

# Transmisión de Audio por Línea Eléctrica

**De Micheli, Gustavo; Gruppo, Mariano Oscar; Choque, Andrés; Marzo, Leonardo**

*Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba*

## **Abstract**

*"El objetivo del presente trabajo de investigación es demostrar que es posible la utilización de la línea eléctrica como medio de transmisión de audio e información y que su uso no solo es el abastecimiento de energía a algún dispositivo, sino que todavía no se le conocen límites al respecto, ya que puede ser usado de muchas maneras posibles para el mejoramiento de la calidad de vida en las persona".*

*La metodología usada en el desarrollo del trabajo consiste en el acoplamiento de una señal de radiofrecuencia portadora de información o audio a la línea de 220V.*

*Como resultado obtuvimos que es posible el uso de la línea eléctrica como canal de comunicación y que la principal ventaja del uso de esta tecnología radica en que la línea eléctrica se encuentra presente en casi cualquier lugar donde habite el hombre.*

## **Palabras Clave**

PLC, Transmisión de audio por la línea eléctrica, 220V.

## **Introducción**

El desarrollo del presente trabajo consiste en la transmisión de audio a través de la línea eléctrica. El motivo del mismo se debe a que, a diferencia de otros medios de comunicación, la línea eléctrica se encuentra en casi todos los hogares, aunque a veces pase desapercibida y únicamente se piense en ella como la forma de darle vida a su televisión, lámpara o computadora. Además, no se necesitan costosas instalaciones adicionales para tener acceso al medio como si sucede en el caso del acceso al medio telefónico.

Como cuando se construye un edificio, se comienza con una base sólida, al construir este proyecto decidimos empezar desarrollando la transmisión de audio por la línea eléctrica y con esa base, poder ampliar la idea y llegar a transmitir datos, lo que significaría poder armar una red de computadoras sin la necesidad de cableados adicionales.

Para el desarrollo de este trabajo nos basaremos en la tecnología PLC (Power Line Communications)

## **Elementos del Trabajo y metodología**

### **PLC (Power Line Communications)**

Es una tecnología que permite utilizar la infraestructura más difundida creada por el hombre, la red eléctrica, para la transmisión de datos. PLC ha sido objeto de gran atención en los últimos años, y el hecho de que en la actualidad se estén desarrollando pruebas y despliegues mas o menos extensos en cerca de 80 países es un síntoma claro de su potencial y del interés que despierta.

Existe cierta similitud con el caso de las tecnologías ADSL las cuales aprovechan el par de cobre, inicialmente ideado para prestar el servicio de telefonía básica en banda local, como medio de transmisión de alta velocidad. Por esto, tanto PLC como ADSL utilizan infraestructuras ya desplegadas y muy extendidas, aunque originalmente no pensadas para transmitir datos.

## **La Red Eléctrica**

La electricidad se transporta desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, a través de redes de transmisión y distribución, integradas por líneas de conducción de alta, media y baja tensión.

Con la tecnología PLC, cada contacto eléctrico se convierte en un auténtico puerto de datos para establecer conexiones exteriores o crear redes locales en ambientes cerrados. La tecnología opera en el cableado de bajo voltaje (220V) en donde la energía eléctrica llega a los usuarios en forma de corriente alterna de baja frecuencia (50 a 60 Hz), mientras que la banda disponible de alta frecuencia (1.6 - 30 MHz) se utiliza para transportar datos, voz y video

PLC también enfrenta inconvenientes que deterioran su desempeño y limitan su implantación. El primer y más conocido de ellos está vinculado con las instalaciones eléctricas en mal estado y se han deteriorado sus características físicas y eléctricas, en este caso, resulta muy complicado que la señal viaje confiablemente hacia todos los conectores de la casa.

PLC también tiene limitantes en cuanto a distancia. La transmisión óptima se logra a distancias menores a 100 metros entre el sitio del suscriptor y el modem localizado en el transformador más cercano. A mayor distancia deberá instalarse un repetidor para regenerar la señal o un módem intermedio que realice esta misma función. Lo importante es eliminar al máximo el ruido en las transmisiones para evitar el deterioro en las transferencias de archivos.

## **Características del Canal**

Las características del canal son dependientes de la frecuencia, del tiempo y de la localización del transmisor y del receptor. La red eléctrica tiene las siguientes características en cuanto a su respuesta en frecuencia:

Presenta inconvenientes en la adaptación de impedancia, las cuales producen reflexiones.

