

Dispositivo electrónico de ayuda para personas hipoacúsicas

José Manuel Gallardo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951, (C1179AAQ) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
jmg@df.uba.ar

Recibido el 21 de Junio de 2011, aprobado el 4 de agosto de 2011

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de un dispositivo, de bajo costo, de ayuda para personas con disminución auditiva, hipoacusia, quienes normalmente utilizan audífonos o poseen implantes cocleares. Por medio de inducción electromagnética de audio frecuencias sobre una espira, este dispositivo, evita los inconvenientes que se originan al utilizar audífonos o implantes, en ambientes ruidosos, mejorando la inteligibilidad de la palabra y por consiguiente la calidad de vida del usuario.

PALABRAS CLAVE: DISPOSITIVO - HIPOACUSIA – AUDÍFONOS - INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA – ESPIRA

Abstract

This paper presents the development of a low cost support device, for people with hearing loss who normally use headphones or have cochlear implants. Through audio frequency induction loop, avoids the disadvantages that arise when using hearing aids or cochlear implants in noisy environments, improving the intelligibility of speech and therefore the quality life for users.

KEYWORDS: DEVICE – HEARING LOSS – HEADPHONES – INDUCTION - LOOP

Introducción

Los individuos con disminución auditiva, hipoacusia, deben adoptar elementos que mejoren su escucha, como audífonos y en otros casos, implantes cocleares. (Yankel Pasik y colaboradores, 1994). Utilizar estas interfaces, en ambientes ruidosos, o donde los niveles de señal sean dispares, estaciones de subterráneos, ómnibus, teatros, cines, colegios, aeropuertos, etc., hace extremadamente difícil la inteligibilidad de la información. Es necesario entonces, que la misma llegue en forma directa al audífono.

La mayoría de los audífonos, poseen un interruptor que conmuta el micrófono, por una bobina captora, modo "T" (Teléfono), la cual mediante acoplamiento inductivo con el auricular del teléfono, recibe las señales eléctricas y permite realizar conversaciones, evitando ruidos del ambiente y retroalimentaciones indeseables. (Douglas y colaboradores, 2006).

Haciendo uso de esta bobina captora, en ambientes ruidosos, se utiliza el denominado "Lazo o Aro Magnético", una espira de alambre de cobre, ubicada en el perímetro del recinto donde se desplazará la persona con su audífono en "modo T". Este lazo es excitado por una fuente de señal, que lleva el mensaje y por medio de inducción magnética, dentro del lazo se recibirá la información transmitida, en el audífono (Greenemeier, 2010; Myers, 2002). Para llevar a cabo esto se necesita en principio, un amplificador que sea capaz de excitar con una señal proveniente de un micrófono u otra fuente, al lazo que entregara la intensidad de campo necesaria para cubrir una determinada superficie, donde será captada por el receptor (audífono) (Bohn, 1986).

El dispositivo desarrollado en este trabajo, se destaca por la simplicidad de diseño, la calidad de sonido, el consumo de energía de bajo costo y por contemplar las normas europeas para el diseño de los denominados, "Audio Frequency Induction Loops". En el país no existen aún, normativas al respecto. Esta presentación cuenta con una mejora sustancial, respecto del dispositivo realizado en 2005, que fue declarado de interés para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, por el Honorable Consejo Deliberante (Exp.2499-D-2005) y además motivó, la Ley Nº 1.870 (2006) "Obligación de insta-

lar Sistemas de Audición para hipoacúsicos en todos los cines y teatros de la Ciudad" (The Nordic Committee on Disability, 1992).

Parte experimental

Modelo del lazo magnético

Se desarrolló un modelo circuital del lazo, con una espira de forma cuadrada.

Este modelo representó a un lazo magnético de aproximadamente 20m de longitud, ubicado en el perímetro, de una habitación de 5m*5m de superficie.

Se utilizó para realizar las simulaciones el software libre, Ltspice de Linear Technology (Cheng, 1996; Godel, 2000; Linear Technology, 2010).

