

Eliminación del Efecto Larsen en ambientes ruidosos para mejorar comunicación en personas con discapacidad auditiva

Fabián Sáenz-Enderica^{1*}; Carlos Romero-Gallardo²; Luis Oña-Jacho³; Carlos, Bernal-Oñate⁴

Resumen

En este trabajo se describe una solución para la industria, mediante la implementación de un sistema para mejorar la calidad de la señal de audio, para las personas expuestas a los sistemas ruidosos que utilizan la tarjeta FPGA, que presenta un esquema de diseño y pruebas de rendimiento de un prototipo a ser implementadas.

Palabras Clave: tarjeta FPGA; Larsen; ruido; filtro.

Larsen Effect elimination in noisy environments to improve communication in people with hearing disabilities

Abstract

This paper describes a solution for the industry through the implementation of a system to improve the quality of audio signal, for people exposed to noisy systems that use FPGA card, which presents a design scheme and performance testing of a prototype to be implemented.

Keywords: FPGA card; Larsen; noise; filter.

¹Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Máster en Ciencias, Máster en Ingeniería Electrónica y Doctorando en Ciencias de la Universidad Nacional de la Plata UNLP, Argentina. fgsaenz@espe.edu.ec orcid.org/0000-0002-7586-5266

²Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Especialista en Proyectos y Doctorando en Ciencias de la Universidad Nacional de la Plata UNLP, Argentina. cgromero@espe.edu.ec

³Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. Consultor independiente. luisig.ona@gmail.com

⁴Docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Máster en Ciencias, Máster en Ingeniería Eléctrica y Doctorando en Ciencias del Instituto Militar de Engenharia IME, Brasil. cpbernal@espe.edu.ec

*Autor para la correspondencia: fgsaenz@espe.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

El hombre ha aprendido a hablar escuchando e imitando las voces de los demás, ha aprendido la mayoría de lo que sabe escuchando a sus padres y profesores. La música, sonidos de la naturaleza y las voces de los seres queridos le pueden brindar placer y seguridad.

En la actualidad existe un problema fruto de la industrialización la cual ha traído consigo maquinaria mucho más ruidosa y por ende el número de trabajadores expuestos es mayor que en años anteriores. Por lo que es muy común en personas que trabajan en industrias con maquinarias con altos niveles de emisión de ruido y que además no han sido debidamente protegidas, sufran la pérdida auditiva que se expresa como dificultad para entender conversaciones en ambientes ruidosos, escuchar la radio, TV y responder el teléfono.

Hay distintas soluciones para prevenir este tipo de enfermedad auditiva para ello hay en el mercado distintos productos con tecnología eficiente los cuales por su precio no son de fácil accesibilidad, mediante una previa investigación de campo y laboratorio se determinó el tipo de análisis ideal para poder integrar la tecnología apropiada, reducir los costos y tener una mayor eficiencia en su aplicación (Centro del Audífono, 2011).

Este análisis plantea la posibilidad de disminuir el ruido en ambientes laborales en donde se hace imposible la comunicación entre personas, y donde es de suma importancia que el trabajador detecte ruidos sumamente fuertes como medida de alarma, de este mecanismo la persona obtendrá beneficios no solo a nivel de eficiencia laboral, si no que a largo plazo no se presentaran daños en la salud del individuo.

Hoy en día la tecnología que se emplea en la elaboración de los audífonos es muy eficaz además de discreta, dependiendo del paciente se deberá escoger la prótesis que mejor se adapte a sus necesidades. Por medio de nuevos mecanismos para identificar los problemas relacionados a la pérdida de audición en distintos ambientes de trabajo, se establecen nuevos modelos matemáticos para implementar mediante tecnología de última generación nuevos dispositivos e integrar funciones adicionales (Coclear, 2009) (LabcUsb, 2012).

2. ESTUDIOS DE PRUEBA Y MEJORAMIENTO DEL FILTRO

2.1. Funcionamiento del Filtro Prediseñado

Se determinó que el tipo de filtro a utilizar por las

prestaciones que este presta en el análisis de señales analógicas, y por su rendimiento, es el filtro de Butterworth, en el cual se debe considerar la banda de paso y la banda de atenuación de la banda suprimida. De igual manera en este punto se ubica la banda de paso y las frecuencias de banda de rechazo donde 1 corresponde a π rad/muestra, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Parámetros en la Etapa de Filtrado

Parámetro	Frecuencia(Hz)	Amplitud(dB)
Fs:	8000	
Fpass:	1600	
Fstop:	2000	
Apass:		3
Astop:		70

2.1. Pruebas con el Filtro Prediseñado

Al analizar el rendimiento del filtro se estableció que el rango de frecuencias audibles (Tabla 2), que dejó pasar el Filtro Prediseñado fue

Tabla 2: Rangos de Frecuencias Audibles Obtenidos por el Filtro Prediseñado.

