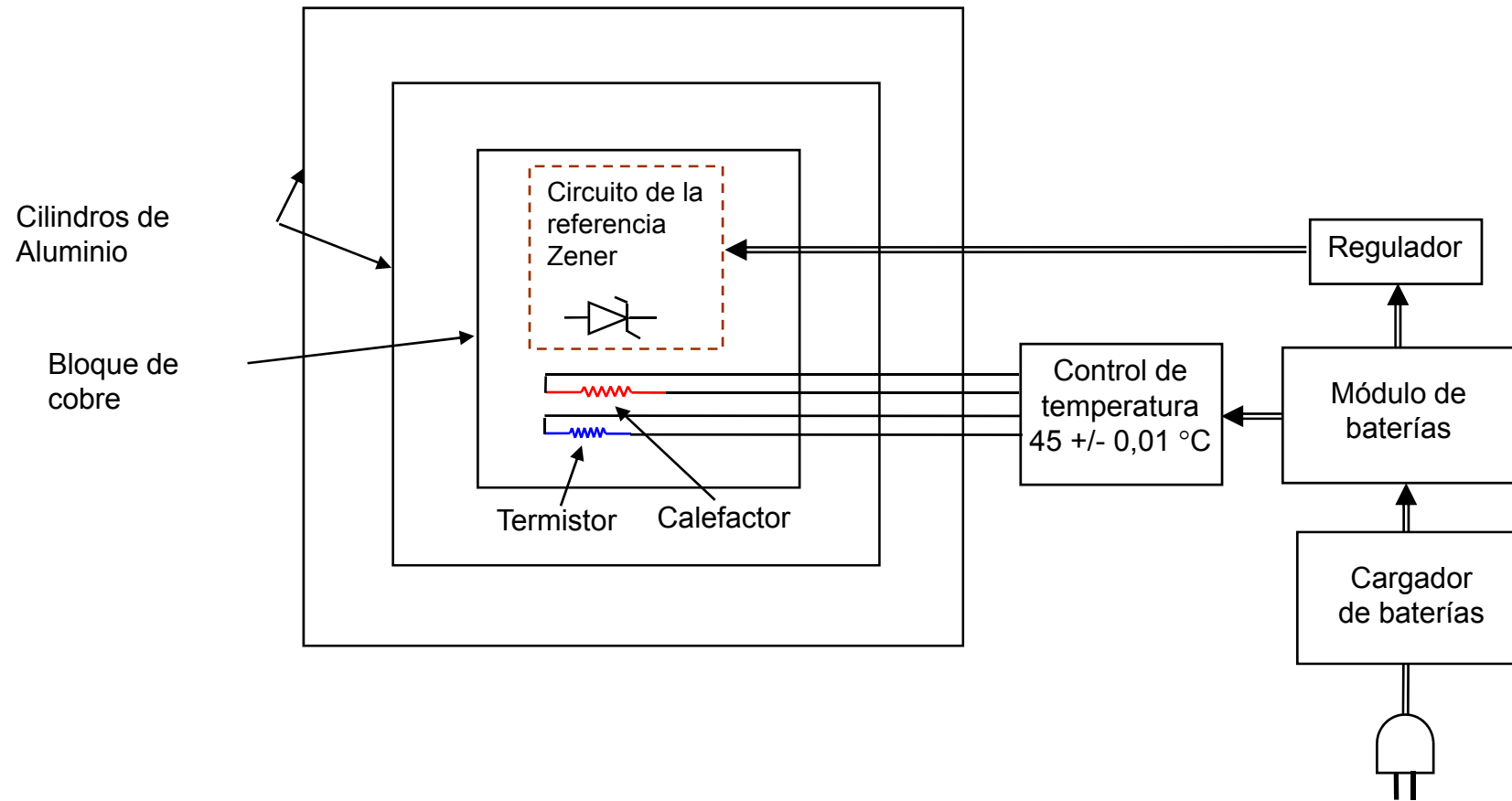
- **Muy bajos coeficientes de temperatura**

