



Los alumnos deben llenar esta hoja y entregarla al supervisor junto con la versión final de su monografía.

Número de convocatoria del alumno

Nombre y apellido(s) del alumno

Número del colegio

Nombre del colegio

Convocatoria de exámenes (mayo o noviembre)

Mayo

Año

2013

Asignatura del Programa del Diploma en la que se ha inscrito la monografía: física

(En el caso de una monografía en lenguas, señale si se trata del Grupo 1 o el Grupo 2.)

Título de la monografía: Derivaste en los inductores con núcleo de ferrita debido a variaciones en la corriente eléctrica

### Declaración del alumno

*El alumno debe firmar esta declaración; de lo contrario, es posible que no reciba una calificación final.*

Confirmando que soy el autor de este trabajo y que no he recibido más ayuda que la permitida por el Bachillerato Internacional.

He citado debidamente las palabras, ideas o gráficos de otra persona, se hayan expresado estos de forma escrita, oral o visual.

Sé que el máximo de palabras permitido para las monografías es 4.000, y que a los examinadores no se les pide que lean monografías que superen ese límite.

Esta es la versión final de mi monografía.

Firma del alumno:

Fecha:

## Informe y declaración del supervisor

El supervisor debe completar este informe, firmar la declaración y luego entregar esta portada junto con la versión final de la monografía al coordinador del Programa del Diploma.

Nombre y apellido(s) del supervisor [MAYÚSCULAS]:

Si lo considera adecuado, escriba algunos comentarios sobre el contexto en que el alumno desarrolló la investigación, las dificultades que encontró y cómo las ha superado (ver página 13 de la guía para la monografía). La entrevista final con el alumno puede ofrecer información útil. Estos comentarios pueden ayudar al examinador a conceder un nivel de logro para el criterio K (valoración global). No escriba comentarios sobre circunstancias adversas personales que puedan haber afectado al alumno. En el caso en que el número de horas dedicadas a la discusión de la monografía con el alumno sea cero, debe explicarse este hecho indicando cómo se ha podido garantizar la autoría original del alumno. Puede adjuntar una hoja adicional si necesita más espacio para escribir sus comentarios.

En su primer acercamiento, el estudiante reveló un interés muy grande por los inductores, pero eso lo llevó a plantear una experimentación muy complicada y con muchas variables, que en un segundo acercamiento fue capaz de reducir a algo manejable.

El supervisor debe firmar esta declaración; de lo contrario, es posible que no se otorgue una calificación final.

He leído la versión final de la monografía, la cual será entregada al examinador.

A mi leal saber y entender, la monografía es el trabajo auténtico del alumno.

He dedicado  horas a discutir con el alumno su progreso en la realización de la monografía.

Firma del supervisor:

Fecha:

## Formulario de evaluación (para uso exclusivo del examinador)

Criterios de evaluación	Nivel de logro					
	Examinador 1	Máximo	Examinador 2	Máximo	Examinador 3	
A Formulación del problema de investigación	2	2		2		
B Introducción	1	2		2		
C Investigación	4	4		4		
D Conocimiento y comprensión del tema	3	4		4		
E Argumento razonado	3	4		4		
F Aplicación de habilidades de análisis y evaluación apropiadas para la asignatura	3	4		4		
G Uso de un lenguaje apropiado para la asignatura	4	4		4		
H Conclusión	1	2		2		
I Presentación formal	3	4		4		
J Resumen	2	2		2		
K Valoración global	4	4		4		
Total (máximo 36)	30					

## **Monografía de Física**

### **Desgaste en los inductores con núcleo de ferrita debido a variaciones en la corriente eléctrica**

Número de candidato:

**Mayo 2013**

Conteo de palabras: 3,333

## Resumen

El objetivo de este trabajo es demostrar que los inductores con núcleo de ferrita tienen un rápido deterioro bajo condiciones de uso desfavorables o no ideales. Para ello, se emplean cuatro circuitos, en los que cada uno presenta una alteración distinta en cuanto a las propiedades de la onda eléctrica de corriente alterna. Cada experimento tiene una duración de tres horas; se toma una muestra del sonido en el primer momento de funcionamiento, una hora después, pasando por la tercera grabación a las dos horas, hasta llegar a la tercera hora, con la captura que termina el experimento.

La introducción explica el papel que tiene un inductor en el funcionamiento de un aparato, así como las principales anomalías en el suministro que favorecen el desgaste físico de las bobinas. La interpretación y el análisis de cada uno de los resultados, permiten demostrar que bajo las condiciones establecidas, sí hay un desgaste que se manifiesta en forma de sonido y es proporcional al tiempo transcurrido.

En la parte final, luego de haber descrito las pruebas obtenidas con los experimentos, se retoman las principales causas que afectan a los aparatos eléctricos, postulando posibles soluciones para evitar que se presente el deterioro intensivo. Durante el desarrollo de la investigación, puede entenderse cómo la pureza del suministro eléctrico depende de tantos factores que en los casos prácticos no es viable considerar el empleo de una onda eléctrica perfecta.

Los mercados actuales están acostumbrados a productos fabricados en masa de poca durabilidad. Por esto, los usuarios en general no se preguntan cuál es el origen del deterioro de algún aparato y lo consideran un fenómeno cotidiano.

## Tabla de contenidos

Resumen .....	2
Tabla de contenidos .....	3
Introducción .....	4
Calidad de la corriente eléctrica .....	6
Diseño del experimento .....	9
Resultados obtenidos .....	12
Procesamiento de datos .....	13
Gráficas de onda y frecuencia .....	15
Análisis de resultados .....	32
Conclusiones .....	35
Referencias .....	37

## Introducción

Desde hace muchos años me han parecido apasionantes los aparatos electrónicos y su funcionamiento. Algo que siempre me causó curiosidad es para qué servían esas bobinas en una especie de imán que tenían las placas de algunos circuitos. Ahora, sé que se llaman inductores, para qué sirven y cuál es su tarea en cada aparato. El origen de mi idea en concreto, se remonta a la televisión de mi habitación: después de unos años de funcionamiento, hace un terrible ruido, una especie de ultrasonido que sólo yo escucho en mi familia, pero que llegó a tener el poder de obsesionarme por encontrar su causa. Cuando un dispositivo envejece, sus componentes están desgastados, producen ruidos audibles y procesos de regulación deficientes, así como un funcionamiento inestable. Si un aparato hace ruidos agudos después de condiciones inestables en la alimentación, esto puede ser originado por inductores que han experimentado los daños por las variaciones. De ahí, me pregunté si realmente están relacionados el desgaste físico de la pieza y esas alteraciones en el suministro de suministro. Para lograr un deterioro equivalente a años de desgaste en un experimento de corta duración, crearé alteraciones eléctricas controladas que generen calor en el dispositivo, situación que espero sea la principal característica del deterioro intensivo.

