



Demoduladores síncronos completamente diferenciales orientados a aplicaciones biomédicas: Estudio comparativo

Martínez-López Diana, González-Landaeta Rafael Eliecer, Cota-Ruiz Juan de Dios.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología. Depto. Ingeniería eléctrica y computación. Programa de Licenciatura en Ingeniería Biomédica
al132587@alumnos.uacj.mx

Resumen

En este trabajo se caracterizaron diferentes tipos de circuitos demoduladores completamente diferenciales; los basados en ganancia conmutada, los cuales se implementaron con una topología acoplada o no acoplada entre sí. Dichas topologías se implementaron con dos amplificadores integrados en un mismo monolítico y con dos amplificadores discretos. También se implementó mediante un solo amplificador completamente diferencial, y, por último, se implementó un circuito demodulador completamente diferencial mediante condensadores conmutados flotantes. En todos los circuitos implementados, se estimaron los errores de no linealidad (en fase y en cuadratura), los errores de cero, la relación de rechazo en modo común (CMRR, por sus siglas en inglés) y la tensión de ruido electrónico. Esto con el fin de evaluar la prestaciones de cada configuración y valorar su desempeño en una aplicación determinada.

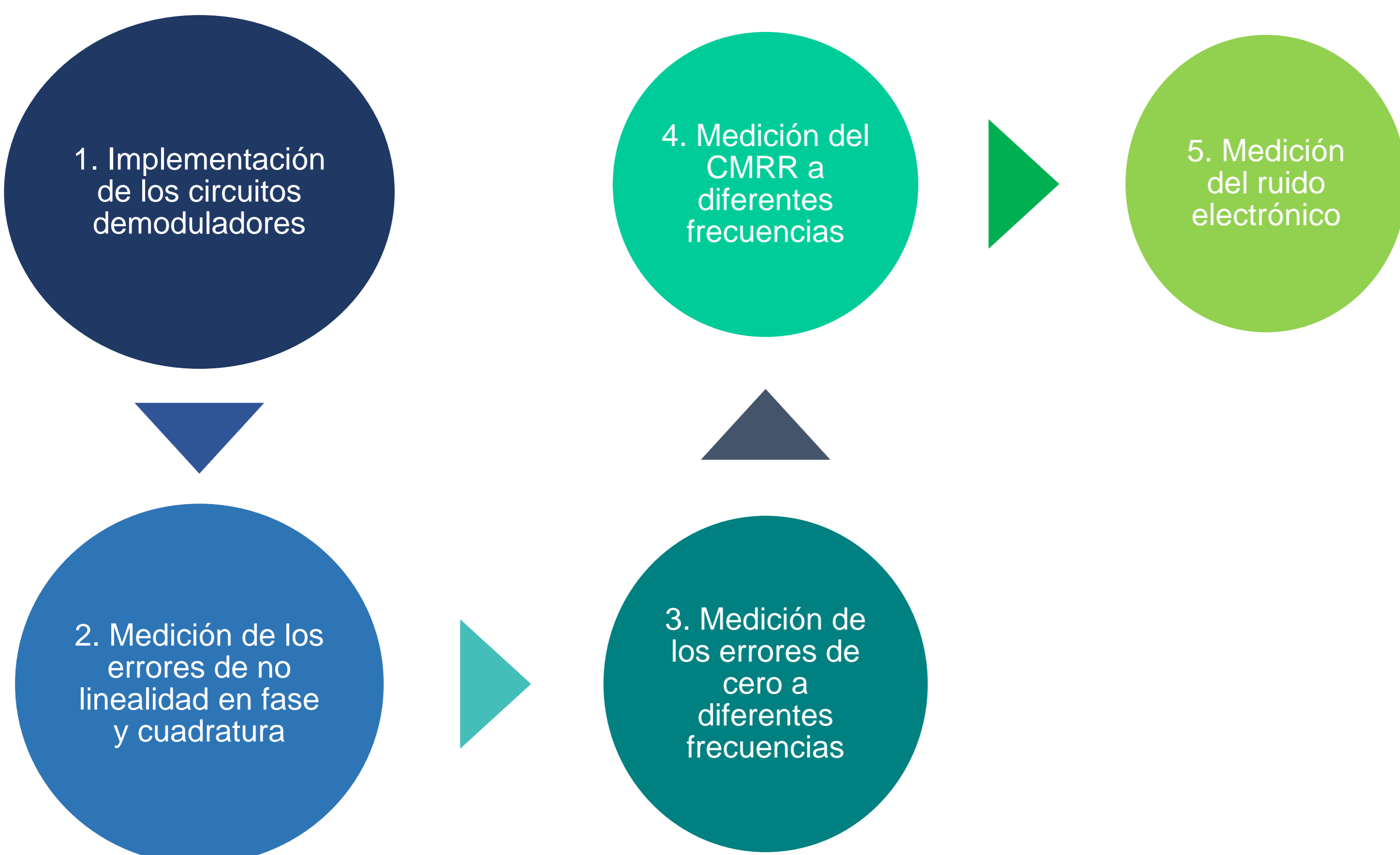
Introducción

En la actualidad, existen distintos circuitos que permiten llevar a cabo el proceso de desmodulación. Entre ellos están los multiplicadores analógicos, los amplificadores de ganancia conmutada, los circuitos de retención de orden cero, entre otros. González-Landaeta et al. [1], recientemente propusieron un circuito amplificador completamente diferencial con ganancia conmutada que funge como un demodulador síncrono. Con dicho circuito es posible aumentar el margen dinámico en la cadena de procesamiento de señal y aumentar la relación de rechazo en modo común (CMRR, por sus siglas en inglés). Este demodulador se puede implementar