- Para disminuir los requerimientos del control de temperatura

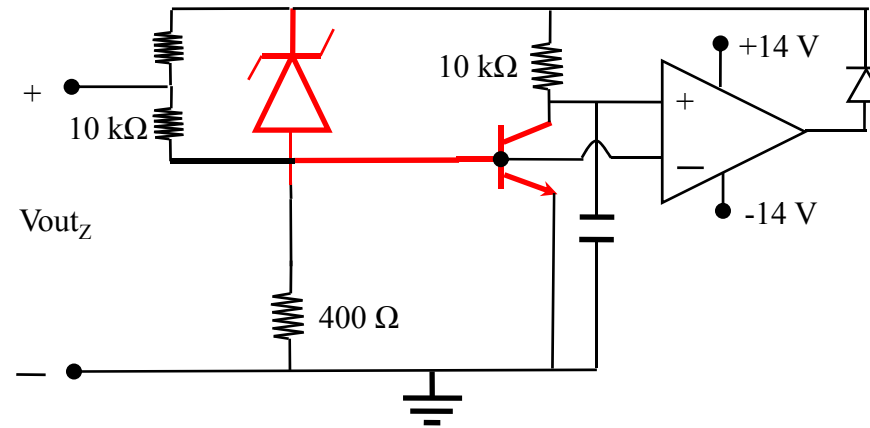
- **Baterías desacopladas de la alimentación de tensión alterna**

- Disminuir el ruido
- Evitar desconectar el Zener de la línea de alimentación para medirlo

Diagrama a bloques



Circuito de la referencia Zener



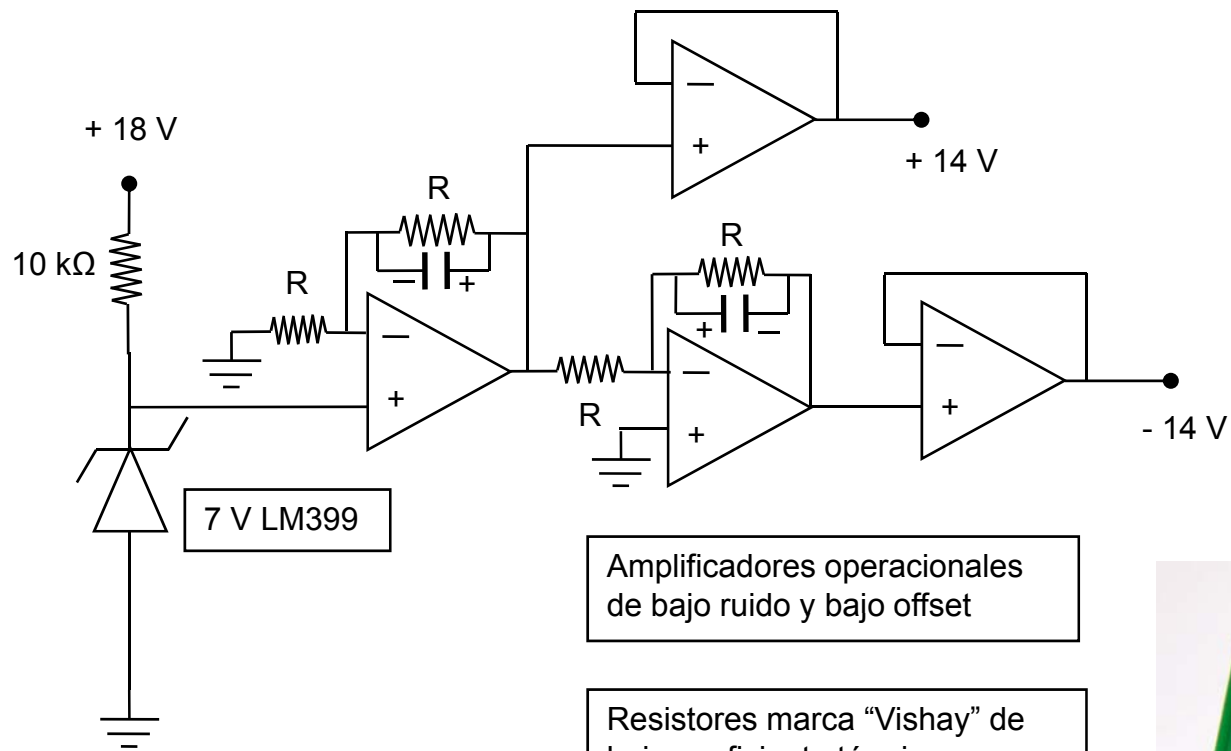
— Elementos de la referencia
Zener LTZ1000