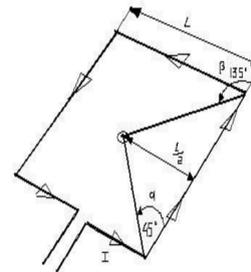


Fig.1. Espira o lazo cuadrado

Analizando la Fig. 1 tenemos:

La inducción magnética es: $B = \mu_0 \times H$ (1)

B: Inducción Magnética [Gauss]

H: Intensidad de Campo Magnético [A/m²]

μ_0 : Permeabilidad Magnética $4 \pi \times 10^{-7}$ [H/m]

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi L} [\cos(\alpha) - \cos(\beta)] \quad (2)$$

Donde:

I: Corriente A

L: longitud total espira [L/2m]

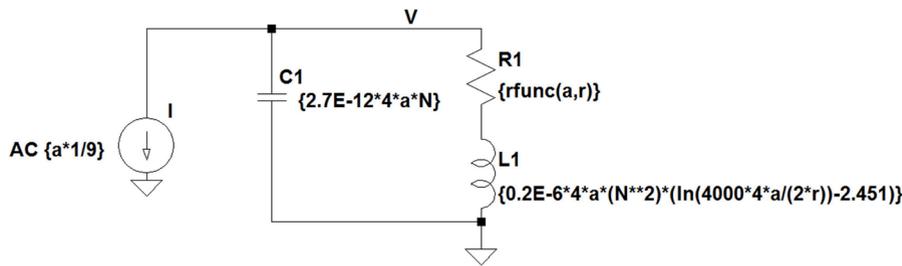
α : Ángulo corriente entrante en la espira

β : Ángulo corriente saliente de la espira

Reemplazando (1) en (2) y simplificando tenemos:

$$H = \frac{I}{4\pi L / 2} [\cos(\alpha) - \cos(\beta)]$$

$$H = \frac{I}{2\pi L} [\cos(45^\circ) - \cos(135^\circ)]$$



a= lado de la espira (m)
r= radio conductor espira (mm)
N=n° espiras

```
.func rfunc(a,r) {((1.7E-8*4*a)/(Pi*pow(r,2)))}
.params a=5 r=0.25E-3 N=1
.step param a LIST 2 3 4 5 10
.step param r LIST 0.2E-3 0.5E-3 0.7E-3 1E-3
.step param N LIST 1 3 5
.ac dec 150 100 5k
```

Fig.2. Modelo lazo magnético

Considerando que la espira tiene 4 lados:

$$H = \frac{2\sqrt{2}I}{\pi L} \therefore H = \frac{0,90I}{L}$$

Siendo la intensidad del campo necesaria en el centro de la espira, de aproximadamente 100 mA/m. (The Nordic Committee on Disability, 1992; Douglas y colaboradores, 2006)

$$0,10 = \frac{0,90I}{L} \text{ donde } I = \frac{L}{9}$$

Este valor de I, se considera inicial, pues en el cálculo no se tomó en cuenta la distancia del audífono a la espira, aproximadamente 1,20m y la posibilidad de situarse en una esquina de la misma.

La resistencia de lazo será:

$$R = \frac{\rho a}{S}$$

Donde:

ρ : Resistencia específica del Cobre [1,7 x 10⁻⁸ Ωm]

a: Longitud total de espira; a= L x 4 [m]

S: Superficie del conductor; S= πr^2 [m²]

Para determinar la inductancia y capacitancia del lazo, se utilizaron las siguientes ecuaciones empíricas, para inductores cuadrados:

$$Ind = 0,2a \left[\ln\left(\frac{4000a}{d}\right) - 2,451 \right]$$

Donde:

Ind: Inductancia espira [μH]

a: Longitud espira; a= L x 4 [m]

d: Diámetro conductor [mm]

$$C = 2,7a$$

Donde:

C: Capacidad de la bobina [pF]

a: Longitud total espira; a=L x 4 [m]

El modelo que se obtuvo es el de la Fig. 2

Análisis del modelo

Las mediciones efectuadas al modelo, para determinar sus características, con una intensidad de campo de 100 mA/m se representan dichas mediciones según: Impedancia lazo en función del diámetro conductor en la Fig. 3; Impedancia del lazo en función del número de espiras en la Fig. 4 y Tensión lazo en función del número de espiras en la Fig. 5.

A partir del análisis de los gráficos se determinó que el diámetro más indicado para el conductor del lazo, es de 0,4mm y, es necesaria una sola espira.

