

## Diferentes Dispositivos para Patrón de Tensión de 2,5 V

Diaz, J. Eduardo - Mendoza, J. Matías - Weinheimer, Eddy-Anocibar, H. Orlando- Olsson, J. Alberto

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> GID-IE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>c</sup> LABSE, FI-UNaM, Juan Manuel de Rosas 325, Oberá, Misiones, Argentina

e-mails: joadiaz1@gmail.com, juanmati3mendoza@gmail.com, weinheimereddy23@gmail.com, anocibar@gmail.com, jorgealbertoolsson@gmail.com

---

### Resumen

El presente artículo se realiza como trabajo de la cátedra de Mediciones Electrónicas. Se estudia el funcionamiento y las propiedades de diferentes dispositivos que dan una tensión de salida determinada, sus partes que los componen y sus niveles de tolerancia. Para finalizar se somete a prueba los dispositivos (2,5V) en un mismo PCB y se presentan los resultados del laboratorio para variaciones en la tensión de entrada (regulación de línea), corriente de carga (regulación de carga) y ensayo de temperatura.

**Palabras Clave** – LM317, LM336, Patrones, REF5025, Referencia tensión, TL431.

### 1 Introducción

Hasta el año 1972 los mejores estándares de voltaje eran las celdas electroquímicas, pero no importa cuán cuidadosamente se fabricaran tales celdas, sus voltajes eran variables inevitablemente.

En 1963, el físico británico Brian Josephson predijo teóricamente una serie de efectos que se producirían en muestras formadas por dos capas superconductoras separadas por una capa aislante intermedia de espesor del orden de los nanómetros ( $10^{-9}$  m). Este tipo de dispositivo se llamó unión Josephson en honor a su descubridor.

Así, se tiene un patrón de tensión eléctrica continua, pues la tensión de una unión Josephson únicamente depende del valor de la constante de Planck, la carga eléctrica elemental ( $1,6 * 10^{-19}$  C) y de la frecuencia radiación aplicada.

Luego de realizar una breve reseña histórica, el objetivo principal de este trabajo es comparar cuatro dispositivos calibrados a una tensión de 2,5V.

Primero se comparan sus parámetros característicos de sus respectivas hojas de datos, esto se realiza con el fin de estudiar su funcionamiento y obtener diferentes opciones de conexión que nos recomienda su fabricante. También, se obtiene de la hoja de características ecuaciones que son de utilidad para el cálculo y la selección de los componentes que integran el esquema propuesto.

Seguidamente se procede a la prueba de funcionamiento en *Protoboard* y luego a la construcción del circuito impreso.

Para comparar los dispositivos se utiliza un multímetro digital que mide la tensión de salida de cada uno al someterse a ensayos de regulación de línea (medida de la capacidad que tiene una fuente de alimentación para mantener la tensión de salida nominal con variación del voltaje de alimentación), regulación de carga (capacidad que tiene una fuente de alimentación de regular la tensión solicitada

con independencia de la corriente que se le sea solicitada) y finalmente un ensayo de temperatura (capacidad de mantener la tensión nominal frente a cambios de temperatura).

## 2 Referencias de tensión.

Son dispositivos electrónicos que suelen utilizarse en laboratorio como herramienta de calibración de medidores (voltímetros) o en proyectos en donde se requiere un patrón de tensión determinado robusto frente a perturbaciones exteriores.