En este experimento compararé el desgaste de los inductores bajo variaciones específicas en la corriente. Voy a emplear inductores con núcleo de ferrita y hacer pasar por ellos corrientes alternas con alteraciones de frecuencias. Durante el experimento tomaré muestreos de sonido con un micrófono unidireccional convencional para su posterior análisis; espero que luego de un corto periodo, la frecuencia del

sonido sea distinta a la inicial, lo que implicará un desgaste en el dispositivo debido a que algún componente se desprenda o dilate. Asimismo, la amplitud de la onda final deberá ser mayor, que es lo que pasa con un aparato cuando sus componentes envejecen.

Para modificar el suministro utilizaré transformadores electromagnéticos, y transistores, así como un oscilador de alta frecuencia; con lo que obtendré un amplio repertorio de armónicos y alteraciones de onda.

En la actualidad, son muchos los aparatos que emplean inductores como filtros de señales y como medios de regulación (RAF Tabtronics, 2008). Cuando existe una variación en la corriente de alimentación, siendo usualmente en el voltaje y la forma de onda en corriente alterna, los componentes, incluyendo las bobinas de choque e inducción, sufren alteraciones físicas debido a las vibraciones por resonancia, lo que con el tiempo, debido a la cristalización del aislante, genera daños en el barniz, el cuerpo estructural o la misma bobina (Electronics Tutorials, 2009) y que posteriormente provocará ruido audible, ruido eléctrico, como también variaciones en las propiedades de filtrado y estabilización.



### **Teoría: Calidad de la corriente eléctrica.**

Para estudiar el deterioro en un componente eléctrico, primero se debe hacer referencia a su principal origen, que son los problemas en la calidad de la corriente eléctrica. Por calidad de corriente, podemos referirnos a estabilidad en el voltaje, polaridad y ondas perfectamente sinusoidales (MINETUR, 2012). Los aparatos eléctricos están pensados y diseñados para funcionar bajo condiciones de corriente específicas ideales.

Cuando se presenta una anomalía en el suministro, tal como un pico de corriente, una deformación en la onda o un armónico, la intensidad cambia, y el material, debido a sus propiedades físicas, puede sufrir deformaciones o alteraciones no contempladas en el diseño de su funcionamiento.

Como un ejemplo del fenómeno, la presencia de armónicos puede causar que la vida útil de un transformador de corriente a plena carga pase de ser 40 años a cerca de 40 días; una disminución drástica provocada por una simple anomalía del suministro, que podría ser fácilmente ignorada (Copper Development Association, 2001).

Aunque el fabricante de un aparato tiene contemplado (y está obligado por ley a) que el producto deberá soportar rangos de variación, en la realidad, la calidad de la corriente es afectada por tantos factores que no es posible tener una alimentación perfecta en un circuito conectado con otras cargas (especialmente fuentes de alimentación conmutadas y aparatos de consumo variable, que por su naturaleza de funcionamiento, producen numerosos armónicos y distorsiones en las ondas).

Un significativo problema causado por interferencias y anomalías en la carga puede ser la sobrecarga del conductor neutro, principalmente causado por corrientes homopolares. Los principales factores que contribuyen a la presencia de corrientes homopolares (armónicos de tercer orden) son la presencia de equipos electrónicos como computadoras y la conexión común con rectificadores monofásicos, así como cargas que trabajen con arcos eléctricos como algunos tipos de lámparas de alto voltaje (EnergyTech, 2003).

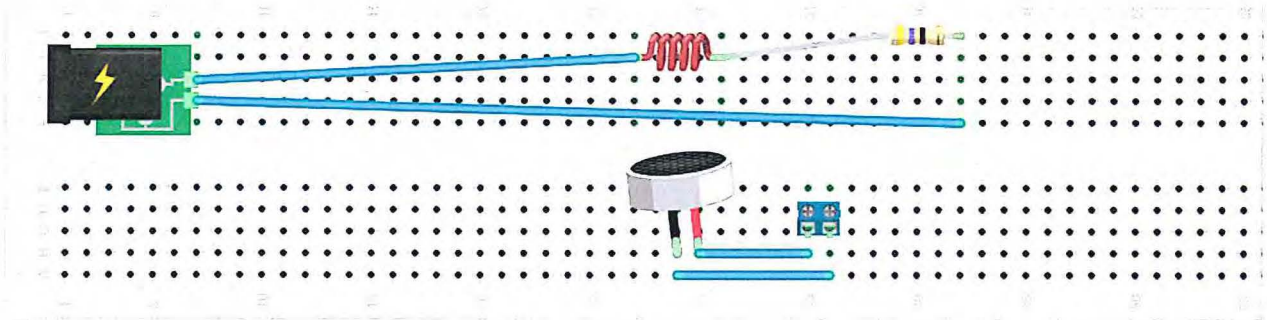
De la misma manera, cuando no se tienen instalados los filtros apropiados, pueden presentarse perturbaciones de alta frecuencia, denominadas EMI por sus siglas en inglés (Electromagnetic Interference), que cuando son múltiplos o fraccionarios de la frecuencia de la onda eléctrica (comúnmente 50 ó 60 Hz), se comportan como armónicos y causan variaciones como las anteriormente mencionadas (Wikimedia, 2006). Las perturbaciones de alta frecuencia pueden ser de modo diferencial, donde tanto la transmisión como el retorno circulan por la fase y/o el neutro; y pueden ser perturbaciones de modo común, donde las corrientes se transmiten por la fase y neutro, y el retorno circula por el conductor de descarga a tierra (EnergyTech, 2003).

En el caso de la sobrecarga del conductor neutro, debido a que en las instalaciones comunes reglamentarias éste es de un diámetro igual al conductor de fase, y en casos fuera de reglamento (muy comunes), es mucho menor e incluso se comparte entre diferentes circuitos, cuando se sobrecarga, también se sobrecalienta. Al calentarse, aumenta la resistencia del material y por tanto, disminuye su conductividad eléctrica, convirtiéndose en un conductor deficiente, contribuyendo a las fugas, pérdidas e interferencias eléctricas; en esta situación existe una mala conexión del

dispositivo al neutro, donde cualquier aparato conectado sufrirá las consecuencias (Wikimedia, 2008).

El objetivo principal de esta investigación es demostrar que los factores de uso común de un aparato (que no son condiciones ideales de funcionamiento) causan rápidos deterioros en los dispositivos (Facultad de Ingeniería. Universidad de la república - Uruguay, 2009). Los fabricantes del mercado en el que vivimos, se enfocan en abaratar la producción y obtener las mayores ganancias a costa de vender productos desechables a las masas consumidoras que se guían por la publicidad.

## Diseño del experimento



Bosquejo del circuito sencillo de prueba realizado con el programa de diagramas electrónicos Fritzing.

Para hacer el experimento, voy a crear cuatro circuitos en los que un inductor esté conectado en serie con una resistencia; en algunos, también habrá un dispositivo que se encargará de las modificaciones de la corriente. De esta manera podré comprobar que piezas idénticas tienen comportamientos distintos respecto a vida útil frente a diferentes perturbaciones eléctricas.