Diseño de la etapa amplificadora

La Fig. 6 muestra el circuito de la etapa amplificadora, la cual se diseñó para lograr una gran simplicidad, mínimo consumo de energía, una aceptable distorsión armónica y un ancho de banda de 100Hz a 5kHz (Gray y colaboradores, 2002; Snyder, 1991).

La inclusión de R16 y C8, conforman la red de Zobel que minimiza la componente inductiva del lazo, atenuando los impulsos en los cruces por cero de la señal, contribuyendo en la disminución de la distorsión (Marshall, 2001).

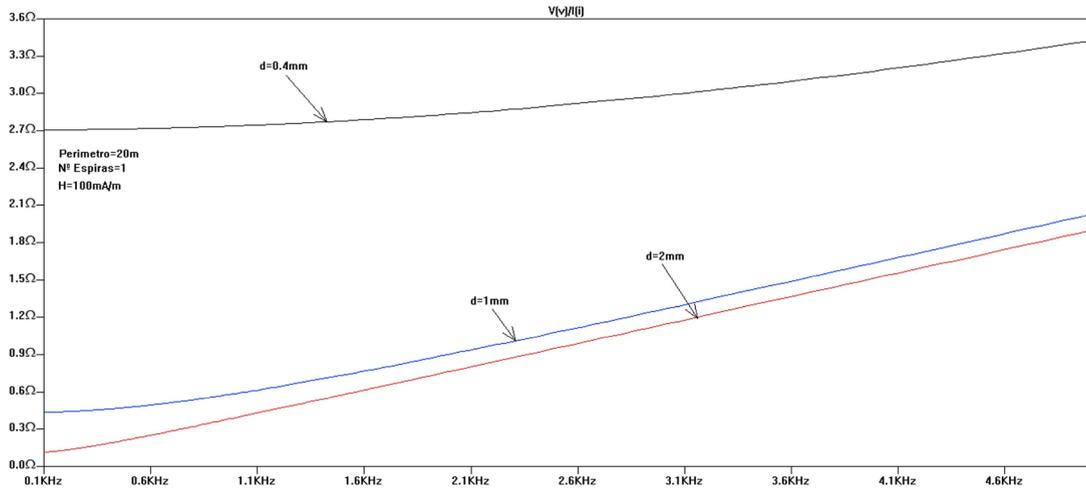


Fig.3. Impedancia lazo para diferentes diámetros de conductor