## 3 Comparación.

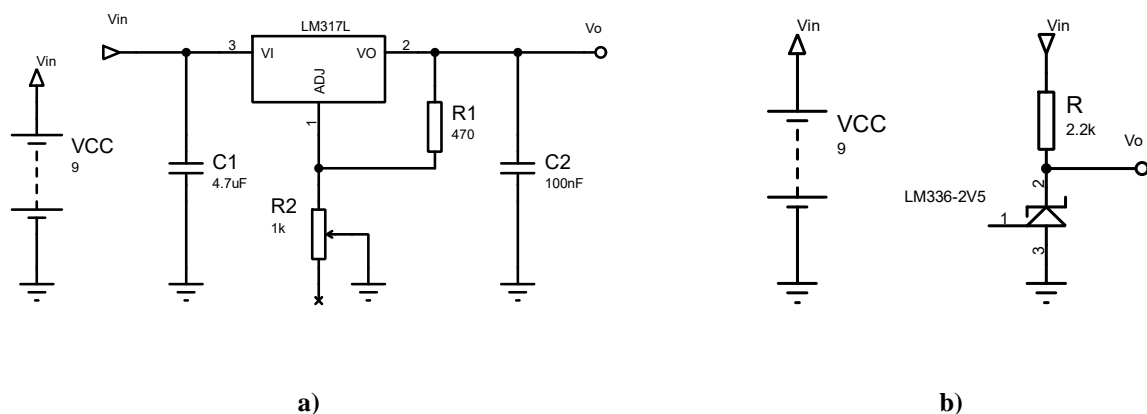
En la siguiente tabla se muestran algunos datos obtenidos de las hojas de características de cada componente.

**Tabla 1. Tabla comparativa de los parámetros característicos de cada componente.**

	Tensión (V)	Exactitud (%)	Coeficiente térmico (ppm/°C)	Estabilidad LP (ppm/kh)	Corriente máxima (mA)	Corriente de consumo (A)	Precio (USD)	Encapsulado	Disponibilidad	
									L	N
TL431	2,495	0,5	92		100	400 u	1,71	TO-92	SI	SI
LM336	2,5	4	34	20	10	400 u	1,76	TO-92	SI	SI
LM317L	1,25-32	4	-		100	1,5 m	1,6	TO-92	SI	SI
REF5025	2,5	0,05	8	22	10	1,2 m	4,405	SOIC-8	NO	NO

## 4 Conexión de cada dispositivo.

Las propuestas de diseño para los diferentes circuitos fueron obtenidas de cada una de las hojas de datos provistas por cada fabricante, acorde a la tensión que uno desea obtener a la salida.



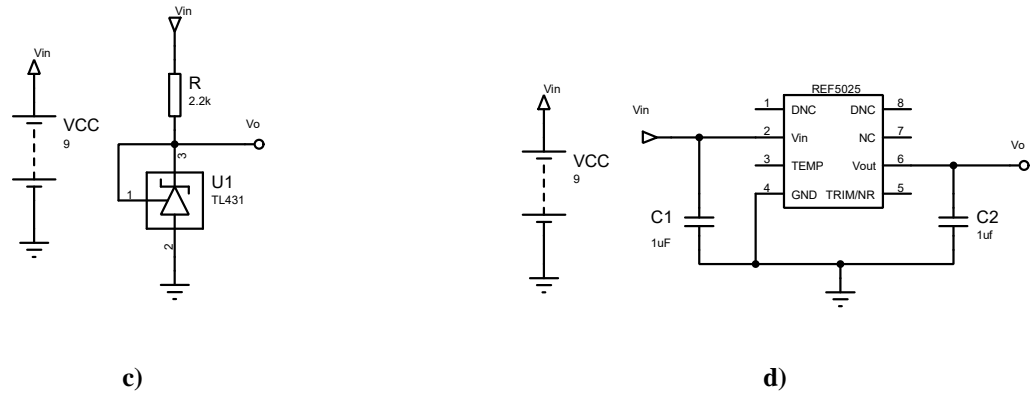


Fig. 1. Circuitos propuestos. (a) LM317L (b) LM336 (c) TL431 (d) REF5025.

## 5 Selección de componentes.

A continuación, se presentan los cálculos para los componentes externos a los reguladores mostrados en la Fig. 1.