Nivel de Ruido (dB)	Rango de Frecuencia Filtrado (Hz)
10	230 - 900
85	210 - 1100
91	208 - 970
97	205 - 990
103	210 - 1000

3. ADAPTACIÓN DE LA SEÑAL A LA TARJETA FPGA, DESARROLLANDO LA PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE VHDL

3.1. Definición de la Tarjeta FPGA a ser utilizada

Las prestaciones que integra la tarjeta Spartan 3A/3AN FPGA Starter Kit (Xilinx Co, june 2009), son muchas, pero las más importantes son las siguientes: contienen 500K compuertas que son equivalentes a 10476 celdas lógicas, Memoria Flash 16 MByte (128 Mbit) para aplicaciones, DDR (double data rate) SDRAM de 64 MByte (512 Mbit), CLPD XC2C64A, familia CoolRunner, Memoria Flash de 4 Mbit, para configuración. Además cuenta con Memoria Flash 16 Mbits acceso serial, vía SPI (serial peripheral interface), una interface de capa física Lan Ethernet 10/100 y un oscilador de 50 Mhz, integra un convertidor Digital a Analógico SPI de cuatro salidas (DAC), con resolución de 12 bits y un convertidor

Analógico al Digital SPI de dos entradas (ADC) con resolución de 14 bits y pre - amplificador con ganancias programables, todas manufacturadas por Linear Technology.

3.2. Diseño del Sistema de Mejoramiento de Calidad Auditiva

Distintos criterios intervienen en una investigación de campo ya que se consideran muchos factores para poder integrar un nuevo diseño de investigación al ámbito industrial, estableciendo las necesidades por donde se guía el proyecto se determina con fundamentos de ingeniería la mejor solución para llegar a establecer una solución viable. Los criterios de diseño establecidos para la implementación del Filtro Prediseñado son los siguientes:

- El Tipo de Tecnología Establecida en la Investigación.
- Mejoramiento del Filtro Prediseñado mediante DSP.

El circuito para captura de señales analógicas consiste del LTC6912-1. Este esquema realiza la conversión de la señal analógica las cuales son adquiridas por los puertos VINA o VINB a ser representado el dato en 14-bits, este tipo de conversión se la realiza:

$$D[13:0] = GAIN * \frac{V_{IN} - 1.65V}{1.25V} * 8192 \quad (1)$$

LTC6912-1 provee de dos canales independientes, realizando amplificaciones con ganancia programable, el propósito del pre-amplificado es determinar el rango de adquisición de la señal analógica de entrada para poder realizar la conversión A/D. Cada canal analógico tiene asociado una amplificación de ganancia programable comprendida en el rango de -1 hasta -100, por cada valor de ganancia se tiene un nivel de voltaje amplificado.

Cuando el AD_CONV está en alto, el ADC simultáneamente adquiere las señales analógicas de los canales. El resultado de esta conversión no es presentado hasta el siguiente tiempo AD_CONV se ponga en bajo, por medio de una latencia de una muestra, la máxima tasa de muestra es aproximadamente 1.5MHz.

3.3. Programación de lenguaje VHDL

Con ayuda de la herramienta de Matlab Filtre Design & Análisis Tool, se configuró el filtro digital pasa-banda, se integraron las mismas características del filtro prediseñado como se muestra en la Figura 1, porque permite identificar, por las pruebas realizadas, la discriminación del ruido producido por maquinaria industrial.