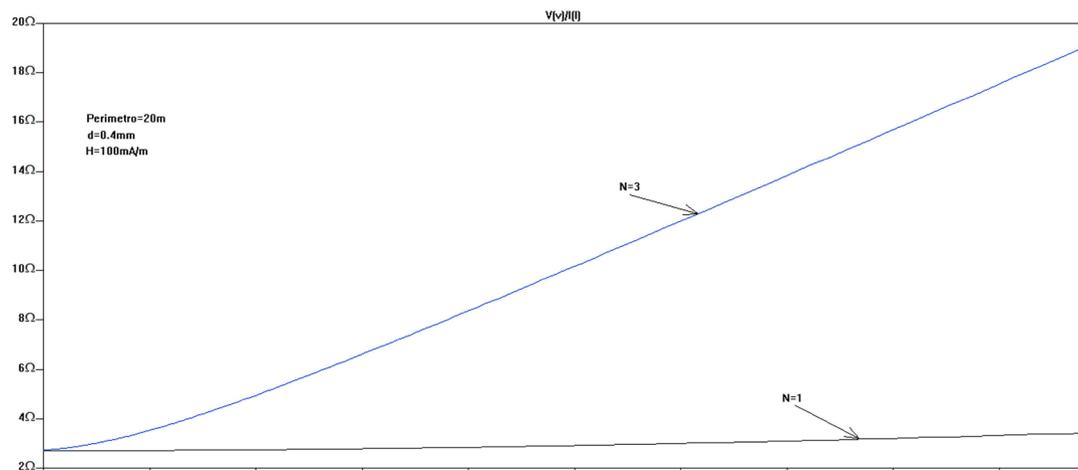


Fig.4. Impedancia lazo para diferente n° de espiras

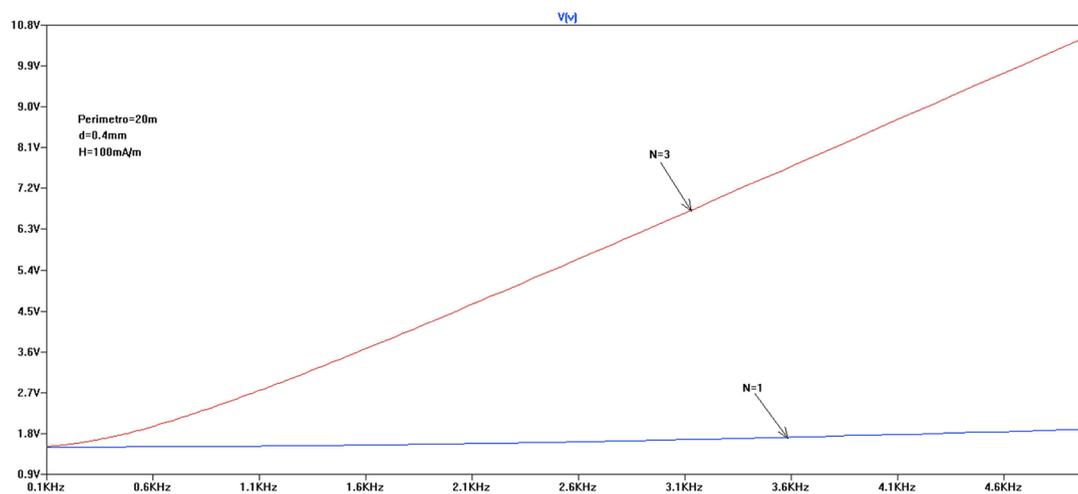


Fig.5. Tensión lazo para diferente n° de espiras

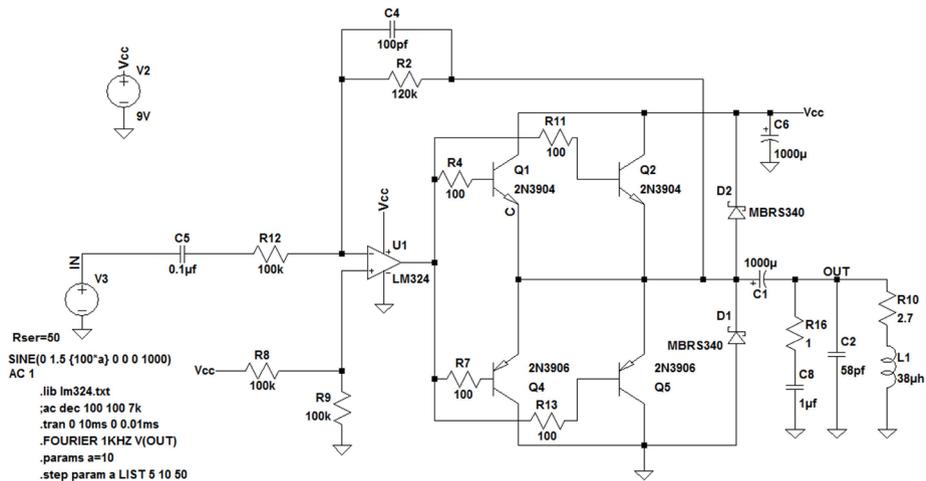


Fig.6. Circuito amplificador

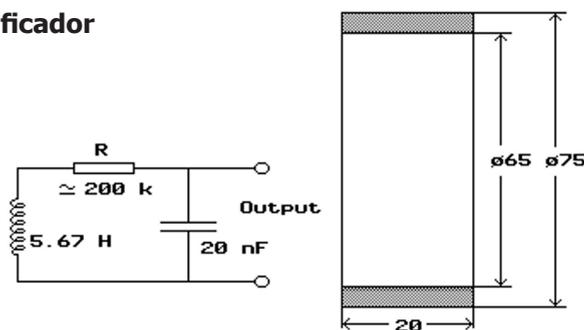


Fig.7. Sonda medición intensidad de campo

Armado del prototipo y pruebas

Para realizar el circuito impreso se utilizó Eagle Light, software libre de Cadsoft.

La placa del circuito impreso se realizó en epoxy, utilizando doble faz (Cadsoftusa, 2010).