Su atenuación se incrementa con la distancia y con la frecuencia.

Su impedancia varía con el tiempo en un rango muy grande, según estén o no conectados ciertos aparatos eléctricos.

Aunque las medidas han mostrado que las características del canal no varían rápidamente con el tiempo, si lo hacen frecuentemente, por lo que deben adaptarse sus parámetros de transmisión continuamente. Se ha estudiado el tipo de ruido que puede encontrarse en el canal de comunicaciones:

Ruido de fondo estacionario durante segundos u horas. Formado principalmente por ruido coloreado, ruido de banda estrecha y ruido periódico.

Ruido impulsivo con duraciones que van de microsegundos a milisegundos. Formado principalmente por ruido impulsivo periódico y ruido impulsivo asíncrono producido por apagados y encendidos.

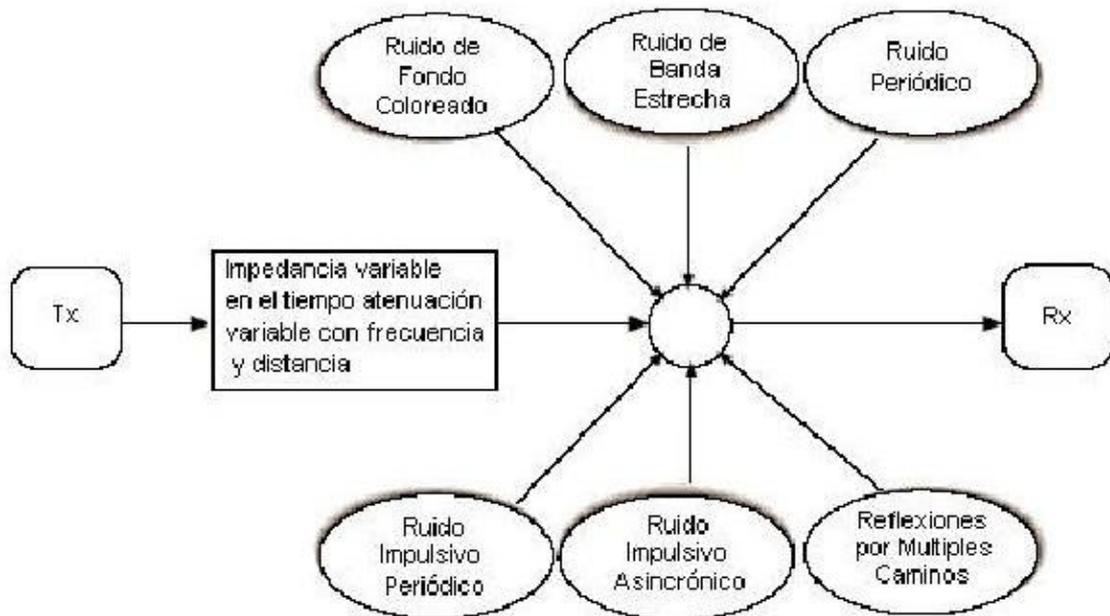


Figura 1.