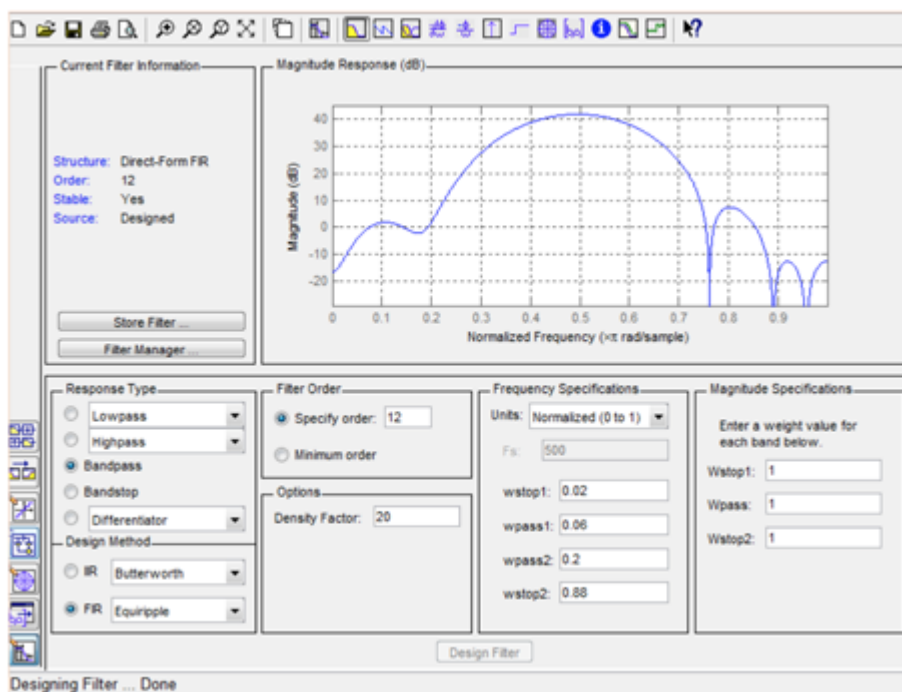


Figura 1. Configuración del Filtro FIR

3.4. Procesamiento de la Señal Recibida

El convertor análogo digital es el encargado de la adquisición de datos hacia el FPGA. Esta etapa del receptor es desarrollada en lenguaje de descripción de Hardware Verilog. Por medio de la simulación se verifica el comportamiento del rendimiento del ADC.

La segunda etapa es adquirir el dato por los puertos los cuales con adquiridos mediante el Bus SPI, por medio

de la línea SPI_MOSI se realiza la adquisición del dato y la respectiva conversión del dato a digital como se muestra en la Figura 2.

También se debe realizar la configuración previa para el funcionamiento del ADC, para ello solo se necesita que la línea AD_CONV realice un flanco de reloj como se muestra en la Figura 3.

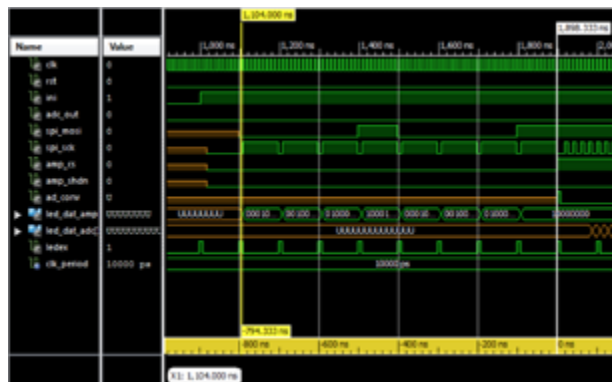


Figura 2. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC

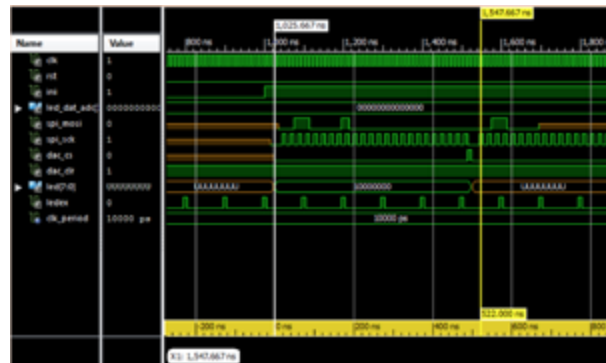


Figura 2. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC

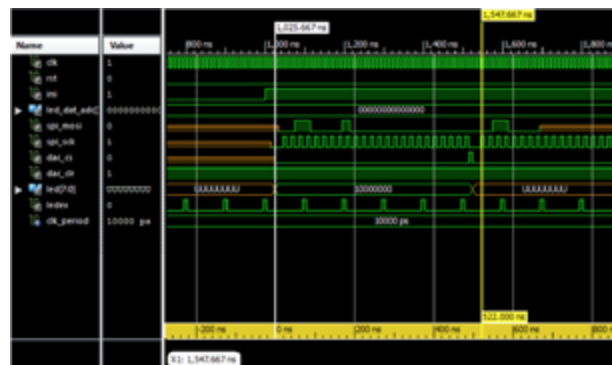


Figura 3. Configuración de palabra de control para pre-amplificador y Adquisición del dato y conversión del mismo con el ADC