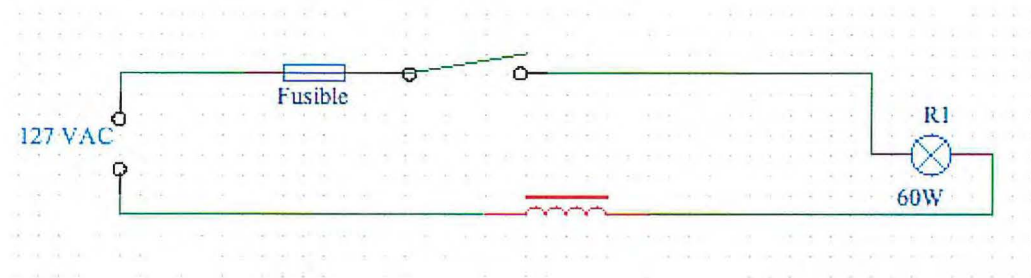
El circuito inferior en la imagen, es un micrófono dirigido al inductor en cuestión y conectado a la entrada de audio de la computadora, para grabar fragmentos y posteriormente analizar sus características.

Para fines prácticos, así como seguridad en el experimento, la resistencia será una bombilla incandescente tradicional de 60W. De esta manera, lograré imitar el consumo de un aparato electrónico regular del hogar, manteniendo la seguridad de que

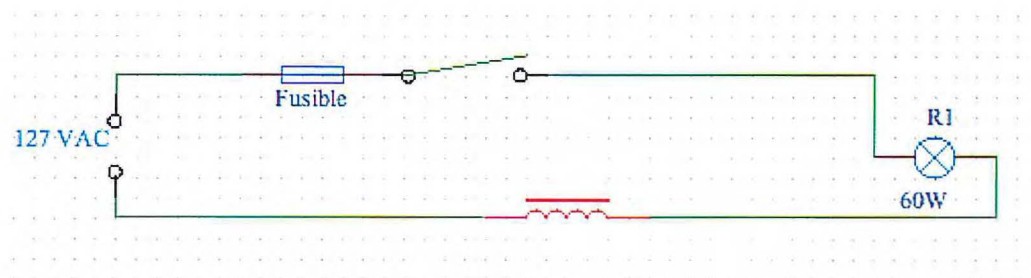
no se quemaría como si fuera una resistencia en caso de un problema de voltaje o disipación térmica; en el peor de los casos, se fundiría el filamento de tungsteno.

### Circuitos:

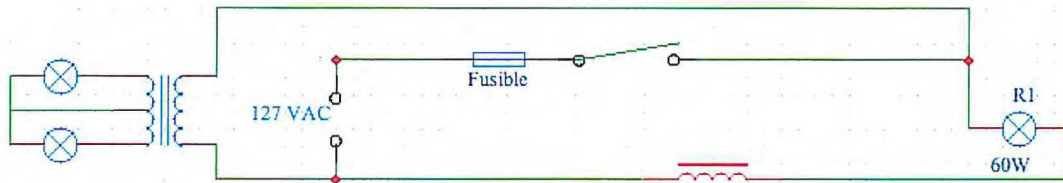
1) Uno de ellos estará conectado a la corriente del suministro eléctrico habitacional (127V 60Hz) y a un foco incandescente, siendo éste la resistencia del circuito. Es el circuito de control, que servirá de referencia al comparar los resultados con los otros.



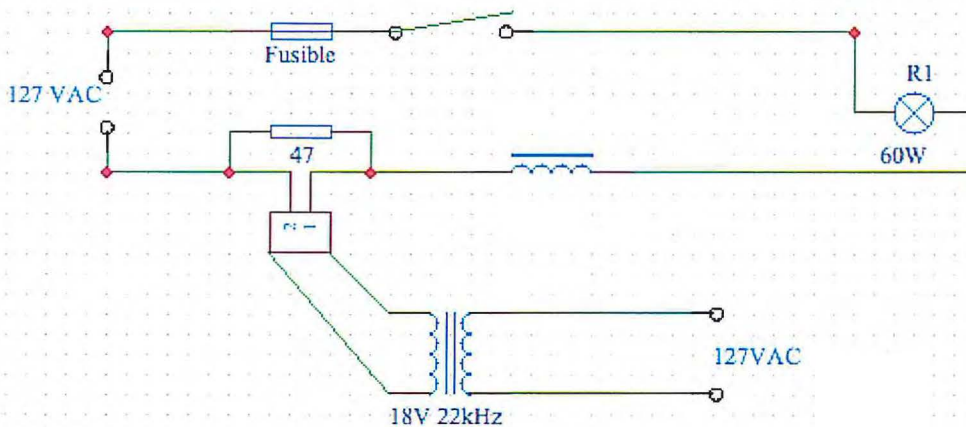
2) El segundo de estos estará conectado de la misma forma que el anterior, pero la alimentación la proporcionará un inversor de corriente de calidad regular (12VCC-120VAC), con una onda semi-sinusoidal (debido a que en este aparato, la onda sinusoidal es simulada con transistores).



3) En el tercer circuito, un balastro electromagnético convencional de 60HZ será conectado en paralelo, muy cerca de la alimentación y del inductor. Así se crearán armónicos de primer orden, originados por la potencia reactiva residual. (Ingeniería de Medición y Gestión de la Energía, 2011)



4) En el cuarto circuito, la alimentación será conectada en serie con un oscilador electrónico pulsante de alta frecuencia (22kHz), que debería ser una representación similar a los armónicos de orden elevado presentes en las líneas eléctricas, acelerando el proceso de deterioro para poder apreciarlo en un experimento.



### Resultados obtenidos

Después de hacer funcionar cada circuito por tres horas, tomando una pequeña grabación de sonido cada hora, obtuve archivos de sonido en formato digital (AAC, Mono, 48.000 kHz, 64 kbits/s).

La medición de la intensidad de ondas de sonido digital se realiza con la escala DBFS (decibels full scale), en la que el valor máximo registrable es 0dB y el mínimo es  $-\infty$ dB (Klark Teknik, 2007).

Opté por utilizar la escala nativa del programa para mantener la fiabilidad de los datos y no enfrentarlos a conversiones numéricas durante el análisis. Después de todo, lo que necesito no es analizar la cantidad de energía sonora, sino comparar las distintas amplitudes con ellas mismas como referencia (Wikimedia, 2008).

A partir del análisis de los archivos, obtuve la siguiente información:

Circuito	Tiempo (horas)	Pico (dB) $\pm 0.005$
1	0	-58.01
	1	-58.6
	2	-57.56
	3	-57.22
2	0	-57.99
	1	-57.66
	2	-57.63
	3	-57.45
3	0	-54.34

	1	-54.1
	2	-53.58
	3	-53.13
4	0	-53.58
	1	-52.32
	2	-52.08
	3	-51.67

### Procesamiento de datos

Ahora que algunos datos del sonido están en la tabla, procede el análisis de cada fragmento. Para ello, voy a graficar una pequeña y representativa parte de la onda, así como su visualización de frecuencia espectral. El programa a utilizar es Adobe Soundbooth CS4, posiblemente mi favorito para edición avanzada de sonido, con el que estoy ya algo familiarizado. Posteriormente, debajo de las gráficas describiré las características particulares que tenga cada una. Las gráficas de tiempo contra decibeles tendrán un nombre del formato Cctx; las gráficas de frecuencia espectral tendrán un formato de nombre: Cctxf (donde el sufijo "f" indica que es la representación espectral de frecuencias).