con distintas topologías; debido a su novedad, no se ha estudiado cuáles son las ventajas y desventajas que posee cada una. Tampoco existe un estudio que compare las características de este circuito con otro demodulador completamente diferencial; en este estudio se comparó con el circuito basado en condensadores flotantes. Por tanto, es difícil establecer los criterios de selección, para una determinada aplicación, a la hora de elegir el circuito adecuado para implementar la técnica de demodulación síncrona.

Objetivos

- Implementar un circuito rectificador síncrono completamente diferencial, no acoplado entre sí, utilizando dos amplificadores operacionales (discretos e integrados en un circuito monolítico).
- Implementar un circuito rectificador síncrono completamente diferencial, acoplado entre sí, utilizando dos amplificadores operacionales (discretos e integrados en un circuito monolítico).
- Implementar un circuito rectificador síncrono completamente diferencial, acoplado entre sí, utilizando un solo amplificador operacional completamente diferencial.
- Implementar un circuito de retención de orden cero completamente diferencial basado en condensadores flotantes.
- Medir los errores de cero, la sensibilidad, el CMRR, el ruido electrónico y los errores de no linealidad (en fase y en cuadratura) de cada circuito implementado.
- Analizar los resultados obtenidos en cada circuito implementado para su posterior comparación.

Metodología



Resultados

En las medidas de los errores de no linealidad se observó un aumento de dichos errores a medida que se aumentaba la frecuencia, esto tanto para medidas en fase (0 grados) y en cuadratura (45 grados). Este comportamiento se observó en todos los circuitos basados en un amplificador de ganancia conmutada, excepto en el circuito de condensadores flotantes. El mayor error de no linealidad (en fase y en cuadratura) se obtuvo a 30 kHz con el amplificador operacional completamente diferencial THS4531.