### Ventajas y Desventajas de la Tecnología PCL

*Las ventajas de PCL son:*

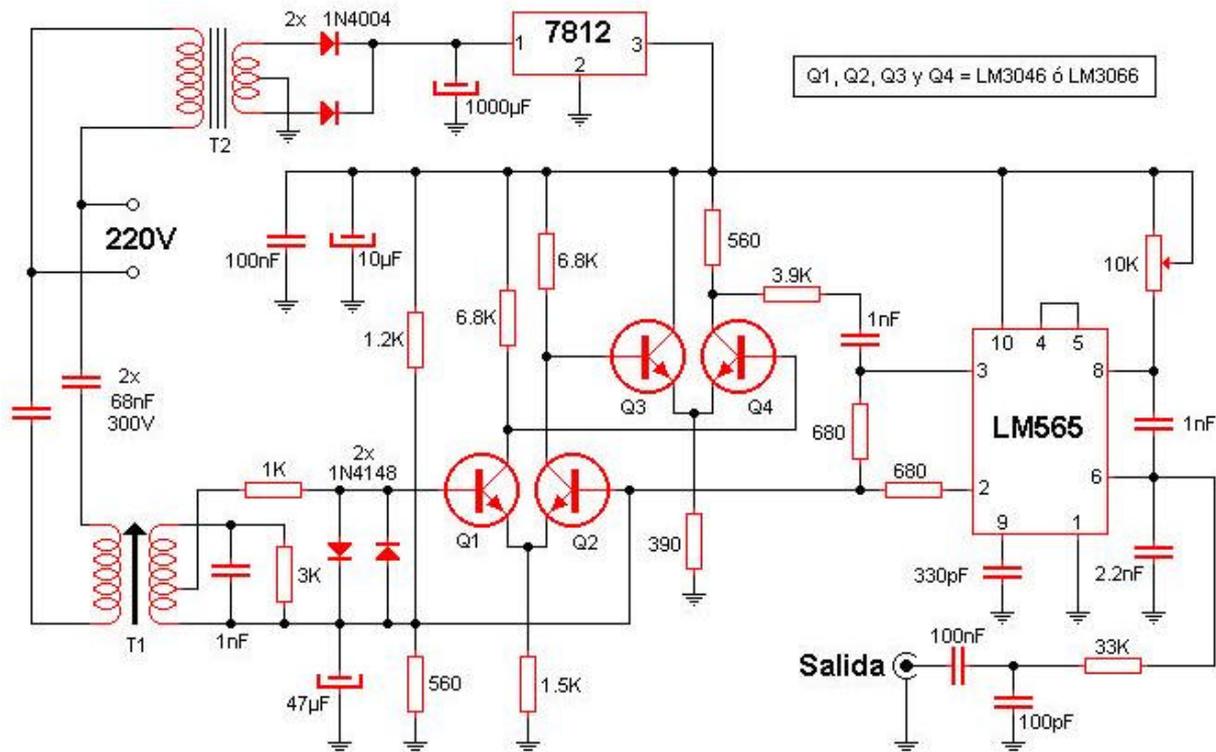
- Utiliza infraestructura ya desplegada (los cables eléctricos).
- Cualquier lugar de la casa con un enchufe es suficiente para estar conectado.
- Coste competitivo en relación con tecnologías alternativas.
- Alta velocidad (banda ancha)
- Instalación rápida.
- Conexión permanente.

*Los canales PLC presentan numerosos inconvenientes:*

- Baja impedancia, están pensados para transmisión de electricidad, lo que implica altas potencias de emisión
- Muy alta atenuación a altas frecuencias, no están pensados para transmitir datos, por lo que sólo se pueden usar en distancias cortas.
- Puede no existir tierra, problemas con las referencias
- Medio muy ruidoso, no está protegido.
- Los electrodomésticos están conectados al mismo medio de transmisión de datos, por lo que se producen variaciones de impedancia asíncronas cada vez que se encienden o se enchufan.
- Tampoco los electrodomésticos están preparados para no generar ruido.

### Circuitos Receptor

Transmisión de una señal de audio a través de la red de 220V. Además de ser usado como sistema de música funcional en el hogar se puede utilizar como intercomunicador (con un transmisor y un receptor separados en cada estación y utilizando micrófonos). El sistema se completa con la placa transmisora.



**Figura 2. Circuito Receptor.**

Se puede realizar un sistema transmisor-receptor de FM, inalámbrico y libre de ruidos utilizando un VCO LM 566 y un PLL LM 565. El VCO se usa para convertir la señal de audio en una señal modulada en frecuencia, la cual se acopla mediante un transformador a la línea de 220V. En el extremo receptor se detecta esta señal y se demodula mediante el LM 565.

La diferencia entre este y otros sistemas, es su excelente calidad y la ausencia de ruido. Mientras que los sistemas comunes utilizan modulación en amplitud, con la consiguiente mala relación señal-ruido. Además la detección mediante un PLL mejora aún más esta relación. El sistema completo es adecuado para la transmisión de alta calidad de voz o música y puede operar entre 2 tomacorrientes de la misma línea. La respuesta en frecuencia va de 100 Hz a 15 KHz y la distorsión armónica total está por debajo de 0.5 %.

La distancia de transmisión es adecuada para funcionar satisfactoriamente entre todos los tomacorrientes de una casa.