- Resistores de muy bajo coeficiente térmico
- Amplificador operacional de muy bajo ruido y muy bajo corrimiento de “offset”

Piezas del horno de la referencia Zener



Regulador de tensión +/- 14 V



Amplificadores operacionales de bajo ruido y bajo offset

Resistores marca "Vishay" de bajo coeficiente térmico

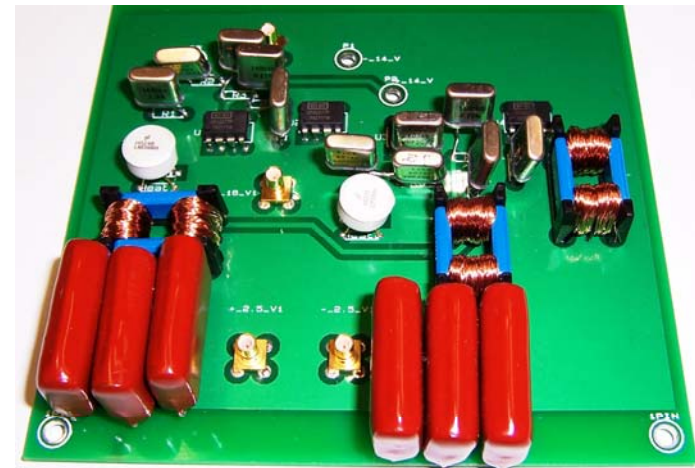
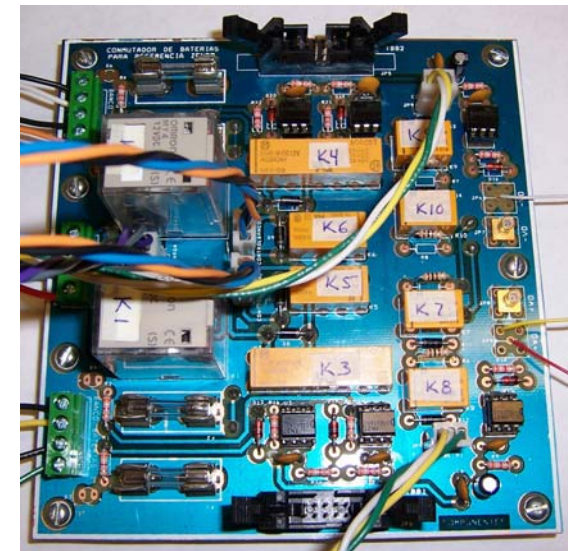
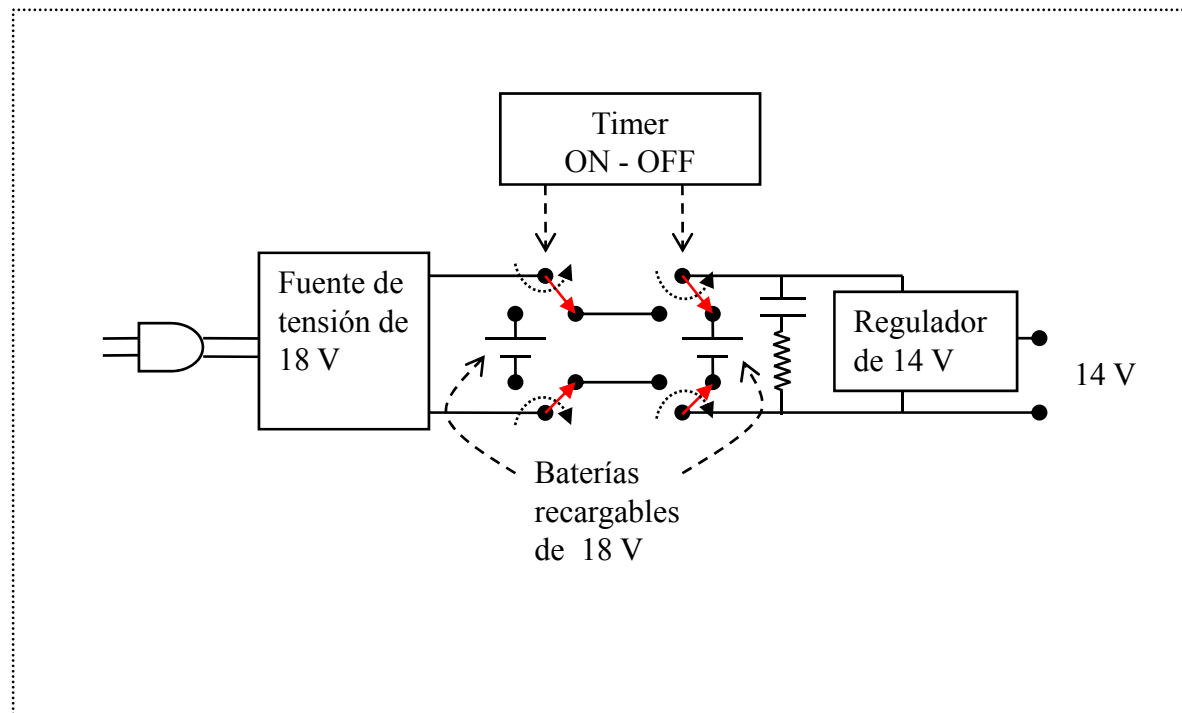
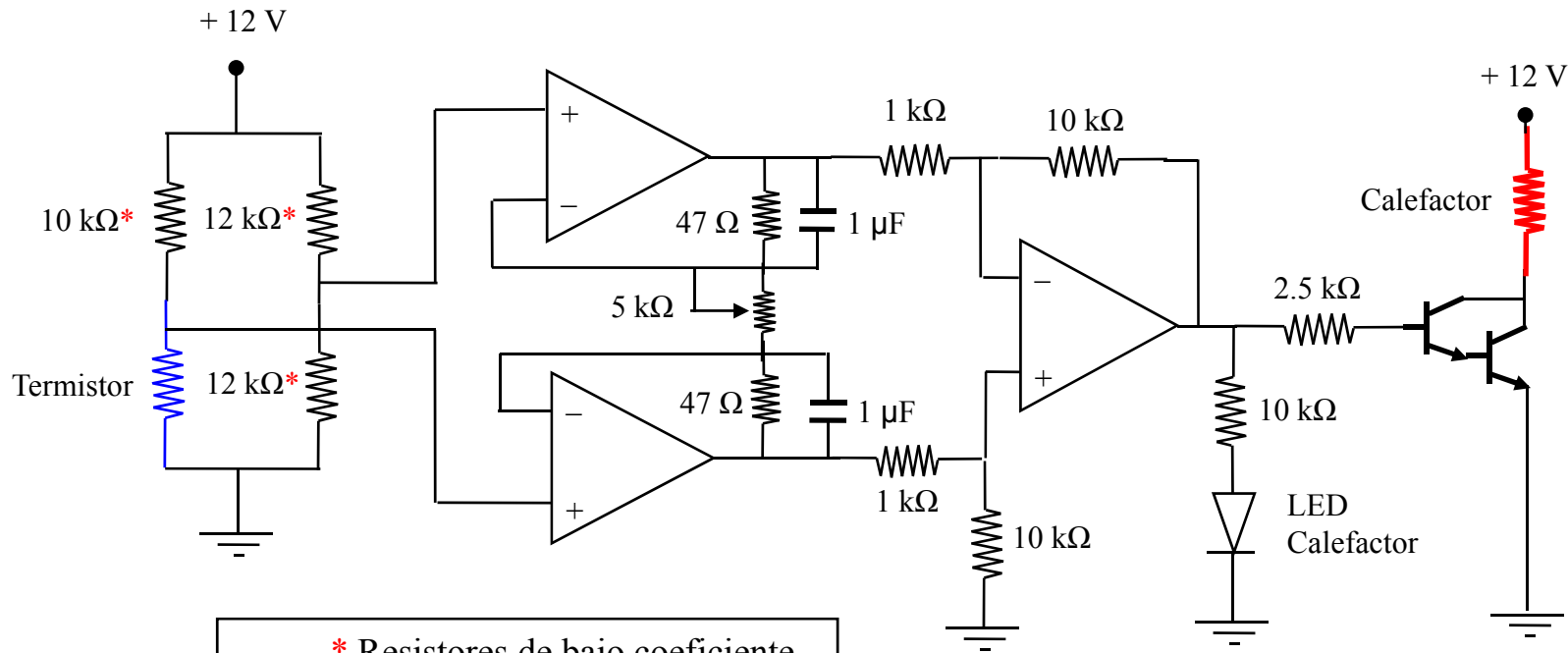