Debido a que -50dB DBFS es una medida de sonido muy pequeña para el programa, aplicaré una amplificación de +36dB a todos los valores, para que puedan ser graficados apropiadamente en el plano y escala de análisis de sonido.

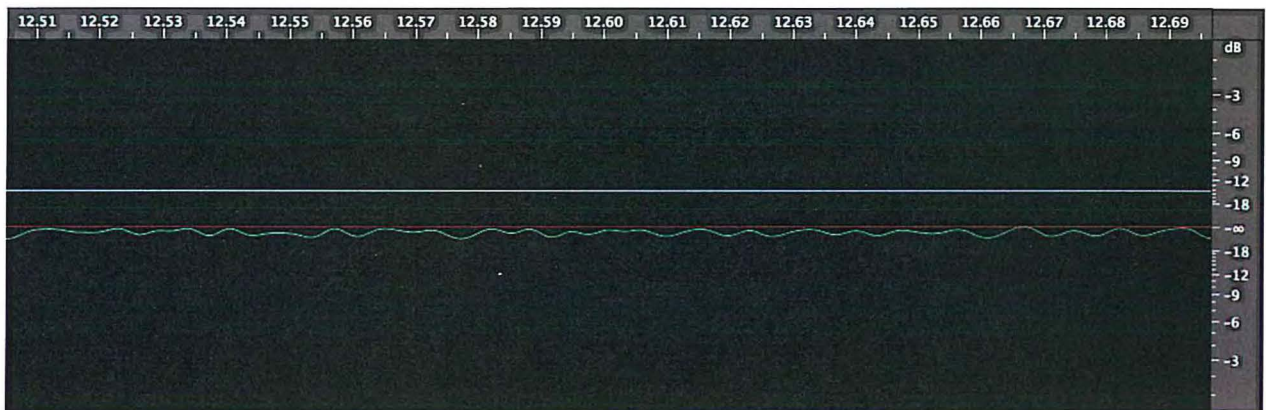
El tiempo que aparece en la parte superior de cada gráfica no tiene relación alguna con el tiempo transcurrido del experimento, es únicamente la ubicación del fragmento en el clip de sonido correspondiente. Se encuentra en las gráficas como referencia de medición temporal instantánea.

<b>Circuito</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Pico (dB) ±0.005</b>	<b>Pico +36 (dB) ±0.005</b>	<b>Gráfica (+36 dB)</b>
1	0	-58.01	-22.01	C1t0
	1	-58.6	-22.60	C1t1
	2	-57.56	-21.56	C1t2
	3	-57.22	-21.22	C1t3
2	0	-57.99	-21.99	C2t0
	1	-57.66	-21.66	C2t1
	2	-57.63	-21.63	C2t2
	3	-57.45	-21.45	C2t3
3	0	-54.34	-18.34	C3t0
	1	-54.1	-18.10	C3t1
	2	-53.58	-17.58	C3t2

	3	-53.13	-17.13	C3t3
4	0	-53.58	-17.58	C4t0
	1	-52.32	-16.32	C4t1
	2	-52.08	-16.08	C4t2
	3	-51.67	-15.67	C4t3

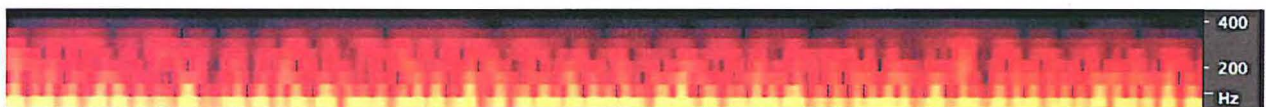
### Gráficas de onda y frecuencia:

Gráfica C1t0



En esta gráfica del tiempo inicial del circuito, se puede apreciar la forma sinusoidal de la onda eléctrica de la línea. Se mantiene a grandes rasgos estable y uniforme.

Gráfica C1t0f



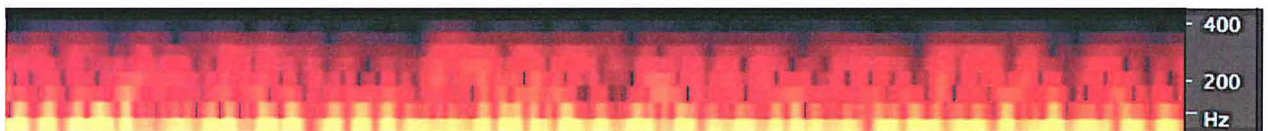
Las frecuencias principales de la onda anterior se mantienen debajo de 200Hz, siendo 60Hz lo más intenso de estas.

Gráfica C1t1



Luego de una hora de funcionamiento, la onda sigue siendo estable. De acuerdo al análisis numérico, el sonido máximo es menor que el anterior por 0.59dB.

Gráfica C1t1f



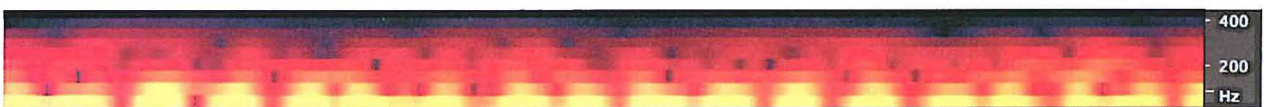
Esta distribución de frecuencias es muy parecida a la anterior: predominan las frecuencias bajas, aunque están presentes ciertas frecuencias mayores que siguen siendo menores a 400Hz.

Gráfica C1t2



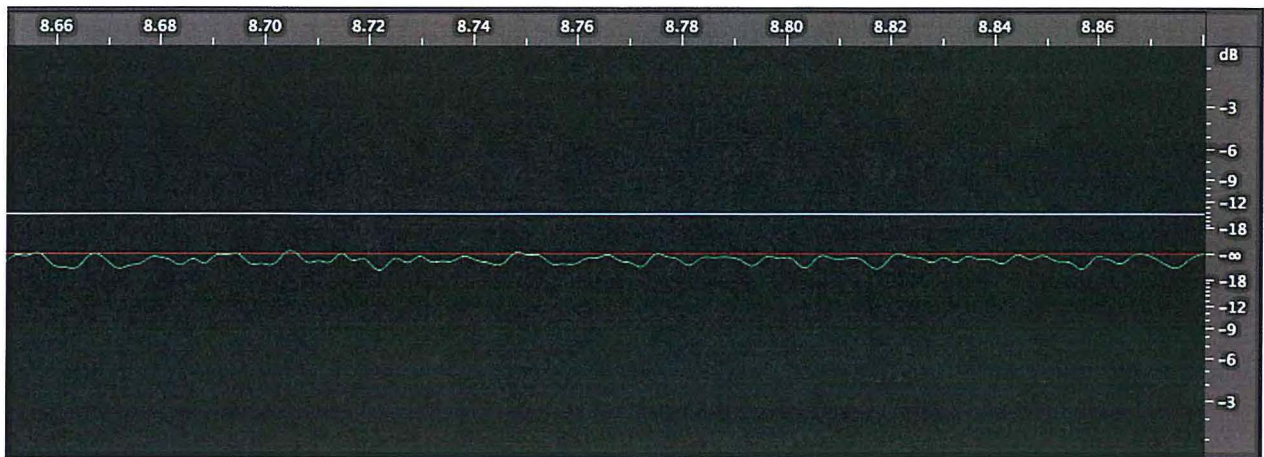
Una hora después, aún puede distinguirse claramente la forma de la onda, aunque esta vez, el ruido aumentó por un poco más de un decibel con respecto al anterior.