### 5.1 LM317

Para poner en funcionamiento este dispositivo, en primer lugar, se obtiene el circuito esquemático de la hoja de características del componente. Los valores de resistores se determinan a partir de la siguiente expresión:

$$V_o = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2 \quad (1)$$

De (1) se despeja  $R_2$  hasta dejar en función de  $R_1$ , esta ecuación se muestra en la siguiente expresión:

$$R_2 = \frac{V_o - V_{REF}}{\frac{V_{REF}}{R_1} + I_{ADJ}} \quad (2)$$

De la hoja de datos se toman los valores:  $V_o = 2,5V$  ;  $V_{REF} = 1,25V$ ;  $I_{ADJ} = 100\mu A$

Finalmente se adopta  $R_1 = 470\Omega$  y se obtiene  $R_2 = 452,97\Omega$  ; debido a que no se cuenta con el valor comercial de  $R_2$  se procede a utilizar un *Preset* de  $R_2 = 1k\Omega$ .

### 5.2 LM336

Directamente se realiza el circuito que brinda el fabricante mostrado en la Fig. 1.(b), pero reemplazando el resistor de  $R = 2,5 k\Omega$  (este valor recomienda el fabricante) por el valor comercial de  $2,2k\Omega$ .

### 5.3 TL431

La expresión utilizada para calcular el resistor de polarización del TL431 (Fig. 1. (c)) se muestra a continuación, siendo  $V_{in} = 9V$ ,  $V_o = 2,5V$  y adoptando una corriente  $I = 3mA$ .

$$R = \frac{V_{in} - V_o}{I} \quad (3)$$

Donde: R es el resistor limitador de corriente;  $V_{in}$  es la tensión de entrada al circuito;  $V_o$  es la tensión de salida y I es la corriente que circula por el TL431.

Se obtiene  $R = 2,16k\Omega$ , se adopta  $R = 2,2k\Omega$

#### 5.4 REF5025

Directamente se utiliza el circuito que nos brinda el fabricante. Se muestra en la Fig. 1. (d).

### 6 Armado de circuito impreso

Luego de ensayar en el *Protoboard*, se realiza el circuito impreso con una entrada y 4 salidas debido a los 4 componentes, el resultado final se muestra en la Fig. 2.



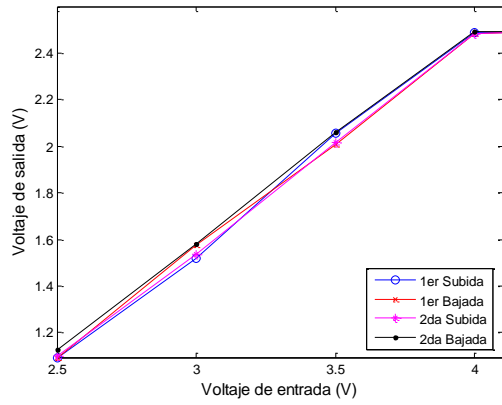
Fig. 2. Caras del circuito impreso. (a) Vista superior. (b) Vista inferior.

### 7 Ensayo de pruebas en laboratorio.

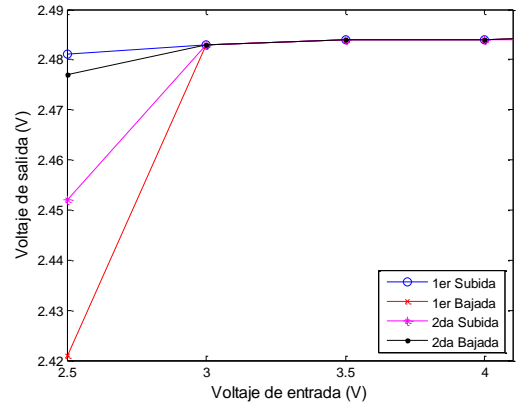
#### 7.1 Regulación de línea

La regulación de línea es una medida de la capacidad que tiene una fuente de alimentación para mantener la tensión de salida nominal con variación del voltaje de alimentación.