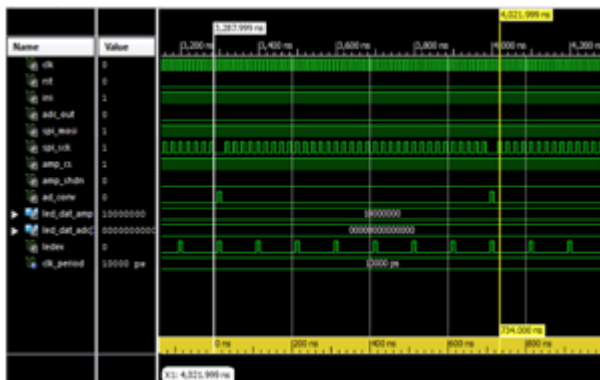


Figura 4. Configuración y Reconstrucción de la señal con el DACseñal con el DAC

Para recuperar la información y obtener una percepción del audio, grata para el oído humano, se debe configurar y construir la señal como se muestra en la Figura 4.

4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MEJORAMIENTO DE CALIDAD AUDITIVA

La implementación integra todos los fundamentos teóricos establecidos por los criterios de procesamiento digital de señales y la implementación del mismo, como se muestra en la Figura 5. El sistema brinda al personal técnico y laboral de instituciones de producción a nivel regional, reducir las altas emisiones de ruido llegando a establecer un buen estilo de vida laboral. Es demostrado que la contaminación acústica genera pérdida auditiva (Salazar Bugueño; pág. 311).



Figura 5. Implementación del sistema.

4.1. Elementos que Intervienen en el Sistema Periférico de entrada para la adquisición de señales

El periférico del que dispone la tarjeta, tiene como función principal, facilitar al usuario el conectar un dispositivo de adquisición de señales de audio como un micrófono o

MIC electronic, por medio de su plug de 3.3 mm hacia el Jack que integra el periférico. La segunda función del periférico es realizar el acondicionamiento de la señal de entrada hacia el prototipo implementado en la FPGA, este proceso lo realiza por medio del integrado AN7126.

Módulo para el Procesamiento Digital de Señales

Este módulo lo integra completamente la tarjeta de desarrollo Spartan 3A/AN por medio de sus elementos internos como es el Amplificador de señales de audio, Conversor Analógico Digital (CAD) y el Conversor Digital Analógico DCA, internamente el integrado de Xilinx XSC300 realiza el control de los elementos, por medio de múltiples configuraciones, comprendiendo la conexión de los mismos y el tipo de comportamiento para el CAD y DCA.

Periférico de Salida para la Emisión de Señales

Este diseño integra un acondicionador de señales porque la tarjeta envía señales con niveles de voltaje muy bajas y son propensas a ser distorsionadas por agentes externos en el cual se esté manipulando la señal de audio, para ello se integró el integrado AN7126, que cumple la función de acondicionar la señal del conversor digital análogo.

4.2. Obtención de Resultados

Las pruebas que se realizaron para identificar el tipo de filtrado de audio que realiza la tarjeta FPGA y el rendimiento del mismo fueron hechas con un osciloscopio, que permite visualizar gráficamente las

señales eléctricas variables en el tiempo, a partir de estas señales se puede determinar parámetros de la misma como frecuencia, periodo, amplitud,... etc.

Resultados para un nivel de ruido de 70 dB

En la Figura 6 se visualiza las señales de audio obtenidas tanto en el ingreso y salida del sistema de

mejoramiento de calidad auditiva, las señales están con un nivel de ruido de 70 Db. Este parámetro es el de menos perjuicio para el personal de operación, pero causa molestias al momento de establecer una comunicación fiable, se presentan síntomas de Hipoacusia moderada o media.xx<



Figura 6. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 70 dB.