Gráfica C1t2f



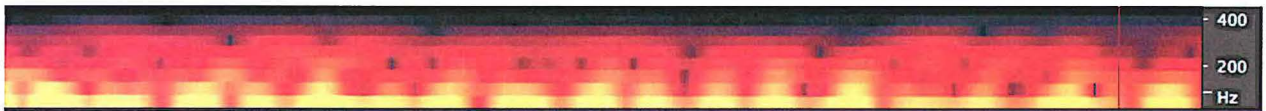
Las frecuencias del sonido de la segunda hora aún son bajas, manteniéndose como al principio.

Gráfica C1t3



El aumento del ruido en la tercera hora de funcionamiento fue menor (0.34dB)

Gráfica C1t3f



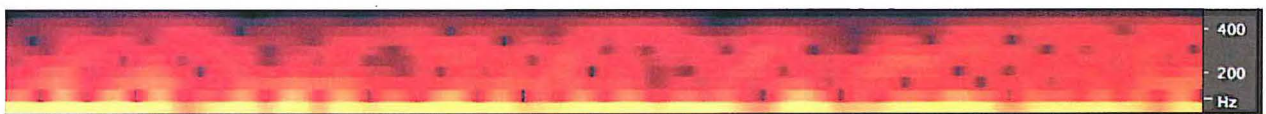
En esta representación gráfica se puede apreciar que en la tercera hora, sí hay puntos en amarillo que superan los 200Hz, lo que significa que, siendo constante la frecuencia del suministro, hubo un cambio en el inductor que origina el sonido de una frecuencia mayor a las anteriores.

Gráfica C2t0



Esta es la gráfica inicial del segundo circuito (inversor de voltaje). Puede notarse que la onda ya no conserva la misma forma que en las gráficas anteriores, aunque el ruido aún se mantenga bajo.

Gráfica C2t0f



La distribución de frecuencias es muy similar a las del primer circuito. Se mantienen debajo de 200Hz y tienen el mismo comportamiento.

Gráfica C2t1



Pasada una hora de funcionamiento, la onda continúa viéndose inconsistente, pero respetando un comportamiento sinusoidal en cuanto a su forma.

Gráfica C2t1f



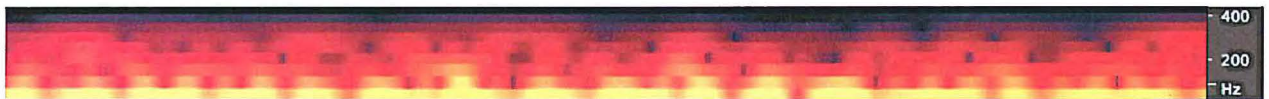
Aunque la onda en la primera hora de funcionamiento se parece mucho a la inicial, aquí podemos ver que las frecuencias son ligeramente más altas que las de la gráfica C2t0f.

Gráfica C2t2



La onda sigue conservando la forma anterior; su amplitud es prácticamente la misma (+0.03dB).

Gráfica C2t2f



Esta gráfica es muy parecida a la gráfica C2t0f, teniendo como principal diferencia la cantidad de puntos negros en la imagen. Más puntos negros indica que hay sonidos distribuidos en menos frecuencias que en las que habían anteriormente.



Gráfica C2t3



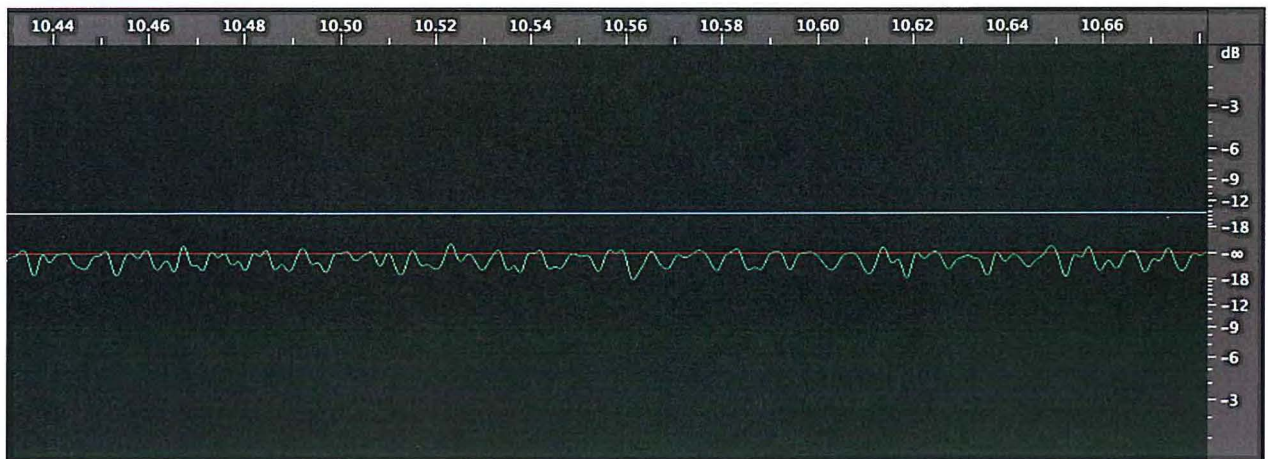
En la tercera hora de funcionamiento, se puede apreciar que la onda sigue conservando la forma sinusoidal, pero su amplitud no se mantiene estable. Varía, mostrando ciertos picos en la parte superior.

Gráfica C2t3f



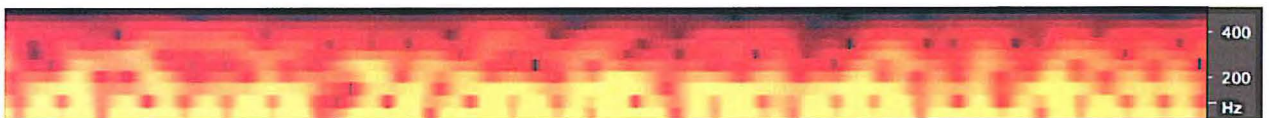
Las frecuencias del sonido de la tercera hora son más altas que en las anteriores, demostrando una alteración física en el inductor.