Se midió el amplificador, con una carga resistiva pura de 2 ohms, con una señal de entrada de 2 Vpp y se corroboraron los valores arrojados en la simulación.

Se cargó al mismo con el lazo, en una habitación similar a la propuesta al inicio de los cálculos, se realizaron escuchas con audífono y mediciones con la sonda de la Fig. 7, para determinar la intensidad del campo magnético, ancho de banda y distorsión armónica total (THD%) (The Nordic Committee on Disability, 1992).

Resultados y discusión

La confección de un modelo del lazo magnético permitió determinar fácilmente el tipo de con-

ductor necesario para realizar la espira, poder diseñar el amplificador y someter el conjunto al análisis, previo a su construcción.

Las mediciones logradas con el prototipo en una habitación casi cuadrada, con el lazo sobre el piso y con la sonda a una altura de aproximadamente 1,20m y alejados del centro, fueron de aproximadamente 100 mA/m, con una corriente de 550 mA en el lazo y con una excitación de señal senoidal de 1kHz en la entrada del amplificador. La medición del ancho de banda se realizó en las condiciones mencionadas pero cambiando la frecuencias de excitación hasta lograr en la sonda una disminución de 3dB de la tensión, tanto en frecuencias inferiores como superiores a 1kHz, medida mediante voltímetro de audio y osciloscopio. Comparando esta medición con la simulación, en iguales condiciones a las reales, corriente de salida de 550 mA y la carga representada por el modelo del lazo, se obtuvieron valores similares.

La medición de la THD%, se realizó en idénticas condiciones, ingreso al amplificador 1Khz, con el lazo como carga, corriente salida

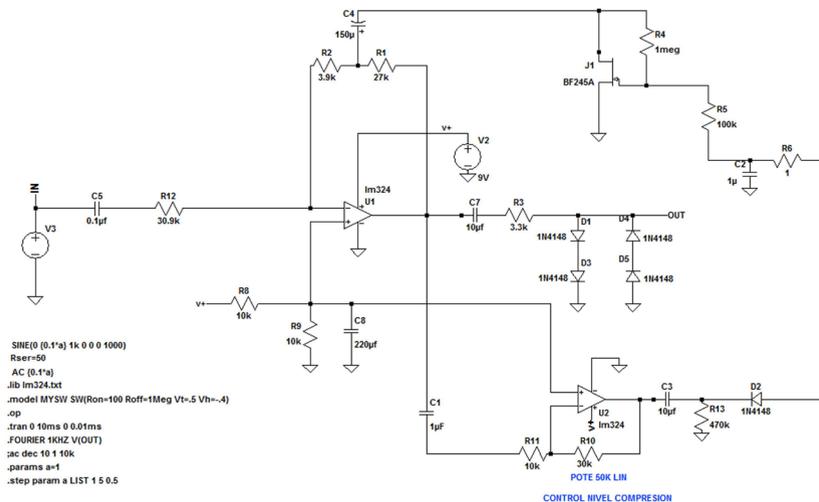


Fig.8. CAG y limitador

550mA, equivalente a una intensidad de campo 100mA/m, se midió en este caso la THD%, sobre el lazo. Las mediciones fueron realizadas mediante simulación, pues en mediciones reales, efectuadas con cargas resistivas equivalentes al lazo, el medidor acusaba valores de THD% menores que el simulador que mide con distorsiones de al menos hasta el décimo armónico, además por un problema de repetibilidad de la medición con la carga real, se optó por realizarlas mediante simulación.

En la prueba efectuada con el audífono se verificó que su bobina captora es mucho más sensible por lo cual con una intensidad de campo mucho menor, 50 mA/m, la escucha era muy aceptable. En esta prueba se comprobó la importancia de mantener lo más constante posible el campo, por lo cual se diseñó un control automático de ganancia (CAG) y un sencillo limitador Fig.8 (Mancini, 2000; HeadWize Design Paper, 2004).

Estos ensayos también determinaron que el usuario del sistema "lazo magnético – audífono", está parcialmente aislado de su entorno, pudiendo esto en determinadas situaciones, resultarle peligroso. Por ello se le ha adicionado al sistema una segunda entrada para un micrófono auxiliar, que luego de que la señal sobrepase un determinado umbral, ajustable, pueda ser escuchado por el portador del audífono.