El transmisor se conecta a la línea de 220 y a un generador de señales audibles, la señal puede ser tomada desde la salida de un parlante, aunque esto provocará que el volumen del receptor aumente junto con la fuente de sonido.

El receptor amplifica, limita y demodula la señal de FM. aún en presencia de interferencias transitorias en la línea, algunas veces tan grandes como varios cientos de volts.

La señal portadora se acopla capacitivamente desde la línea al transformador sintonizado T1. El factor de mérito (Q) cargado del tanque secundario de T1 se reduce mediante una resistencia para permitir el paso de la señal con +/- 10% de desviación en frecuencia, y para prevenir oscilaciones del circuito tanque ante transitorios de la línea. El secundario de T1 tiene una derivación para adaptar la impedancia de la entrada Q1. El nivel de portadora en el secundario de T1 puede encontrarse entre 0,2 y 45 Vpp y en la base de Q1 entre 12 mV y 2,6 Vpp.

Q1 a Q4 operan como un amplificador limitador de dos etapas cuya salida es una onda cuadrada simétrica de unos 7 Vpp con tiempos de elevación y caída de 100 nS.

El PLL opera como un filtro de arrastre de banda angosta la cual sigue la señal de entrada y provee una salida de audio demodulada, de baja distorsión y alta relación señal/ruido.

El oscilador de audio incluido en el PLL se ajusta a la frecuencia de portadora o a un valor próximo a ella.

La frecuencia queda determinada con la ecuación:  $f_o = 1/(3.7 \times R1 \times C1)$

Donde  $R1 =$  Minipreset 10 Kohms ,  $C1 = 330$  pF

Puesto que el PLL se enganchará con la frecuencia portadora no es estrictamente necesario que  $R1$  sea ajustable. Podría adoptarse un valor fijo de 4,7 Kohms. El PLL puede enganchar una portadora dentro de  $\pm 40$  KHz de su frecuencia de oscilación libre. Sin embargo, el rechazo de ruido puede ser optimizado ajustándolo cuidadosamente a la frecuencia de portadora FC.

### Circuitos Transmisor

Transmisión de una señal de audio a través de la red de 220V. Además de ser usado como sistema de música funcional en el hogar, puede utilizarse como intercomunicador (con un transmisor y un receptor separados en cada estación y utilizando micrófonos). El sistema se completa con la placa receptora

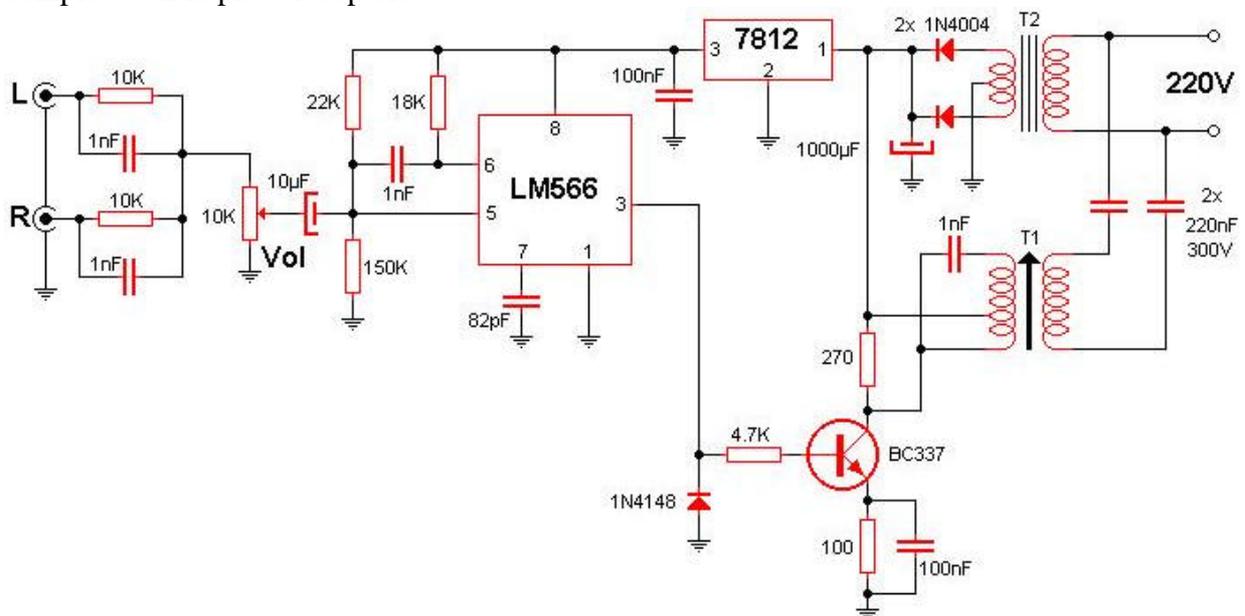


Figura 3. Circuito Transmisor.