Gráfica C3t0



Lo primero de lo que me di cuenta en esta gráfica es que la amplitud de la onda luce mayor que en las anteriores. Este es el circuito que está conectado en paralelo a un balastro electromagnético convencional. La onda demuestra notablemente un ruido eléctrico mayor (3.67dB más que la onda de C1t0).

Gráfica C3t0f



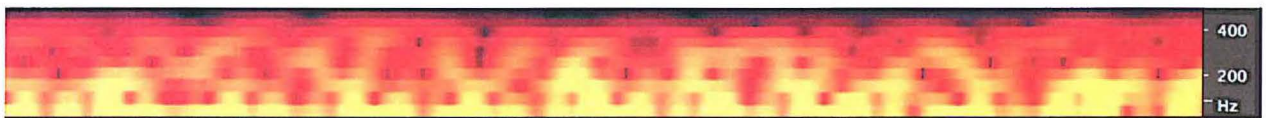
Aquí podemos ver cómo el predominio de las frecuencias ya no se limita a menos de 200Hz, sino que ahora se extiende hasta 400Hz, dando como resultado ondas eléctricas impuras que dañarán los componentes por los que pasen.

Gráfica C3t1



En la gráfica de la primera hora de funcionamiento puede apreciarse evidentemente la presencia de armónicos en la onda.

Gráfica C3t1f



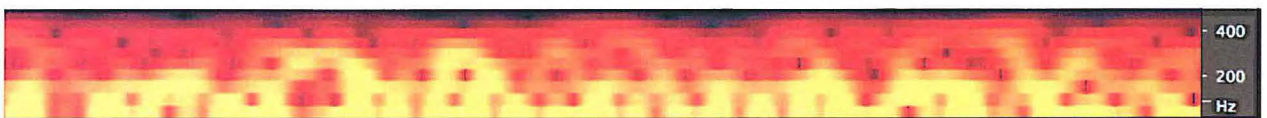
En esta medición espectral hay patrones diferentes en las frecuencias de 100-400Hz, pueden verse líneas rectas que aparecen y desaparecen con el tiempo. Las frecuencias de vibraciones del inductor cambian con la presencia o ausencia de armónicos en la línea.

Gráfica C3t2



Comparado con la gráfica anterior, el pico de amplitud aumentó 0.52dB. Mucho, si consideramos que sólo es una hora más en el funcionamiento de algún aparato que pudiera estar conectado, de no ser éste el circuito del experimento.

Gráfica C3t2f



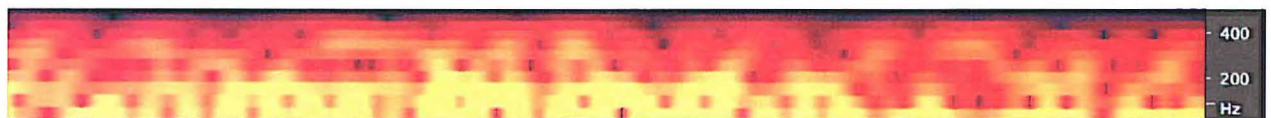
Siguen aumentando las frecuencias por encima de los 100Hz; nuevamente, debido a la presencia de armónicos de orden bajo.

Gráfica C3t3



La onda de la gráfica de la tercera hora luce consistente y a grandes rasgos cíclica, pero aún debería ser una onda de forma sinusoidal. Está siendo afectada por los picos causados por la reactancia inductiva del balastro cercano (Wikimedia, 2006).

Gráfica C3t3f



La intensidad de las frecuencias cercanas a los 200Hz aumentó para la tercera hora de funcionamiento. Se forman más huecos por debajo de los 100Hz, lo que indica una interrupción momentánea de la frecuencia original del suministro (60Hz).

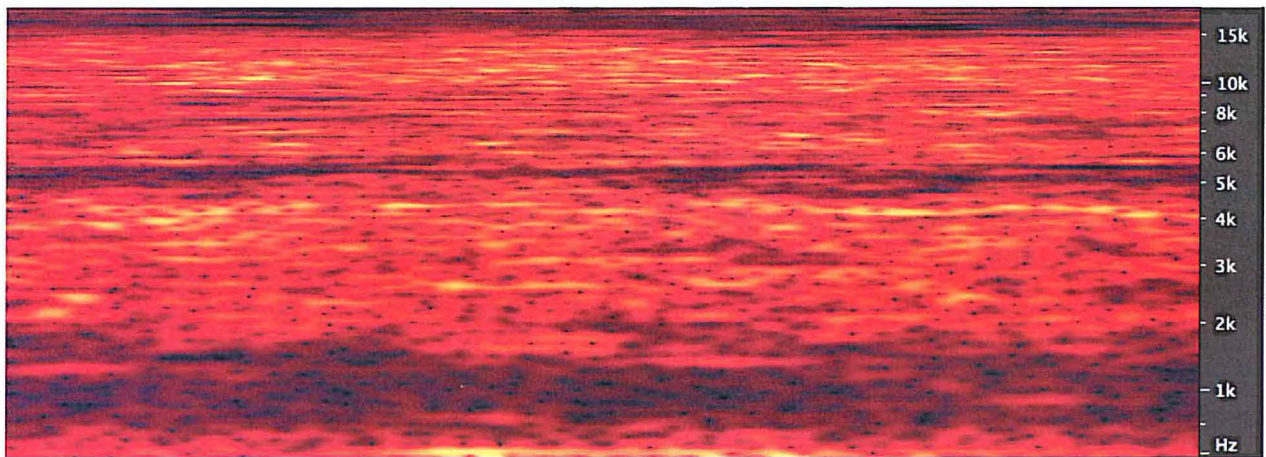
Gráfica C4t0



En el cuarto circuito, la gráfica parece no tener relación alguna con los demás experimentos. La onda pierde la forma original.

Tal vez este último experimento fue más allá del límite de los armónicos convencionales, pero podría ser un escenario posible en una instalación eléctrica en la que existieran fugas de corriente y dispositivos osciladores de alta frecuencia (como lámparas fluorescentes o incluso una simple fuente de poder de computadora conectada inapropiadamente a un circuito).