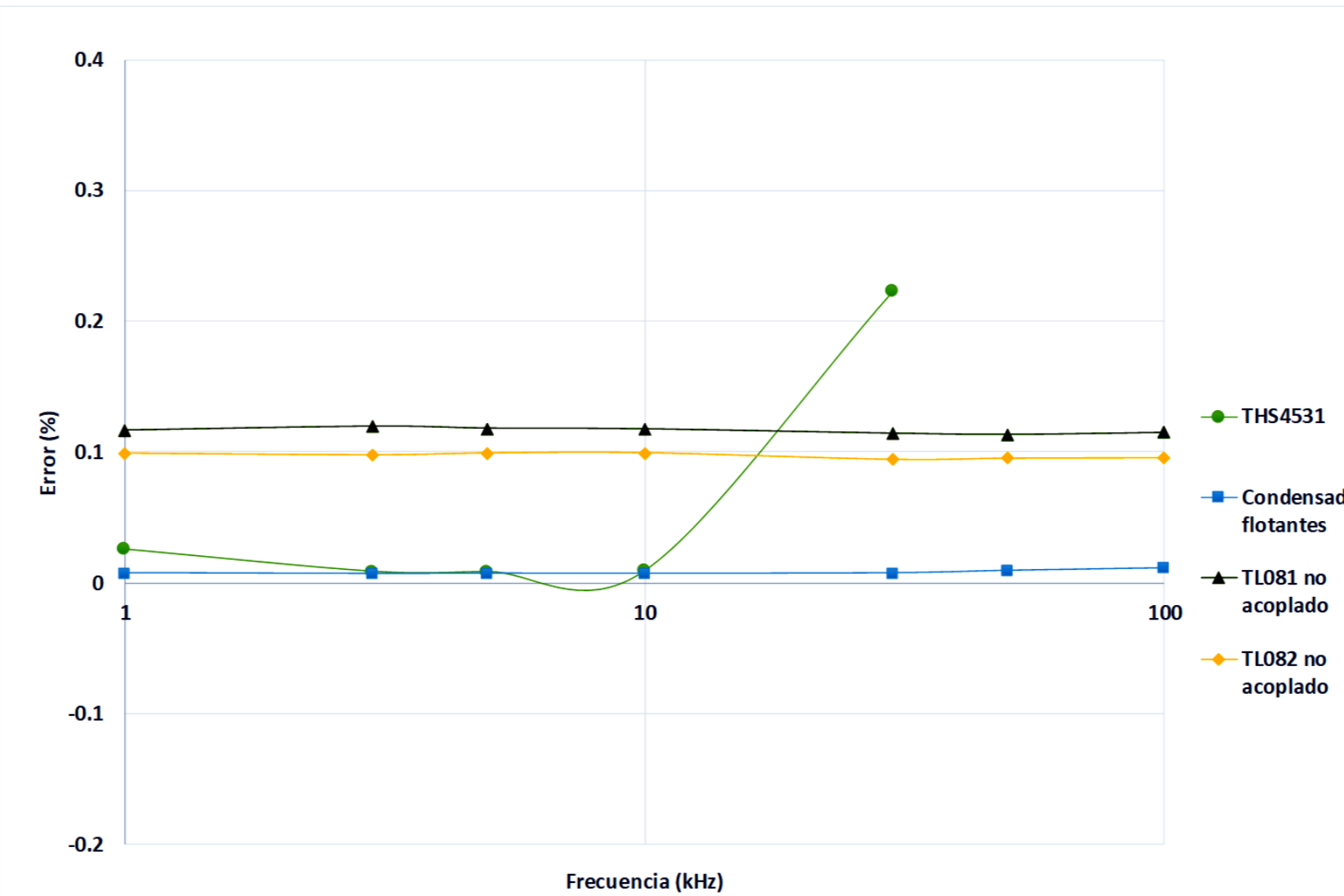


Figura 1. Error de no linealidad referido al fondo de escala de los circuitos implementados cuando el ángulo de fase entre la señal de entrada y la onda de referencia es de 0 grados.