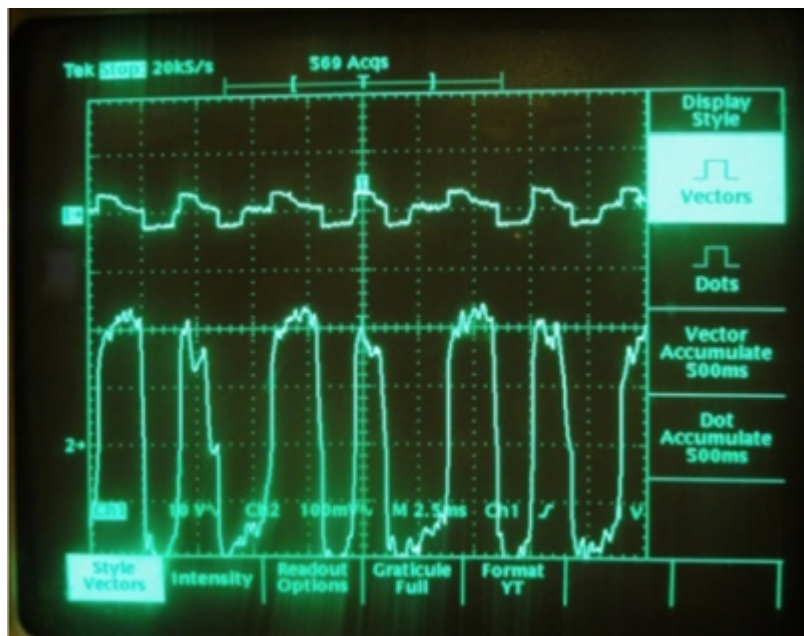


Figura 7. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 80 dB.

Resultados para un nivel de ruido de 80 dB

En la Figura 7 se visualiza las señales analógicas obtenidas tanto en el ingreso y salida del sistema de mejoramiento de calidad auditiva con un nivel de ruido en los 80 dB, este parámetro es de nivel medio para el perjuicio del personal de operación, en este nivel de ruido se presentan síntomas de Hipoacusia severa.

Resultados para un nivel de ruido de 90 dB

En la Figura 8 se visualiza las señales analógicas obtenidas, tanto en el ingreso como salida del sistema de mejoramiento de calidad auditiva con un nivel de ruido en los 90 dB, este parámetro es el de más perjuicio para el personal de operación, causando molestias al momento de establecer una comunicación fiable y llegando a futuras enfermedades que causan un daño al rendimiento laboral y familiar.



Figura 8. Medición del Sistema de mejoramiento de calidad auditiva para 90 dB.

4.3. Análisis de Resultados

Las recomendaciones establecidas por la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA), establece que las medidas a adoptar para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores debe ponerse énfasis en “la eliminación de las fuentes de ruido; control del ruido en su origen; medidas colectivas de control a través de la organización del trabajo y la distribución del lugar de trabajo; equipos de protección individual”.

Obtención de una medida de calidad de audio objetiva MBSD

El desarrollo de una medida de la calidad de voz objetiva, que se correlaciona correctamente con la medida de la calidad de voz subjetiva, es importante porque las pruebas subjetivas son costosas y

consumen mucho tiempo.

La medida BSD se basa en la suposición de que la calidad de voz está directamente relacionada al dimensionamiento de la voz, que es un término psicoacústico, definido como la magnitud de la sensación auditiva. La medida BSD es el promedio cuadrado de la distancia euclidiana de la dimensión estimada de la voz original y codificada.

Medición del MBSD

En la Figura 9 se muestra el diagrama de bloques del método MBSD. El umbral de estimación de enmascaramiento de ruido se añade al BSD convencional.

La estimación del umbral de enmascaramiento de ruido considera el ruido de tono-enmascarado y el tono del ruido-enmascarado. La intensidad del

umbral de enmascaramiento de ruido se compara con la diferencia de intensidad de la voz original y codificada que determina si la distorsión es perceptible.

El indicador de distorsión perceptible se denota por $M(i)$, donde i es i -enésima banda crítica. Cuando la distorsión es perceptible, $M(i)$ es 1, de lo contrario $M(i)$ es 0. El cálculo de MBSD está dado por la siguiente formula.

$$MBSD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left[\sum_{i=1}^K M(i) \left| L_x^{(j)}(i) - L_y^{(j)}(i) \right| \right] \quad (2)$$