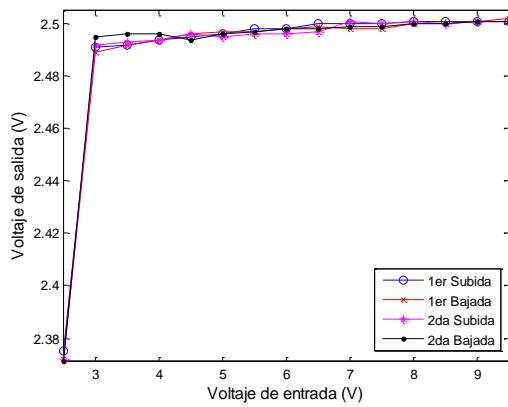
Este ensayo se realiza en el laboratorio para cada uno de los reguladores que se montó en la Fig. 2. Se procede a variar la tensión de entrada desde 2,5V hasta 9,5V, se realizan dos subidas y dos bajadas en este rango de voltaje de entrada, registrando los valores de voltaje a la salida de cada regulador, en la siguiente imagen se observa de una manera visual el resultado de la experiencia.



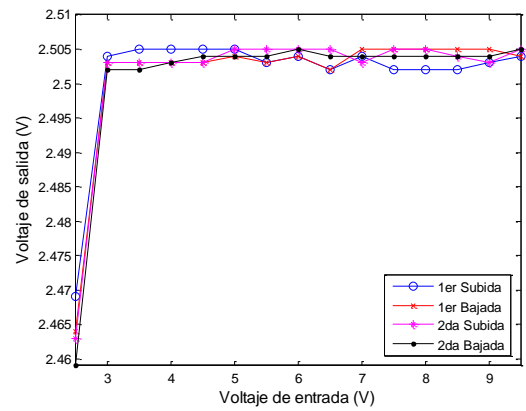
a)



b)



c)

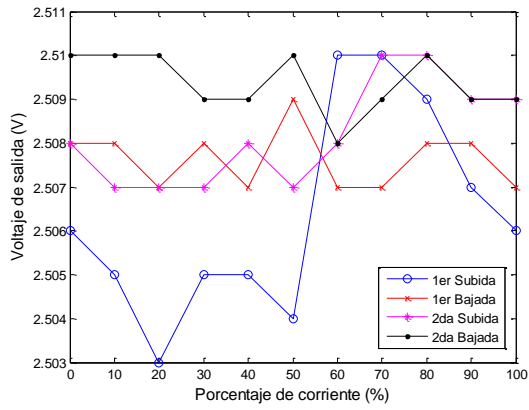


d)

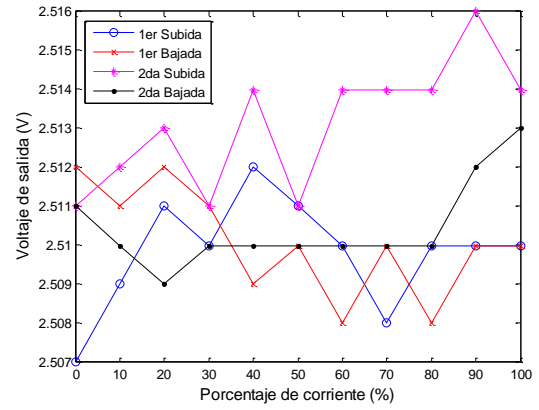
**Fig. 3. Regulación de línea. (a) LM317 (b) TL431 (c) LM336 (d) REF5025**