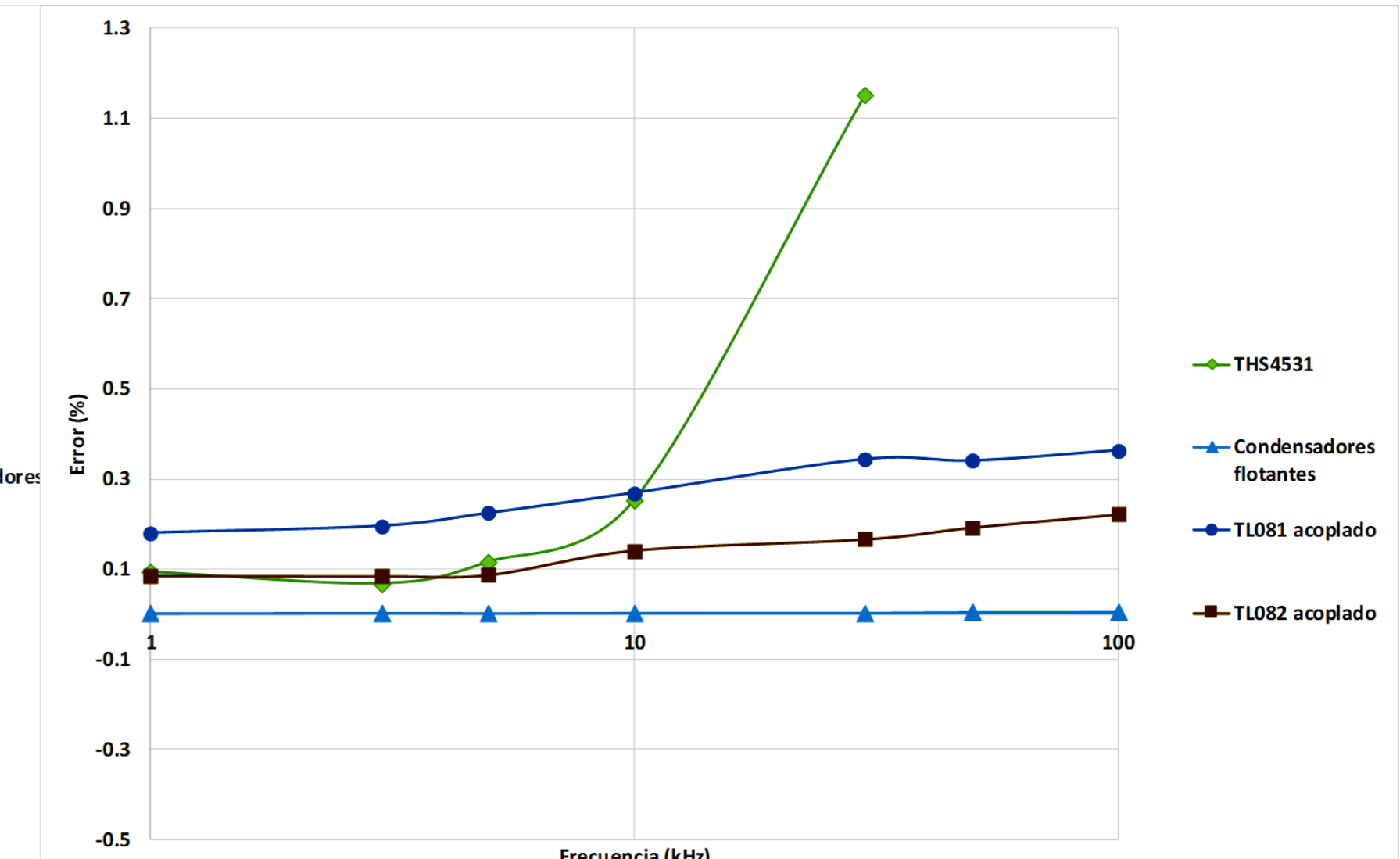


Figura 2. Error de no linealidad referido al fondo de escala de los circuitos implementados cuando el ángulo de fase entre la señal de entrada y la onda de referencia es de 45 grados.

Todos los circuitos estudiados presentaron una dependencia de los errores de cero con la frecuencia. Independientemente de la polaridad de los errores, éstos aumentaban a medida que aumentaba la frecuencia. El circuito de condensadores flotantes presentó los menores errores de cero, debido a que este demodulador no utiliza amplificadores operacionales.