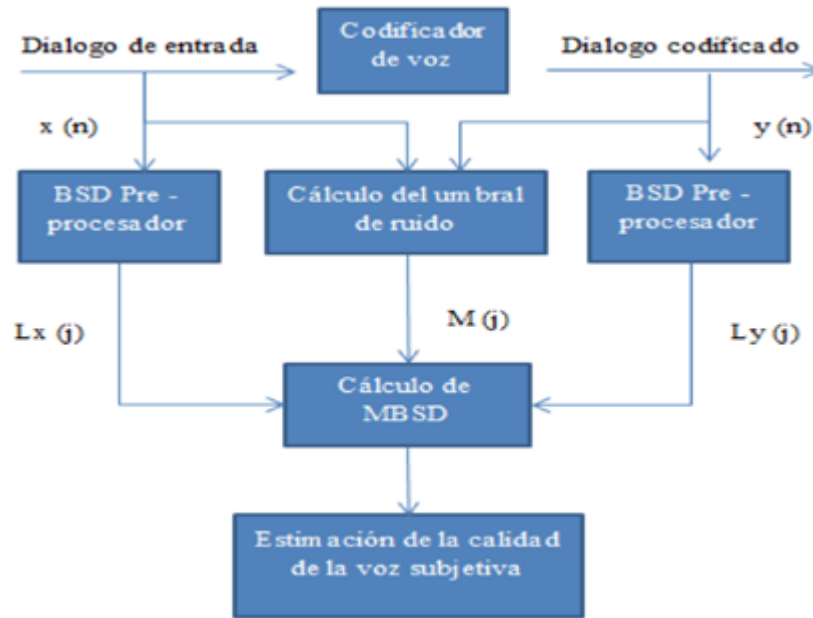
N =número de tramas procesadas
 K =número de bandas críticas

$L_x^{(j)}(i)$ = Espectro de Bark de la i -enésima trama del dialogo original

$L_y^{(j)}(i)$ = Espectro de Bark de la i -enésima trama del dialogo codificado

$M(i)$ = Indicador de distorsión en i -enésima banda crítica

La distorsión imperceptible es excluida en el cálculo MBSD multiplicando $M(i)$, ya que $M(i)$ es cero cuando la distorsión no es perceptible. Así, el valor de MBSD puede ser definido como la diferencia media de la intensidad estimada que sólo es perceptible (W. Yang, 1997)



Análisis de las señales de audio utilizando el método MBSD

Para la obtención de un valor de dimensionamiento objetivo, que ofrezca la correlación de la ganancia de la señal filtrada y señal con ruido, se ha implementado en la herramienta de cálculo matemático Matlab, debe ser utilizado para manejar una muestra de 20m de cada una de las señales con ruido y filtrada respectivamente. Para el ajuste de las señales se tomaron los picos máximos de ambas señales como se muestra en la Figura 10 y de acuerdo a su posición se ha calculado el número de muestras recorridas por las que se

ha desfasado la señal filtrada, para lo cual se ha utilizado la fórmula.

$$\#muestra = Fr(Nyquist) * \text{Tiempo de la señal} \quad (3)$$

$$Fr(Nyquist) = 8Khz$$

Tiempo de la señal= Tiempo en el eje x de la señal pico a ser comparada.

Una vez que se ha conseguido ajustar ambas señales, señal con ruido y señal filtrada respectivamente, se procede a coger 20m o 160 muestras de cada una de las señales como se lo muestra en la Figura 11.

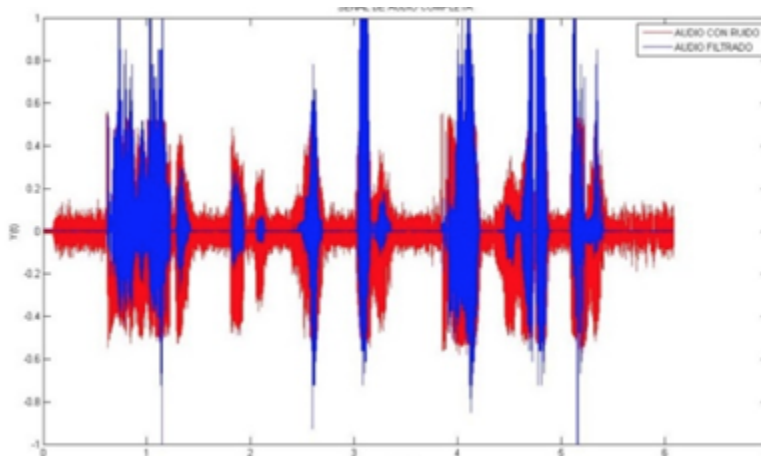


Figura 10. Gráfico de las señales originales y Gráfico de las muestras de las señales.