### 7.2 Regulación de carga

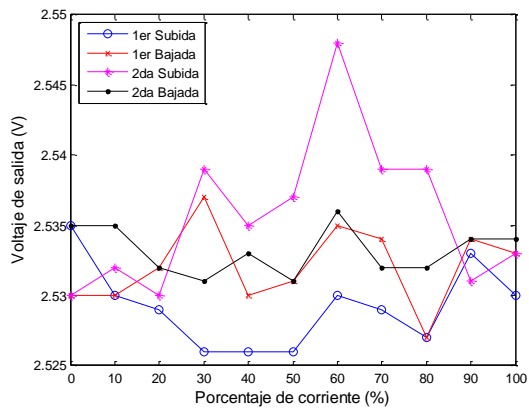
De manera análoga al ensayo de regulación de línea. Se hizo variar la corriente de carga en un rango de 0 a 250 $\mu$ A utilizando un resistor variable, los resultados obtenidos en el laboratorio se muestran a continuación:



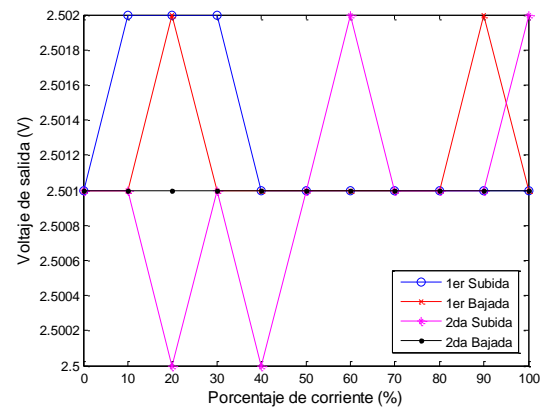
a)



b)



c)



d)

**Fig. 4. Regulación de carga. (a) LM317 (b) TL431 (c) LM336 (d) REF5025**

### 7.3 Ensayo de temperatura

Dejando fija la tensión de alimentación de entrada (9V) y un valor de carga fija, los resultados que se muestran en la siguiente figura corresponden a la variación de la temperatura desde 25°C hasta 50°C.