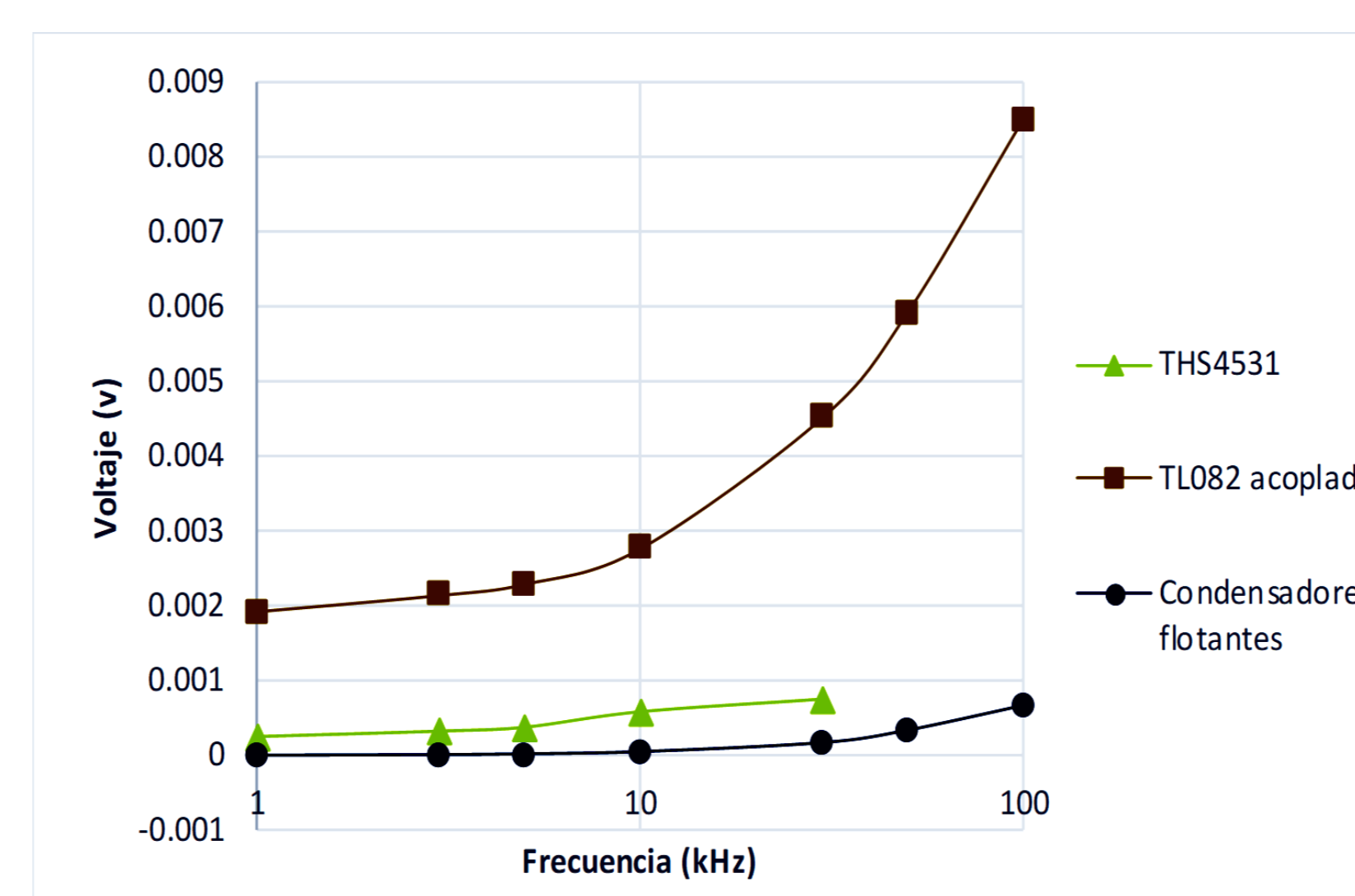


Figura 3. Errores de cero a diferentes frecuencias.