Si bien el área de cobertura del dispositivo, es de aproximadamente 25 metros cuadrados, esto permite determinar un sector especial-

mente dedicado para usuarios de audífonos, debidamente señalado con la simbología reconocida universalmente como lo muestra la Fig. 9. En espacios de mayores dimensiones como cines, estadios, teatros, etc., es posible la conexión en paralelo de varios dispositivos para lograr un área de cobertura superior, considerando los efectos de inducción que se pueden dar entre lazos contiguos, minimizándolo con una separación entre ellos.

Las características finales del equipo son presentadas en la Tabla 1.



Fig.9. Símbolo lazo magnético

Tensión de Trabajo	9Vcc
Corriente Máx.	0.8A
Ancho de Banda	100Hz a 5Khz
Diámetro Conductor Lazo	0.4mm
Longitud Lazo	20m
Intensidad Campo Magnético	100mA/m
Área Cobertura	25m cuadrados
Distorsión Armónica Total Amplificador y Lazo Magnético	< 1%, sin actuar limitador

Tabla 1 Características Lazo

Conclusiones

En este trabajo se presentó un simple dispositivo de ayuda a personas hipoacúsicas de muy bajo costo, correspondiente a un desarrollo anterior del autor. Esta evolución proporciona mejoras en cuanto al consumo de energía, la interacción con el medio, la normalización y la

calidad de sonido. Con estas características, es de esperar, no solo su uso doméstico, sino, además lograr su incorporación en espacios públicos, con las consideraciones expuestas anteriormente para contribuir así a la mejora de la calidad de vida, en las personas hipoacúsicas.

Referencias

- BOHN, D. (1986) AUDIO HANDBOOK. National Semiconductors Corporations.
 Cadsoftusa (2010) <http://www.cadsoftusa.com/freeware.htm>
 CHENG, D. K. (1996) Fundamentos de Electromagnetismo para Ingeniería. Addison-Wesley Iberoamericana.
 DOUGLAS L.; BECK A. D. (2006) T-Coils: Beyond the Telephone. Oticon, Inc.,
 GODEL, A. (2000) Tecnología Electrónica. Editorial Rocamora.
 GRAY, P. R.; MEYER R. G. (2002) Analysis and Design of ANALOG INTEGRATED CIRCUITS. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc.
 GREENEMEIER, L. (2010) Loopy idea brings in speech loud and clear. Scientific American, Inc.
 HeadWize Design Paper (2004) "Designing A Limiter for Headphone Amplifiers", http://www.headwize.com/projects/limiter_prj.htm
 Linear Technology (2010) "SwitcherCAD III/LTspice Users Guide" <http://ltspice.linear.com/software/scad3.pdf>
 MANCINI, R. (2000) Op amps for everyone. Texas Instruments.
 MARSHALL, L. W. (2001) Introduction to Electroacoustics and Audio Amplifier Design, Second Edition. Kendall Hunt.
 MYERS, D. G. (2002) The Coming Audiocoil Revolution. Hearing Review.
 SNYDER, W. (1991) Audio Amplifier Design. Third Printing August 1991, New England ANALOG.
 The Nordic Committee on Disability (1992) Measurement methods and requirement specification for induction loop systems.
 PASIK Yankel y colaboradores (1994) Audioprótesis, enfoque médico, fonoaudiológico y electroacústico. Buenos Aires, Librería El Ateneo editorial.

INSTRUCCIONES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato e información general para todos los interesados en remitir sus contribuciones.

Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a los miembros del Comité Editorial:

Lic. Gladys Esperanza, Lic. Juan Miguel Languasco, Mg. Fernando Gache

proyecciones@frba.utn.edu.ar

Facultad Regional Buenos Aires,
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

Recomendaciones generales

Proyecciones es una publicación destinada a un público amplio, con formación específica en diferentes campos del conocimiento, que se distribuye en diversos países de habla castellana. Por tal razón, se recomienda a los autores preservar la pureza y la claridad idiomática de sus textos y evitar el uso de vocablos de uso corriente en disciplinas particulares, pero no conocidos (o con significado distinto) en otros ámbitos. Asimismo, no deberán emplearse palabras derivadas de traducciones incorrectas (por ejemplo, asumir en lugar de suponer, o librería por biblioteca) o pertenecientes a otros idiomas, salvo cuando no existan en castellano equivalencias válidas, o cuando se refieran a técnicas o procesos conocidos por su denominación en la lengua original.