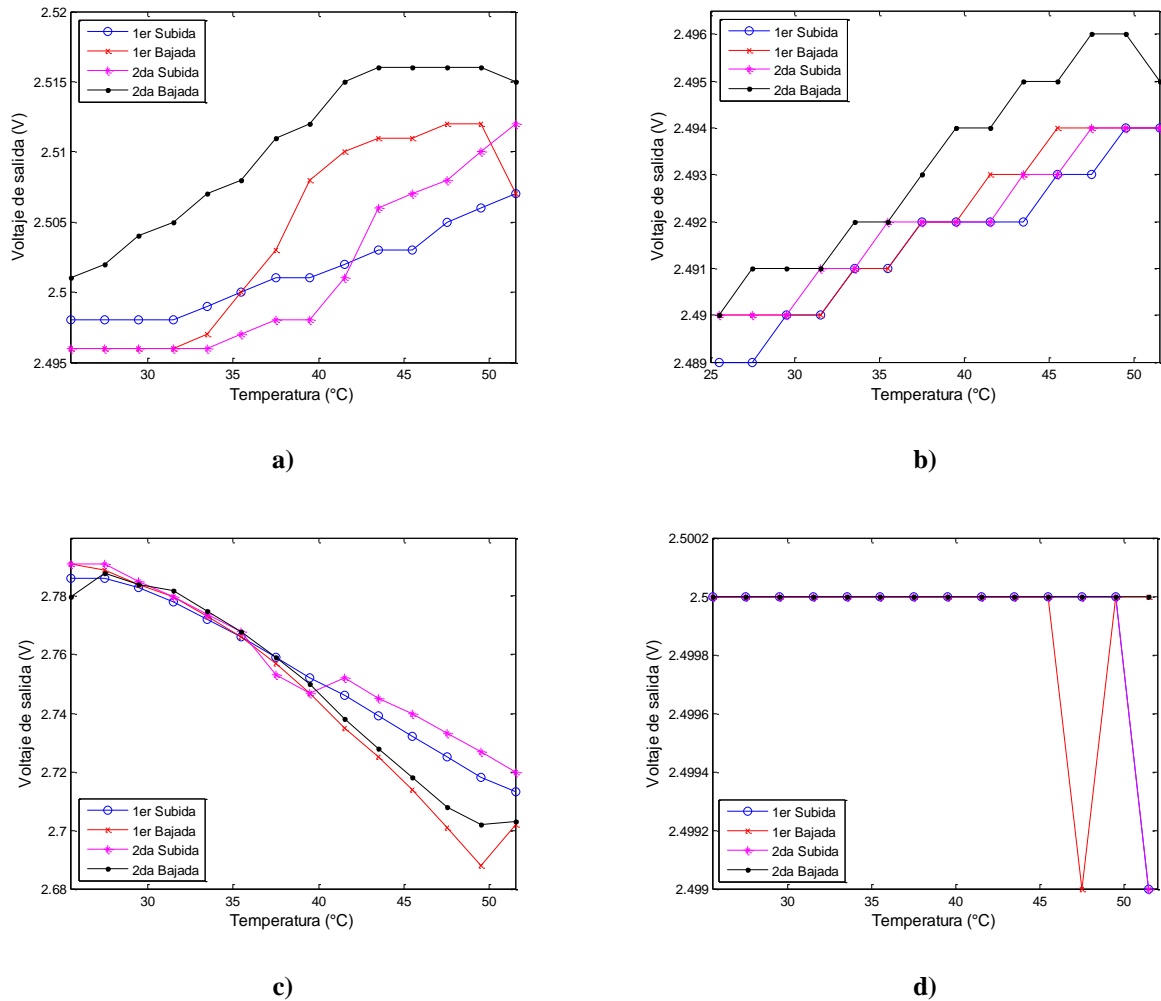


Fig. 5. Regulación de temperatura. (a) LM317 (b) TL431 (c) LM336 (d) REF5025

## 8 Conclusiones

El presente artículo presentó información referida a patrones de tensión determinados, de qué manera se obtuvieron a lo largo del transcurso de los años, que valores se obtenían y con qué instrumentos. Hemos visto la evolución de estos instrumentos, empezando por celdas galvánicas y llegando a día de hoy con componentes y circuitos integrados de alta precisión.

Esta actividad consistió en poder ampliar nuestros conocimientos del manejo, funcionamiento y capacidades de los reguladores y referencias de tensión, para lo cual nos fue necesario investigar en distintas fuentes, además de las hojas de datos de los mismos, luego ensayarlos en un mismo PCB para poder obtener una tensión de 2,5V en sus salidas.

A lo largo de esta guía se describe brevemente como es que estos dispositivos son capaces de mantener una determinada tensión debido a la tolerancia que presenta cada uno. También describimos las principales características y parámetros de cada uno.

El objetivo principal era verificar que regulador presentaba mayor robustez frente a diferentes variaciones (regulación de línea, carga y temperatura), con las Fig. 3, Fig. 4 y Fig. 5 se puede responder esta pregunta, de la regulación de línea el LM336 y el REF5025 presentan una mejor

respuesta, en el ensayo de variación de carga el LM336 y el LM317 tienen mayor robustez, finalmente de la prueba de temperatura tanto el TL431 como el REF5025 tienen mejores respuestas por lo tanto el REF5025 se considera como una mejor referencia debido a las altas temperaturas que se tiene en Misiones.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido llevado a cabo gracias al apoyo de los docentes de la cátedra de mediciones electrónicas del 4to año de la carrera de ingeniería electrónica.

### **Referencias**

[1] History of NIST Quantum Voltage Standards. [Online]. Available: <https://www.nist.gov/pml/history-nist-quantum-voltage-standards>

[2] Hoja de datos TL431. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/TL431?keyMatch=TL431>

[3] Hoja de datos LM336. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/LM336-2.5?keyMatch=LM336>

[4] Hoja de datos LM317L. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/LM317L?keyMatch=LM317L>

[5] Hoja de datos REF5025. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/REF5025/part-details/REF5025IDR?keyMatch=REF5025>