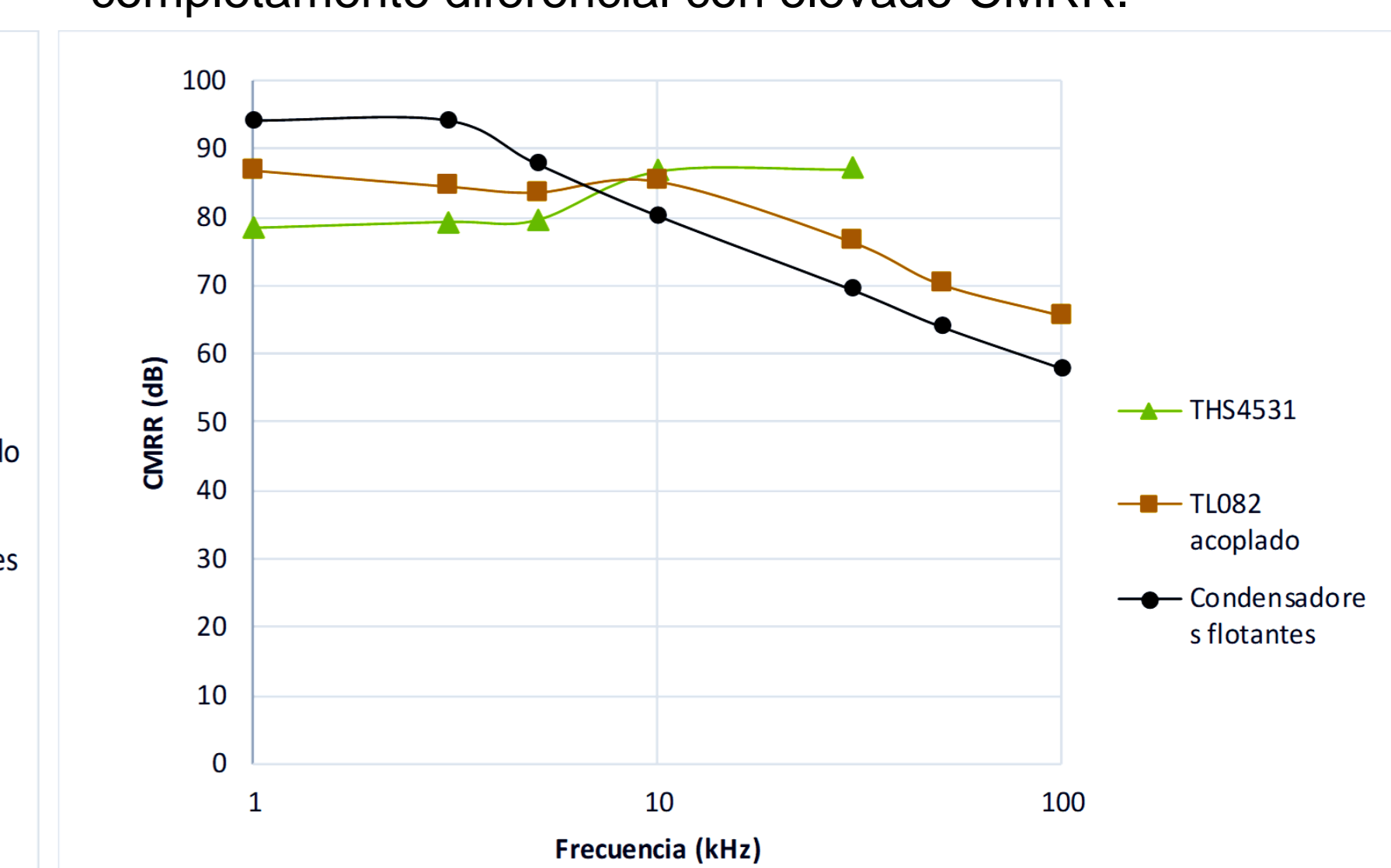


Figura 4. CMRR a diferentes frecuencias.

El ruido electrónico en los circuitos demoduladores basados en ganancia conmutada depende de la tensión de ruido de los amplificadores operacionales utilizados. Debido a que las resistencias utilizadas para implementar el demodulador suelen ser de bajo valor, la contribución de las corrientes de ruido de los amplificadores operacionales es muy pobre. En los circuitos estudiados, la menor tensión de ruido a la salida se obtuvo con el circuito que utiliza el amplificador operacional TL081 con una topología acoplada entre sí. A pesar de que el amplificador TL082 tiene las mismas características de ruido que el TL081, se obtuvo una diferencia sustancial en la tensión de ruido estimada cuando se usaron estos dos amplificadores. Esto es un punto que debe ser analizado con más detalle en otro estudio.