Gráfica C4t0f



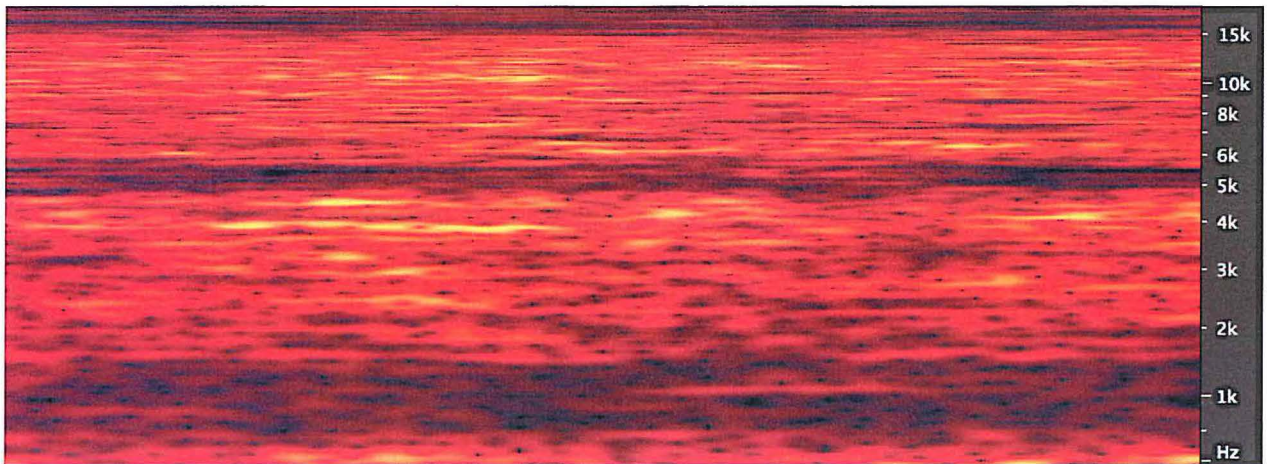
Aquí, aunque la onda original es de 60Hz y la onda externa aplicada es de 22kHz, aparecen sonidos en casi toda la superficie del espectro registrable.

Gráfica C4t1



Una hora después, la onda sigue sin parecerse a alguna otra, pero el ruido aumentó 1.26dB, considerablemente más que los incrementos de los experimentos mencionados anteriormente.

Gráfica C4t1f



Esta gráfica luce idéntica a la gráfica C4t0f, por lo que se puede interpretar que las frecuencias del sonido se mantienen, lo que cambia es la amplitud de la onda.

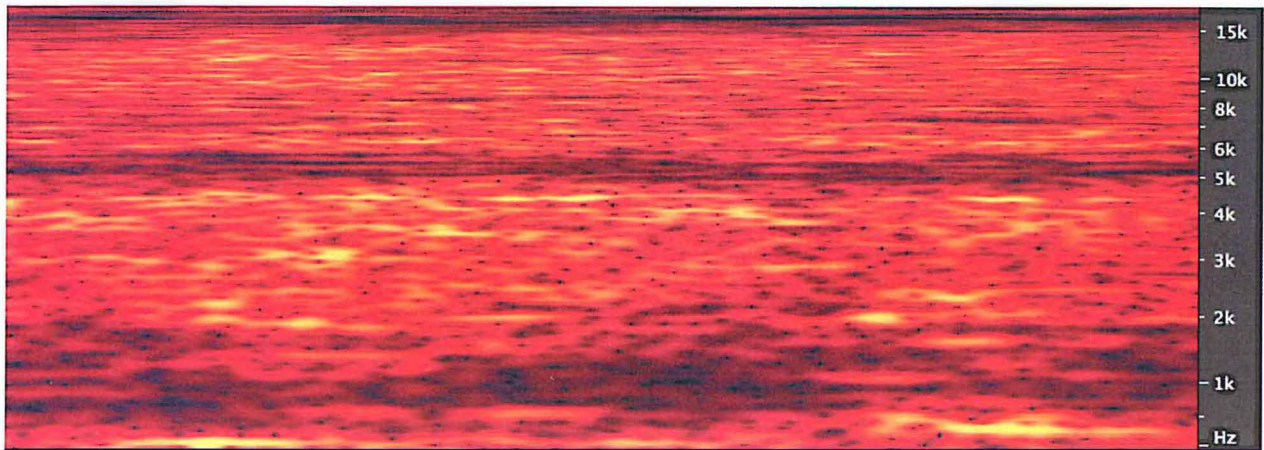
Gráfica C4t2



El incremento de los picos para la segunda hora fue de apenas 0.24 decibeles. La onda sigue siendo inconsistente. No ha cambiado el patrón de su forma.



Gráfica C4t2f



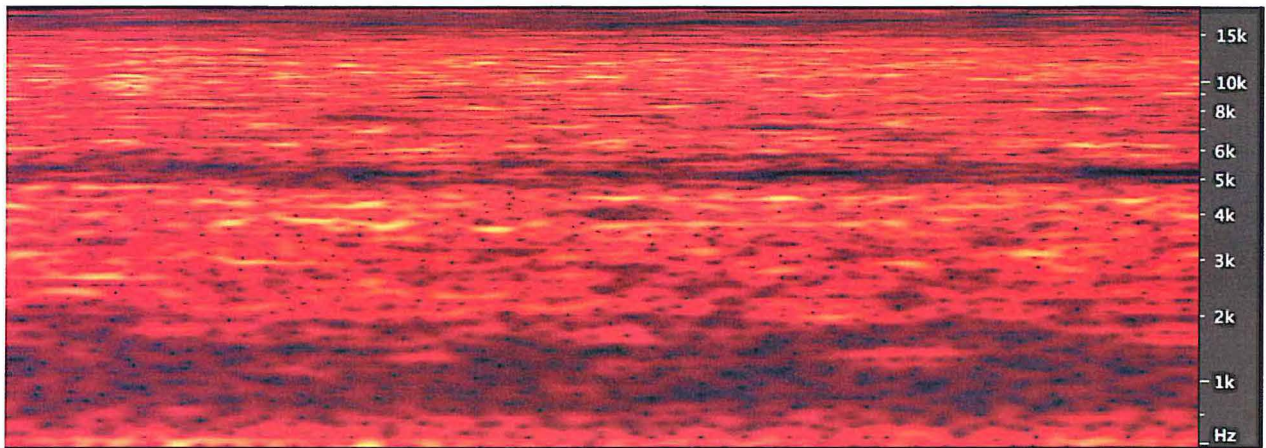
A diferencia de las dos gráficas espectrales anteriores, han incrementado las frecuencias cercanas a los 2kHz, así como las frecuencias menores a 1kHz.

Gráfica C4t3



En la tercera hora del experimento, la amplitud máxima de la onda tuvo un aumento de 0.41dB en comparación con la anterior. Puede notarse que la onda se mantiene más estable (es pequeña la diferencia entre los picos y la amplitud general).

Gráfica C4t3f



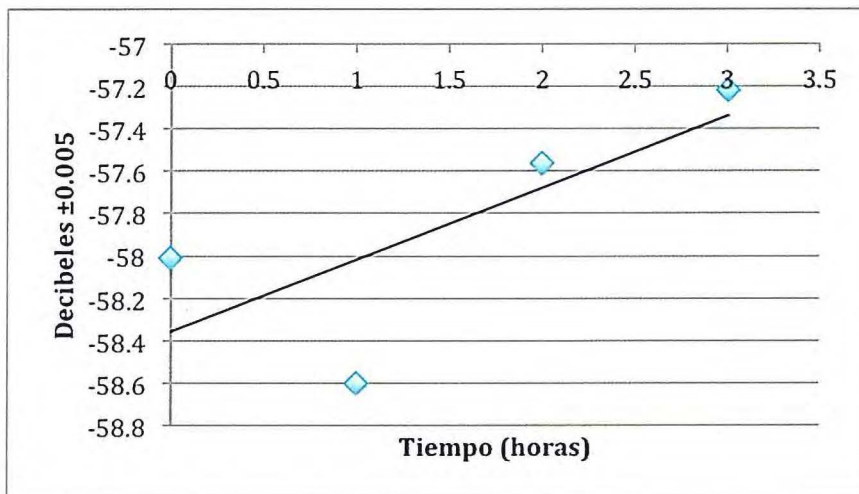
En esta gráfica espectral, hay pocas frecuencias registradas entre 0.5 y 2kHz. El predominio de intensidad se encuentra en frecuencias altas.