Diagrama simplificado del Módulo de baterías

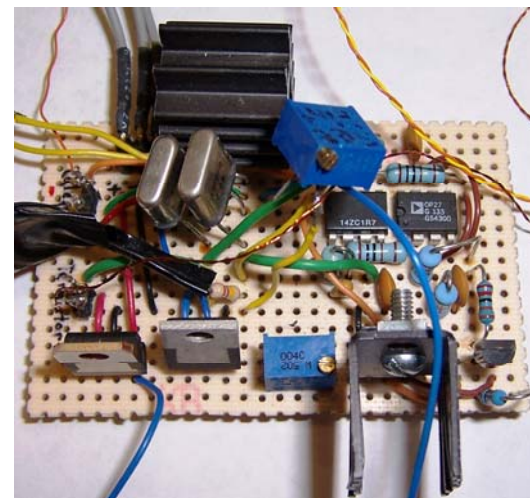


Control de temperatura



* Resistores de bajo coeficiente térmico y alta estabilidad.

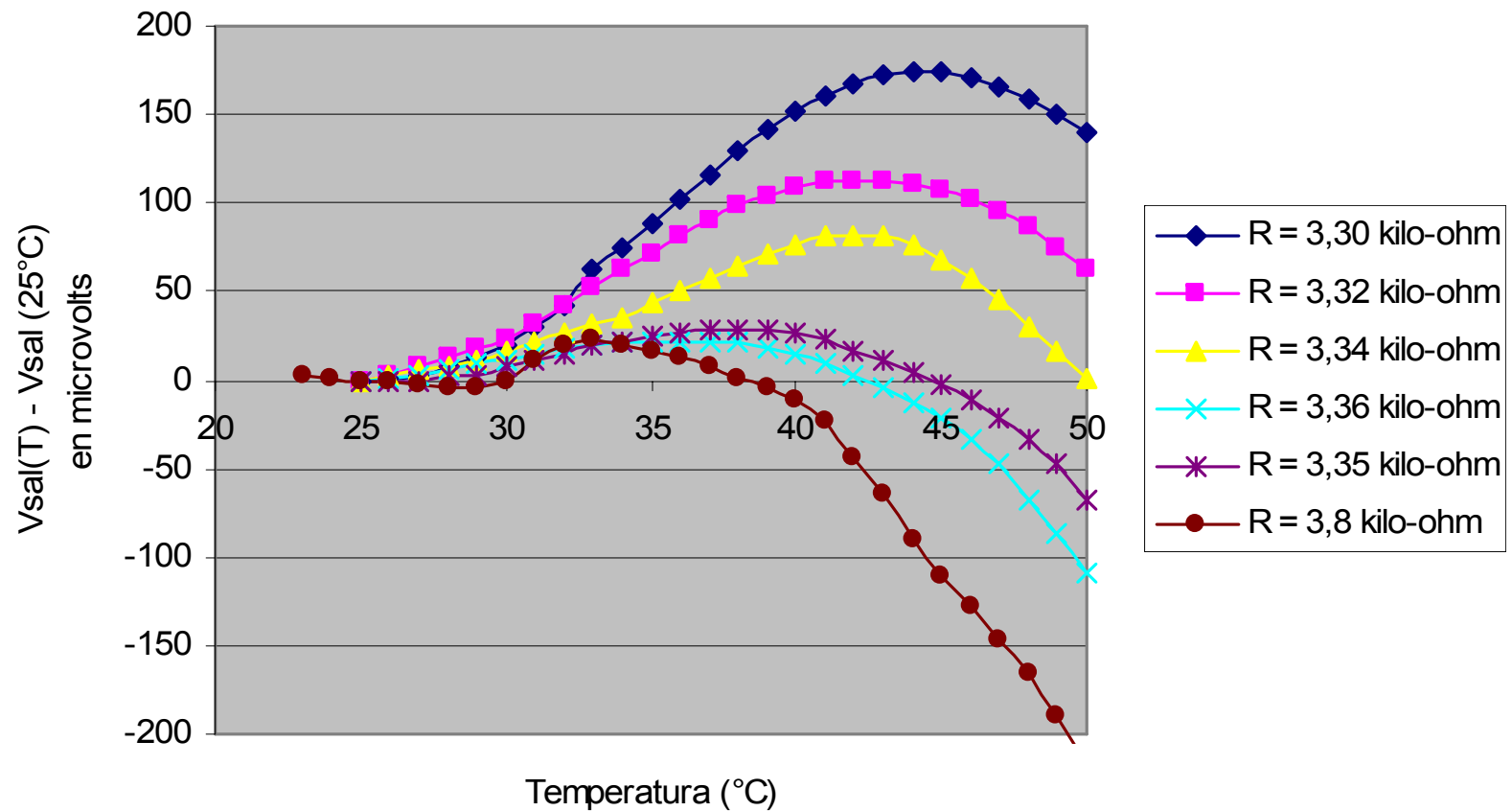
• Amplificadores operacionales de bajo "offset" y bajo ruido