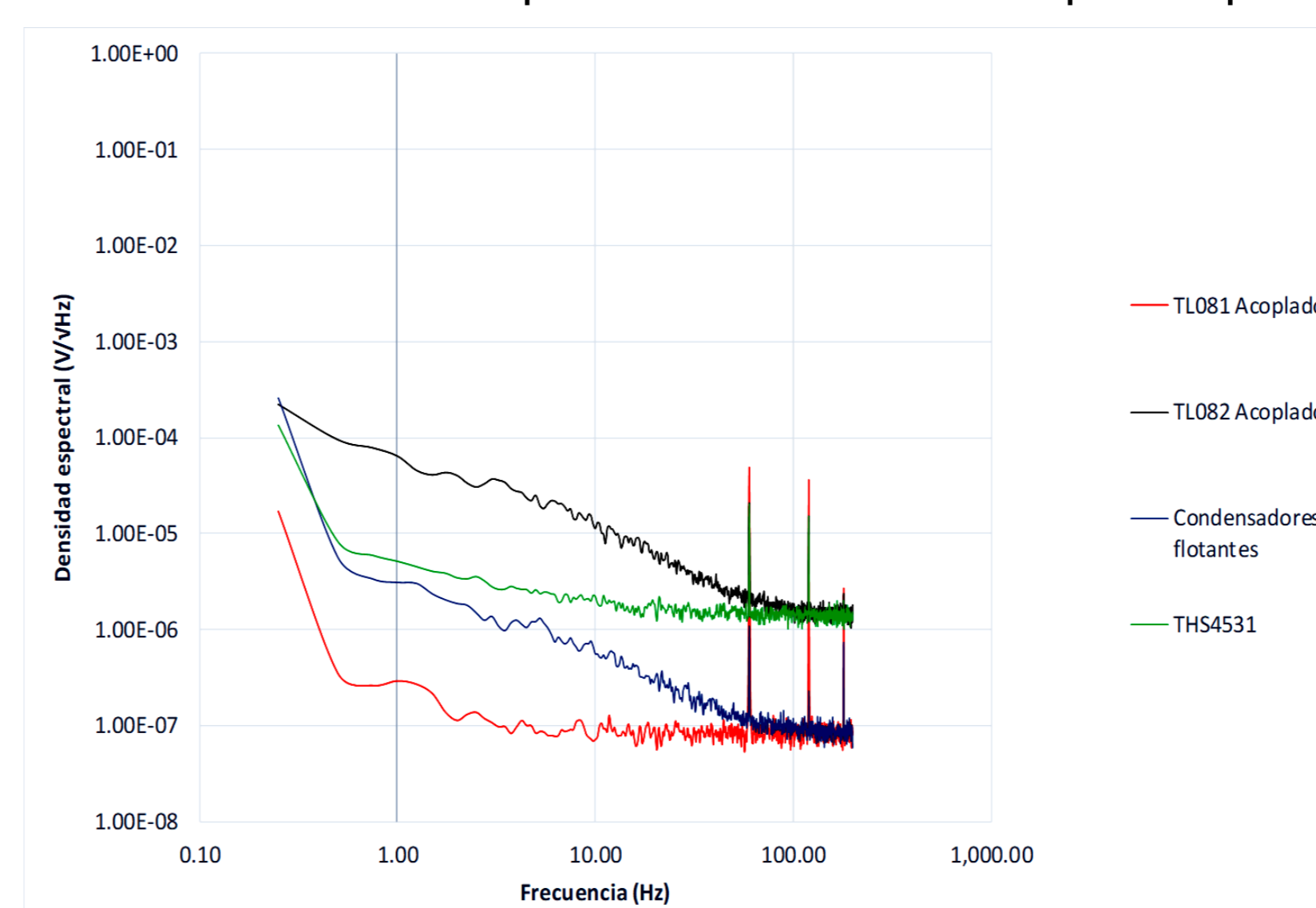


Figura 5. Densidad espectral de la tensión de ruido de los demoduladores implementados con una frecuencia de conmutación de 1 kHz.