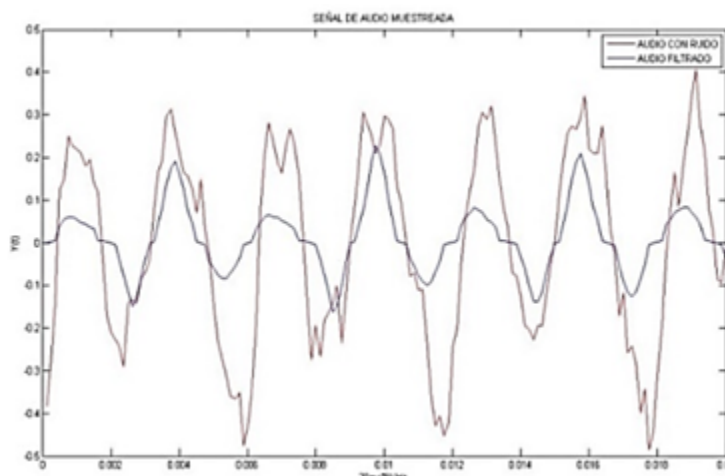


Figura 11. Gráfico de las señales originales y Gráfico de las muestras de las señales.

Es importante tomar muestras de señal con amplia información (picos altos de información). Luego de tomar varias muestras, y por ende realizar varios cálculos, se determinó que el valor promedio del dimensionamiento objetivo, que dé la correlación de la ganancia de la señal filtrada y señal con ruido, es de 8,77dBs como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la ejecución del programa MBSD.

Prueba	Ganancia dBs	Tiempo de Muestra
1	10,67	1,1
2	7,26	2,1
3	7,08	3,15
4	9,088	4,15
5	9,78	5,15
Ganancia Promedio	8,7756	

II. CONCLUSIONES

Se llegó a determinar que los filtros FIR son los más idóneos para la implementación en sistemas embebidos, permitiendo manipular señales de audio en tiempo real, manipulando altas tasas de muestreo, esta característica es ideal ya que la tarjeta de desarrollo FPGA Spartan 3A presenta algoritmos dedicados a optimizar sistemas de audio.

Se establece un sistema para el mejoramiento de calidad auditiva capaz de ofrecer las mismas ventajas y rendimientos, que otros dispositivos establecidos en el mercado por empresas dedicadas a facilitar un ambiente de trabajo sin ruido.

Para aplicaciones comerciales debe considerarse la aplicación bajo sistemas embebidos con mayor capacidad de procesamiento, puesto que la utilizada en estas pruebas tenía cierta limitación, lo cual en pruebas

de laboratorio saturaban la capacidad y por consiguiente la pérdida de información.

El umbral de enmascaramiento de ruido es utilizado para mejorar la calidad de la voz; por lo que se analizó la ganancia de codificación para demostrar que la misma podría ser obtenida sin perder la calidad de la voz. Debe considerarse como factor fundamental la transmisión de muestras espectrales por debajo del umbral de enmascaramiento del ruido.

La distorsión imperceptible es excluida, si se realiza el análisis de la obtención de una medida de calidad de audio objetiva MBSD, ya que el Indicador de distorsión en i-énesima banda crítica, es cero cuando la distorsión no es perceptible.