Se recomienda también evitar el uso indiscriminado de mayúsculas cuando se haga mención sustantivos comunes, como por ejemplo elementos químicos o técnicas particulares.

Es conveniente, en todos los casos, efectuar una adecuada revisión ortográfica y de sintaxis de los textos antes de su envío.

Pautas específicas

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño A4 (21 cm x 29,7 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente escogida es Tahoma, tamaño 12. Se recomienda muy especialmente a los autores respetar esta pauta, pues las conversiones posteriores desde otras fuentes, diferentes a la mencionada, pueden representar la distorsión o la pérdida de caracteres especiales, como las letras griegas. Se deberá emplear sangría en primera línea de 1 cm y alineación justificada en el texto.

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y con mayúscula sólo en la primera letra de la palabra inicial; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en *itálica*, el nombre y la dirección postal de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n), junto con la dirección de correo electrónico del autor principal.

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 10. Luego del resumen, deberán consignarse las palabras clave que orienten acerca de la temática del trabajo, hasta un máximo de cinco. Asociaciones válidas de palabras (por ejemplo, contaminación ambiental, fluorescencia de rayos X) se considerarán como una palabra individual.

Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existieren) y Referencias. Cada uno de ellos tendrá categoría de título y deberá ser presentado en forma equivalente al título original del trabajo, en negrita y centrado, mientras que los subtítulos se consignarán en el margen izquierdo y en negrita. Ninguno de estos ítems deberá ser numerado. La extensión del trabajo no podrá ser mayor que 20 páginas.

En hoja aparte se indicará el tipo de procesador de texto utilizado y la versión correspondiente.

Los autores deberán presentar su trabajo en soporte electrónico y diagramado en la forma propuesta para la versión final impresa.

Tablas y Figuras

Las figuras deberán ser ubicadas en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y leyendas explicativas al pie. Las imágenes fotográficas deberán estar al tamaño 1.1 a 300 ppi, en formato tif, jpg o eps. Los gráficos o dibujos se presentarán, preferentemente, en vectores (formato .cdr o .ai); en el caso de estar presentados en forma de mapa de bits su resolución en 1.1 deberá ser mayor a 800 ppi. No podrán reproducirse figuras en color.

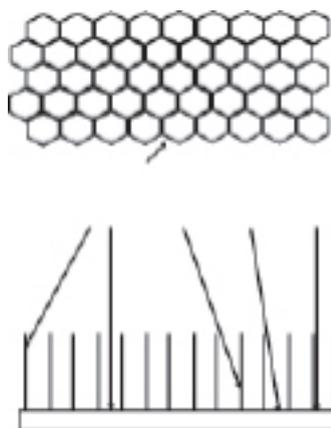


Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 10)

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)

Magnitud	Condición A	Condición B
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

Agradecimientos

Los agradecimientos deberán ser escuetos y específicos, vinculados al trabajo presentado. Serán suprimidos los de naturaleza general o no aplicables a la contribución.

Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores (1997). Cuando la referencia se coloque a continuación de una oración completa en el texto, la forma indicada se convertirá en: (Gould, 1958). Las referencias múltiples se indicarán bajo un único par de paréntesis; ejemplo: (Sah y Brown, 1997; Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: apellido e iniciales de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial: Ejemplos:

GOULD, E. S. (1958) *Curso de Química Inorgánica*. Selecciones Científicas, Madrid, España.

PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997) Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115.

SAH, R.; BROWN, P. (1997) Microchem. J., 56, 285.

No deberán incluirse, bajo el ítem **Referencias**, citas bibliográficas no mencionadas específicamente en el texto del trabajo.

Mecanismos de Aceptación y Normativa General

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, los trabajos serán enviados a los autores. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, los trabajos serán sometidos a una nueva evaluación.

El envío de una contribución para *Proyecciones* supone que ésta no ha sido publicada previamente y, adicionalmente, la cesión de los derechos de publicación por parte de los autores. Cuando el trabajo ha sido ya presentado en una reunión científica (sin publicación de actas) o inspirado en una presentación de esta naturaleza, se aconseja citar la correspondiente fuente.