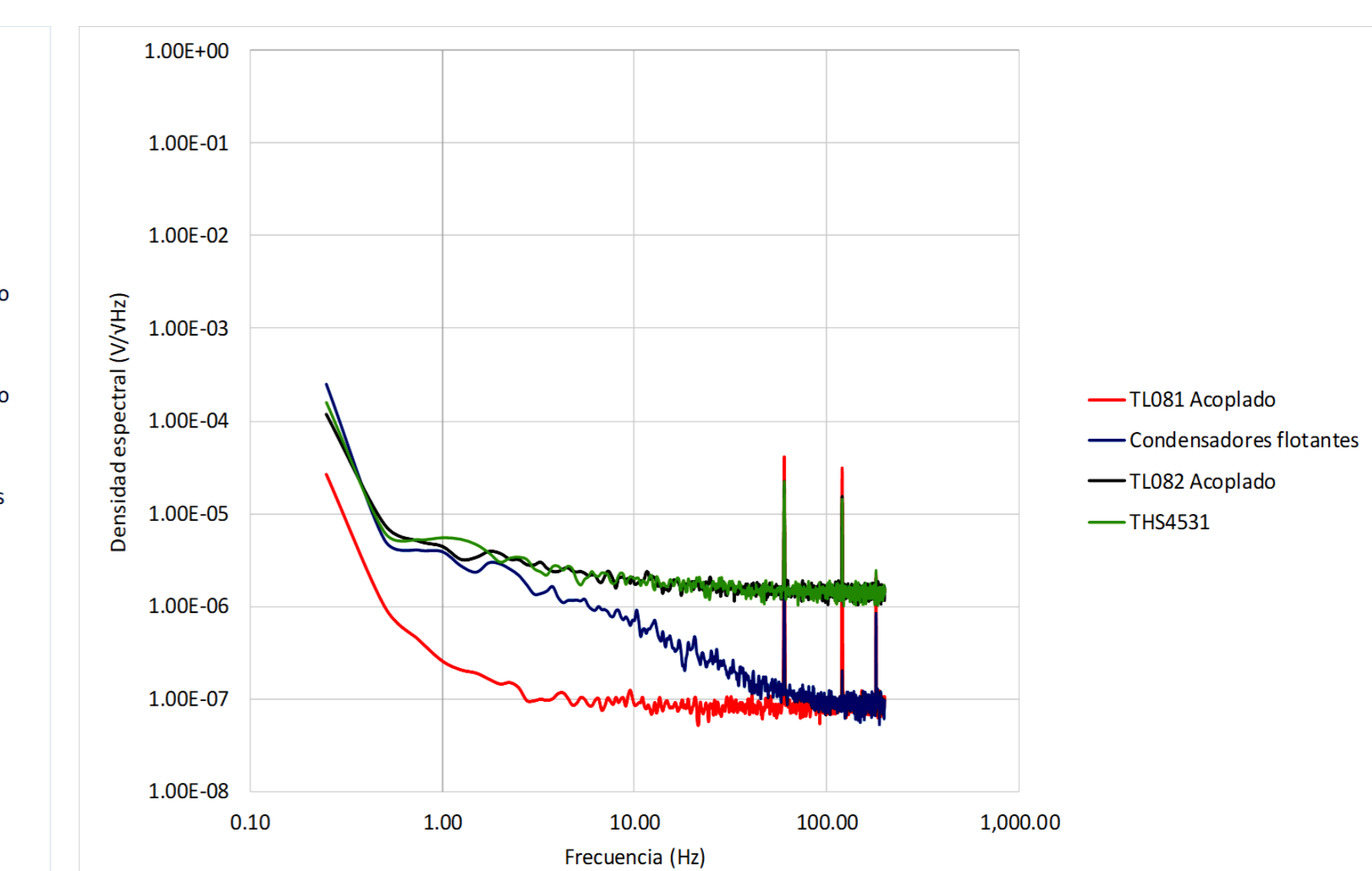


Figura 6. Densidad espectral de la tensión de ruido de los demoduladores implementados con una frecuencia de conmutación de 100 kHz.

Conclusiones

1. Se demostró la posibilidad de implementar un amplificador de ganancia conmutada como circuito demodulador coherente completamente diferencial con diferentes topologías y diferentes tipos de amplificadores operacionales.
2. De los circuitos de ganancia conmutada estudiados, se obtuvo menores errores de no linealidad (en fase y en cuadratura) implementando el demodulador con una topología acoplada entre sí utilizando dos amplificadores integrados en un mismo monolítico.
3. Si lo que se busca es obtener menores errores de cero con un circuito de ganancia conmutada, se recomienda implementar el circuito con un amplificador operacional completamente diferencial con bajos errores de cero.
4. Según la topología utilizada en los amplificadores de ganancia conmutada implementados con dos amplificadores operacionales, el CMRR depende de las tolerancia de las resistencias o de qué tan iguales sean los dos amplificadores operacionales. Cuando el circuito se implementa con un solo amplificador operacional completamente diferencial, el CMRR de todo el circuito depende del CMRR del dispositivo activo.
5. Para obtener una menor contribución de ruido en los amplificadores de ganancia conmutada, se recomienda usar amplificadores operacionales con baja tensión de ruido.

Referencias

- [1] R. E. González Landaeta, J. de D. Cota Ruiz, E. Sifuentes de la Hoya, and J. D. Díaz Román, "Circuito demodulador síncrono completamente diferencial," Solicitud de patente MX/a/2017/008478, 2017.
- [2] R. Pallás-Areny and Ó. Casas, "A novel differential synchronous demodulator for AC signals," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 45, no. 2, pp. 413–416, 1996.
- [3] S. Franco. Diseño con amplificadores operacionales y circuitos integrados analógicos. Mc Graw Hill, 2004.
- [4] R. Casanella, Ó. Casas, and R. Pallás-Areny, "Differential synchronous demodulator for conductivity sensors," IEEE Sensors Conf., vol. 2, pp. 1209–1213, 2003.
- [5] R. Pallás-Areny and J. G. Webster, Analog Signal Processing. Wiley Interscience, 1999.