Se puede realizar un sistema transmisor-receptor de FM, inalámbrico y libre de ruidos utilizando un VCO LM 566 y un PLL LM 565.

El VCO se usa para convertir el material de programa en una señal modulada en frecuencia, la cual se acopla mediante un transformador a la línea de 220 Vca.

En el extremo receptor se detecta esta señal y se demodula mediante el LM 565.

La diferencia entre este y otros sistemas, es su excelente calidad y la ausencia de ruido. Mientras que los sistemas comunes utilizan modulación en amplitud, con la consiguiente mala relación señal-ruido, este sistema usa una modulación en frecuencia, lo cual implica una buena relación señal-ruido. Además la detección mediante un PLL mejora aún más esta relación.

El sistema completo es adecuado para la transmisión de alta calidad de voz o música y puede operar entre 2 tomacorrientes de la misma línea. La respuesta en frecuencia va de 100 Hz a 15 KHz y la distorsión armónica total está por debajo de 0.5 %.

La distancia de transmisión es adecuada para funcionar satisfactoriamente entre todos los tomacorrientes de una casa.

El transmisor se conecta a la línea de 220 y a un receptor de radio, grabador o equipo de audio. En caso de no disponer de esas salidas, la señal puede ser tomada desde la salida del parlante, aunque esto provocará que el volumen del receptor aumente junto con la fuente de sonido.

El receptor solo necesita ser conectado a un tomacorriente. El diseño incluye un amplificador de 2.5 W de manera de poder excitar un parlante.

El transmisor posee dos terminales de entrada (izquierdo-derecho) de manera de sumar señales estereofónicas para producir una transmisión monoaural. El nivel de la señal de entrada se ajusta mediante una resistencia variable de 10K para prevenir la sobremodulación de portadora.

La frecuencia de oscilación libre del VCO (frecuencia portadora)  $f_c$  queda determinada en 200 KHz, siendo lo suficientemente alta como para ser eficientemente acoplada a la línea de 220 V. La sensibilidad del VCO, bajo las condiciones de polarización adoptadas es de aproximadamente 0,66 FC/V. La atenuación debida a la red de suma de canales hace que la señal de entrada deba ser de aproximadamente 0,2 Vrms (Volts eficaces) para lograr el +/- 10 % de desviación de frecuencia. Este valor de tensión coincide con los valores nominales de salida en equipos de audio..

La salida del VCO (pin 3) proporciona una onda cuadrada modulada en frecuencia de aproximadamente 6 Vpp, la cual es amplificada por el transistor BC337 y acoplada a la línea de 220 Vca a través del transformador sintonizado (T1). Debido a que T1 está sintonizado a la frecuencia de portadora, aparece con una alta impedancia de carga de colector del BC337. La señal en el colector del transistor puede ser tan grande como 40 ó 50 Vpp. Los capacitores de acoplamiento de 220nF x 300V aíslan al transformador de la línea de 220 Vca.

El regulador de voltaje 78L12 provee los 12 Vcc para la alimentación del VCO. El transformador de alimentación está dimensionado para un voltaje de salida de pico inferior a la tensión de ruptura del regulador.

## **Resultados**

Los resultados obtenidos fueron óptimos, ya que pudimos demostrar que es posible demostrar el uso de la línea eléctrica como canal de comunicación, y aunque solo transmitimos señales audibles por ella, es posible transmitir datos con una alta fidelidad y un gran ancho de banda.