Resultados preliminares

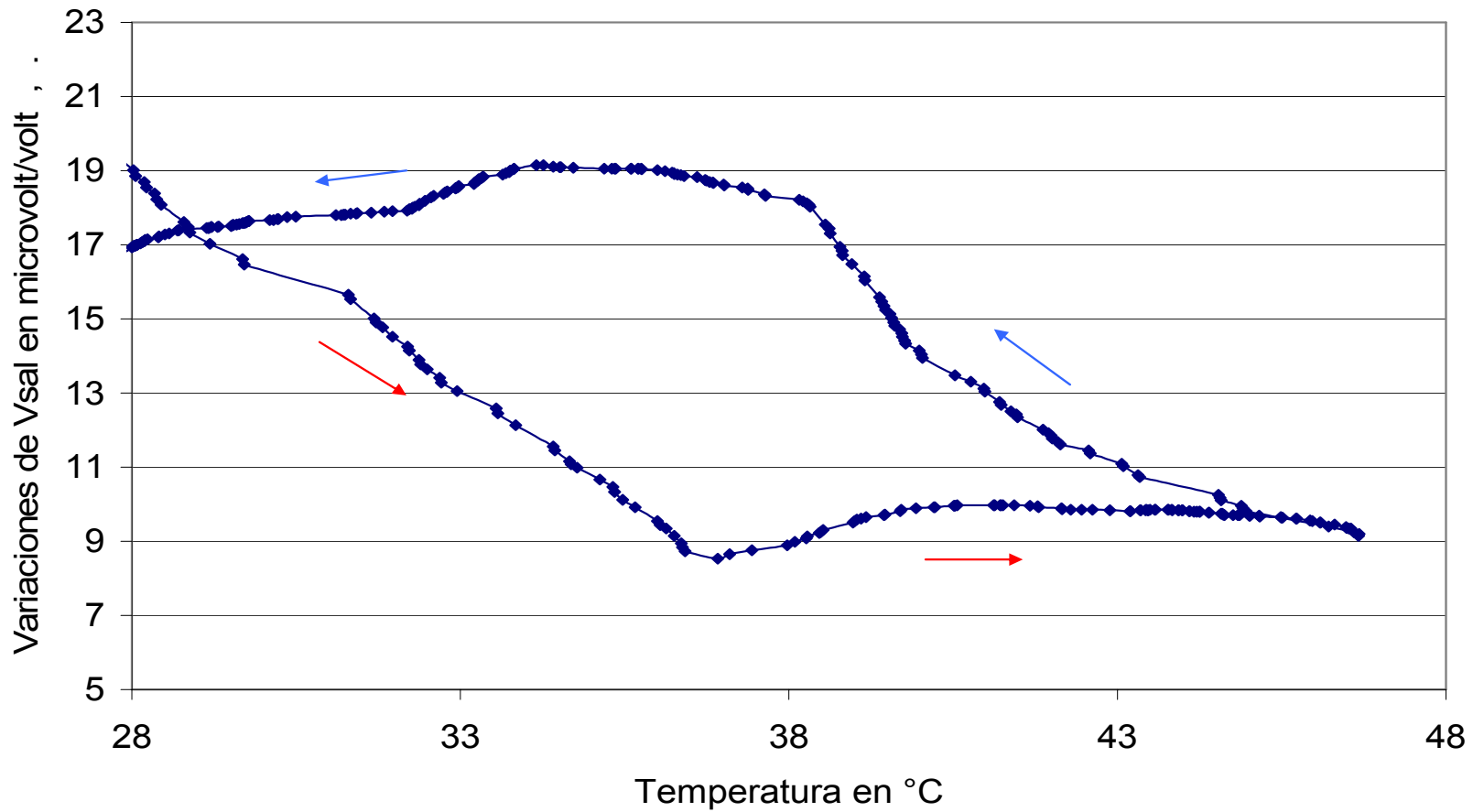
Variaciones de la tensión de salida con la temperatura del horno