IV. REFERENCIAS

- Aplicaciones de la Reflexión del Sonido. (12 diciembre 2011). Retrieved from http://www.lpi.tel.uva.es/nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/i09/public_html/propagacion.html
- Audífonos de última generación (10 febrero 2012). Retrieved from <http://www.vivir mejor.com/audifonos-y-dispositivos-tecnologicos-para-garantizar-la-inteligibilidad->
- Centro del audífono. (2011, Enero). Centro del audífono. Retrieved from http://www.centrodelaudifono.es/causa_pa.html
- CEPAL. (2011). Las personas con discapacidad en América Latina. Santiago de Chile: UNFPA.
- Francisco Pérez Olivares, Mara Francisco, Mercedes Rodríguez, Carolina Abdala. (2014). Nuestra experiencia en tres años con pacientes implantados por sordera unilateral. V Congreso Iberoamericano de Implantes Cocleares y Ciencias Afines.
- Corozo Alvarez, G. (20 diciembre 2011). Efectos de la salud por exposición a ruido industrial. Retrieved from http://www.espaciologopedico.com/articulos/articulos2.php?Id_articulo=320.
- Distribución de las personas con discapacidad por tipo de deficiencia. (26 octubre 2011). Retrieved from <http://www.conadis.gob.ec/estadisticas.htm>.
- Corzo Alvarez, G. (25 noviembre 2011). Ruido Industrial y efectos a la Salud. Retrieved from <http://www.medspain.com/colaboraciones/ruidoindustrial.htm>
- Ecología y Vida. (Junio de 2013). <http://www.ecologia-vida.com.ar/>. Retrieved from http://www.ecologiavida.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=101&Itemid=42
- Efectos del ruido en la Salud (15 noviembre 2011). Retrieved from <http://www.botanical-nline.com/ruidosalud.htm>
- Efectos del ruido prolongado sobre el organismo (3 diciembre 2011). Retrieved from http://www.franmass.com/2011_08_01_archive.html
- European Agency for Safety and Health at Work. (2012). Data to describe the link between OSH and employability. Bilbao: Monitoring.
- Family Doctor. (2008, Agosto). Family Doctor. Retrieved from <http://familydoctor.org/familydoctor/es/prevention-wellness/staying-healthy/occupationalhealth/hearing-noise-induced-hearing-loss.html>
- Federico Miyara (12 diciembre 2011). Filtros activos. Retrieved from <http://fceia.unr.edu.ar/enica3/filtros-t.pdf>
- Fundación Científica y Tecnológica. (24 octubre 2011). Retrieved from www.cienciaytrabajo.cl
- GAES. (2012, Octubre). <http://www.viviendoelsonido.com/>. Retrieved from <http://www.viviendoelsonido.com/pages/index/ruido-y-trabajo>
- Walt Whitman (12 enero 2012) Laboratorio de Electrónica de la Universidad Simón Bolívar, Venezuela (LabcUsb).. La cóclea como analizador en frecuencia. Retrieved from http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/Sistema%20Auditivo/LA_COCLEA.html
- Las cualidades del sonido (25 noviembre 2011). Retrieved from <http://oscrove.wordpress.com/teoría-musical-el-sonido/las-cualidades-del-sonido>
- Maxinez, D. G., & Alcalá, J. (2002). VHDL El arte de programar sistemas digitales. México D.F.: Compañía editorial Continental.
- Medlab. (2005, Noviembre). Retrieved from <http://www.medlab.com.ni/>. Retrieved from http://www.medlab.com.ni/medio_amb.php
- Ministerio del Ambiente Colombia. (2006, Febrero). Retrieved from <http://www.minambiente.gov.co/>. Retrieved http://www.minambiente.gov.co/documentos/3126_1727_Documento_soporte_ruido_mayo_25.pdf
- David Allie (4 - Safety.com) (OSHA, 2005). Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo Reducción y Control del ruido. Retrieved from http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Rev_INSHT/2005/36/FactS_58.pdf

- Ruido y exposición laboral (noviembre 2011). Retrieved from <http://www.jmcprl.net/glosario/ruido.htm>
- Sánchez, J. J., & Ruiz, A. B. (2011). Cambios educativos y formativos para el desarrollo humano y sostenible. Murcia: Ediciones de la Universidad de Murcia
- Sense Internacional. (2010, Septiembre). Retrieved from <http://www.sordoceguera.org/>. Retrieved from http://www.sordoceguera.org/vc3/sub/mapa_sitio.php
- Salazar Bugueño, A. M. (2012). Pérdida auditiva por contaminación acústica en Santiago de Chile. Tesis doctoral del Programa “Geografía, Planificación Territorial y Gestión Ambiental”, Universidad de Barcelona. www.tesisenred.net/handle/10803/98298
- Sonido y oído (12 enero 2012). <http://labandadel17.blogspot.com>
- Universidad de Córdoba Escuela Politécnica Superior. (2001, Septiembre). <http://rabfis15.uco.es/>. Retrieved from [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(4\)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(4)%20efectos%20del%20ruido/efectos%20del%20ruido%20en%20la%20audicion.htm)
- Vida y Salud en Línea de la Dra. Aliza. (2008, Agosto). Retrieved from <http://www.vidaysalud.com/>. Retrieved from <http://www.vidaysalud.com/su-salud-de-a-a-z/sintomas/perdida-de-la-audicion-en-adultos/>
- W. Yang, M. D. (1997). A modified bark. IEEE Speech Coding Workshop. <https://scholar.google.com.ec/>