## **Discusión**

Al desarrollar el trabajo de investigación pudimos observar que se le puede abrir un gran mercado al uso de la línea eléctrica ya que con algunas modificaciones al trabajo realizado, se podría utilizar el mismo como un excelente monitor de habitación de bebés, ya que al usar la línea eléctrica no sufriría problemas de abastecimiento de energía, ya que el circuito es alimentado por la misma línea de 220V la cual usa como canal. Otra de sus aplicaciones, pero que requeriría el uso de algún adaptador al diseño realizado es el de conectar una red interna de computadoras dentro de una oficina o algún hogar, ya que se podrían conectar múltiples computadoras, a través de la línea de 220V sin la necesidad del cableado adicional necesario o de algún dispositivo WI-FI (abreviatura de Wireless Fidelity), ahorrando así una gran cantidad de dinero en la compra e instalación de los equipos necesarios. Por último se podría utilizar en un campo o en una empresa acopiadora de cereales, donde conecte una casa u oficina con el silo correspondiente y poder lograr una comunicación sin depender del uso de dispositivos celulares, ahorrando dinero y tiempo en el establecimiento de la comunicación, ya que se posee una línea de uso exclusivo.

Esperemos que en un futuro muy cercano, se pueda encontrar dentro de cada CPU, un dispositivo para adaptar la transmisión de audio y/o datos para que de esta manera sea mucho más fácil la comunicación a través de la línea eléctrica.

El único problema que se podría llegar a presentar radica en el mal estado de las líneas de 220V, y en la necesidad de retransmisión para distancias mayores a 100mts.

### **Conclusión**

Al realizar este trabajo, pudimos observar que el uso de la tecnología PLC es bastante prometedora y avanza rápidamente, si bien nosotros solo nos centramos en la transmisión de audio por la línea eléctrica, también se puede transmitir datos, como fue explicado en el desarrollo del trabajo y con ello se amplía las prestaciones que la línea eléctrica nos pueden aportar.

Cabe destacar que al conocer la tecnología PLC aprendimos que las ventajas de su utilización pueden traer grandes beneficios a la vida de las personas, ya que el uso de un medio tan difundido como la línea eléctrica, que se encuentra en casi todos los hogares, en la transmisión de datos logrará simplificar la comunicación entre diferentes computadoras y lo único que necesitaría es un equipo (transmisor y receptor) que se conecte a un enchufe de la línea eléctrica.

El presente trabajo nos aportó un conocimiento mayor en la transmisión de los datos y haciéndonos descubrir una valiosa tecnología que esperamos que el futuro pueda tener una gran repercusión en la vida de las personas simplificando las comunicaciones en gran medida.

### **Agradecimientos**

A los profesores de la Cátedra de Comunicaciones de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, que sin su apoyo y conocimientos brindados en la asignatura, no hubiese sido posible el desarrollo del presente trabajo, en especial al Ing. Mario Groppo, y al Ing. José Luis Galoppo.

### **Referencias**

[http://afrodita.unicauca.edu.co/~samedina/index\\_archivos/InformeImplementacion.pdf](http://afrodita.unicauca.edu.co/~samedina/index_archivos/InformeImplementacion.pdf)  
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=33>  
<http://www.ee.washington.edu/stores/DataSheets/linear/lm566.pdf>  
<http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=133134>  
<http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=121622>  
<http://www.intersil.com/cda/deviceinfo/0,1477,CA3046,00.html>  
<http://fresno.pntic.mec.es/~fagl0000/clasificacion.htm>  
[http://www.maxitrucos.com/articulos/montse/plc\\_datos\\_sobre\\_red\\_electrica.htm](http://www.maxitrucos.com/articulos/montse/plc_datos_sobre_red_electrica.htm)  
<http://www.national.com/pf/LM/LM565.html>  
[http://www.plc4ever.com/media/secciones/soft/Internet\\_y\\_mucho\\_mas\\_por\\_el\\_cable\\_electrico.pdf](http://www.plc4ever.com/media/secciones/soft/Internet_y_mucho_mas_por_el_cable_electrico.pdf)  
<http://www.rediris.es/rediris/boletin/68-69/enfoque4.pdf>  
<http://www.servisystem.com.ar/tutorial/capacit.html>

### **Datos de Contacto:**

*Gustavo De Micheli. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.  
neonato.moncho@gmail.com*

*Mariano Oscar Gruppo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Chacabuco 275 4C,  
Barrio Centro, Córdoba. mgruppo@gmail.com*

*Andrés Choques. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. Javier Díaz 828 planta alta,  
Barrio Jardín, Córdoba. jorge255630@hotmail.com*

*Leonardo Marzo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba. leomarzo\_77@hotmail.com*