LTZ 1000 con divisor resistivo

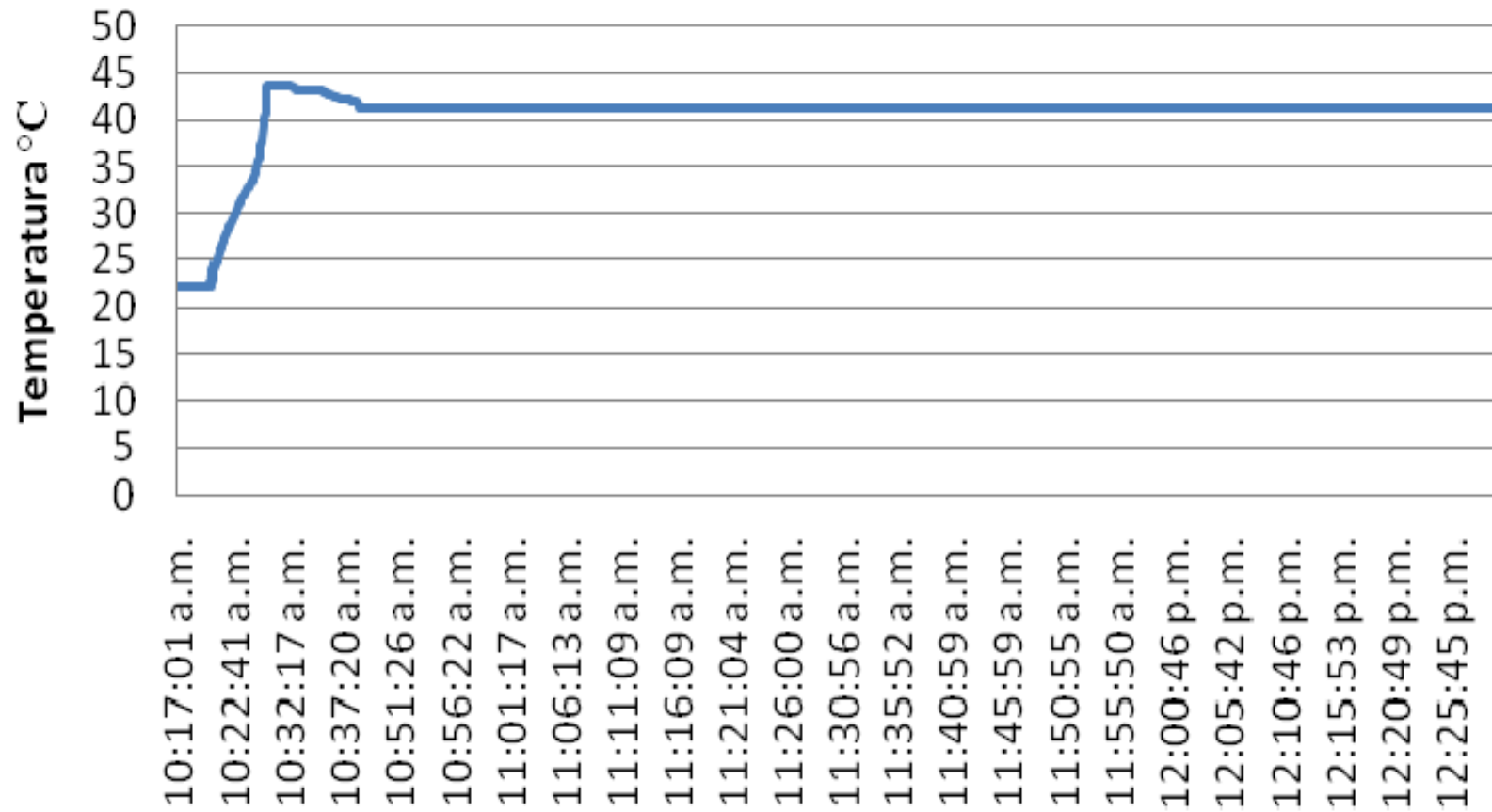


Variaciones de tensión con la temperatura al encender-apagar el horno

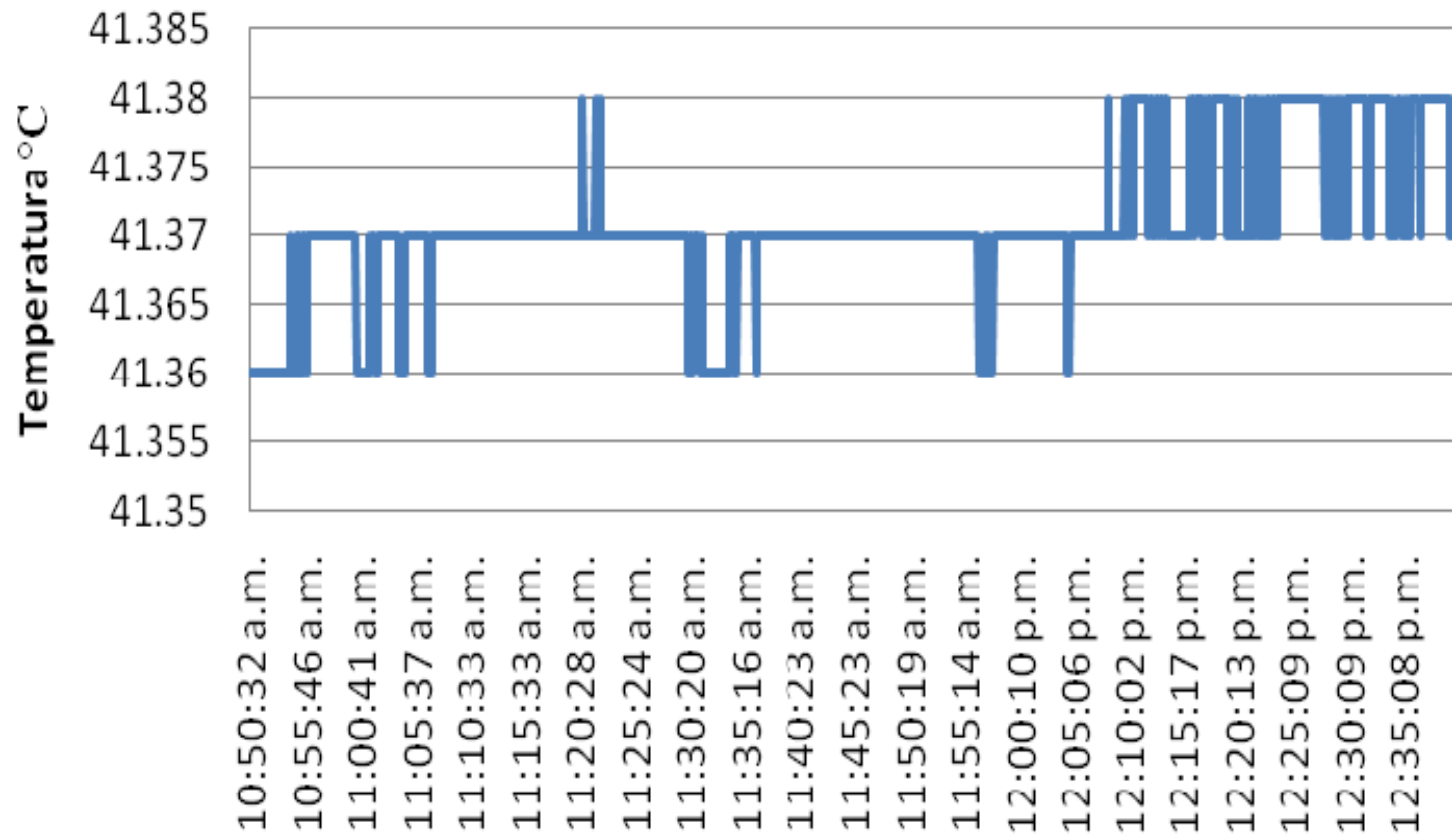
Referencia Zener LTZ1000+Divisor



Comportamiento del horno



Comportamiento del horno (detalle)



Tensión de salida (sin baterías sin blindajes)