## Análisis de resultados

### Línea de tendencia

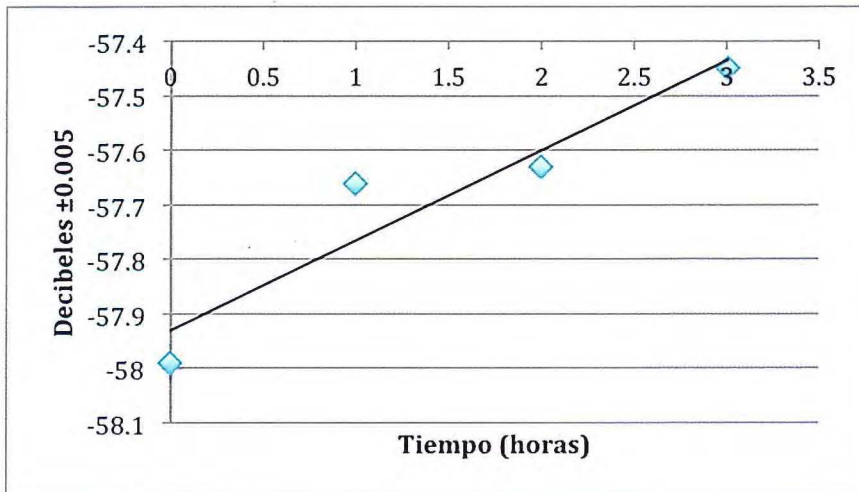
Al trazar una línea de tendencia relacionada con el comportamiento del sonido en cada circuito, se obtiene en todos los casos una línea con pendiente positiva, indicando que el nivel de ruido máximo aumenta conforme pasa el tiempo de funcionamiento bajo las condiciones establecidas.

Gráfica: Circuito 1



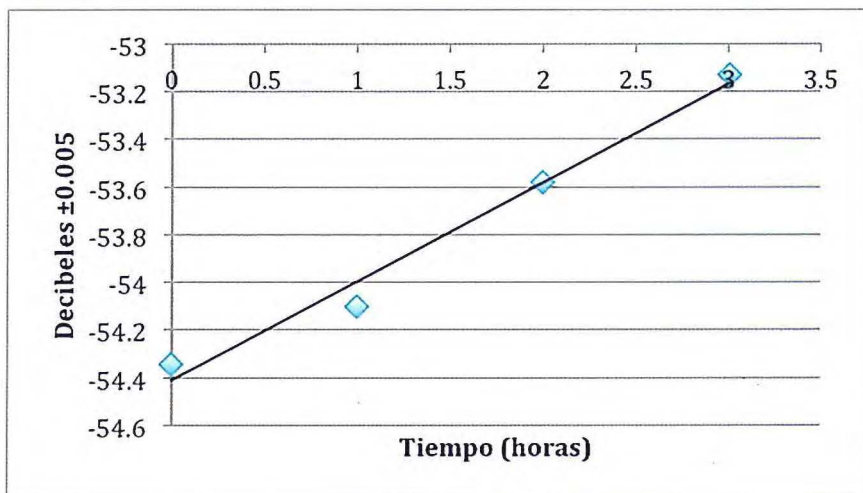
El registro de sonido en el tiempo inicial de funcionamiento es mayor que el de la primera hora, aunque esto no cambia el sentido de la pendiente de la línea de tendencia.

Gráfica: Circuito 2



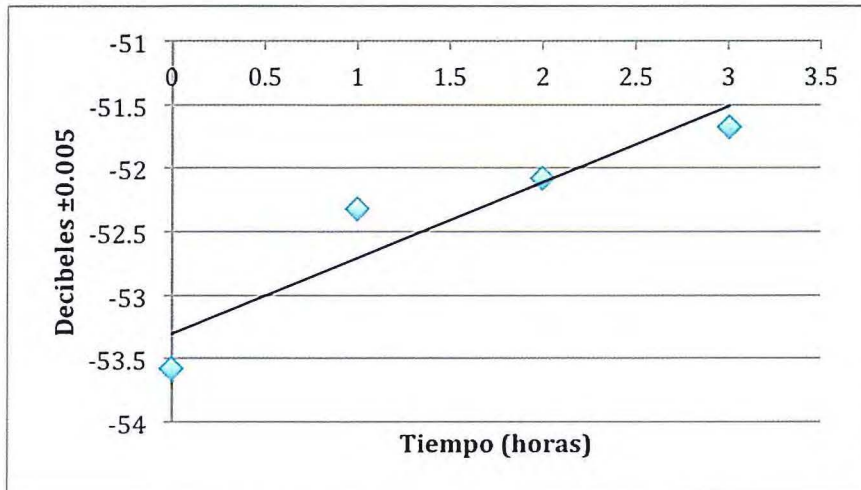
En este circuito, cada punto es superior al anterior, obedeciendo el planteamiento anteriormente establecido.

Gráfica: Circuito 3



En este circuito, los valores se mantienen muy cercanos a la línea de tendencia, confirmando el aumento del sonido con relación al aumento del tiempo de funcionamiento.

Gráfica: Circuito 4



En el cuarto circuito, el aumento del ruido máximo fue drásticamente mayor al transcurrir la primera hora, pero la tasa de crecimiento disminuyó en las siguientes horas (manteniéndose positiva).

## Conclusiones

Después de haber realizado el experimento y el análisis de los datos, ha quedado demostrado que para las condiciones planteadas en mis experimentos, sí existe un desgaste detectable en cada uno de los inductores.

En el circuito de control (primer circuito), el cambio fue mínimo, pero algo significativo para ser una pieza nueva. Extrañamente, para el segundo circuito (onda semi-sinusoidal), el cambio de ruido fue menor que en el primer circuito, pero la intensidad del sonido inicial de este fue mayor que la del circuito de control.

En el tercer circuito, tanto el ruido inicial como el cambio de éste, fueron significativamente mayores a los de los circuitos anteriores. La distribución de las frecuencias presentes en este se observó más dispersa, indicando mayores pérdidas de eficiencia, así como una causa del cambio de las propiedades físicas y eléctricas del producto.

El cuarto circuito se comportó de una manera sustancialmente diferente a la de los otros tres (en los que se llegaba a distinguir la onda eléctrica sinusoidal). La onda de alta frecuencia causó un aumento del ruido máximo en el dispositivo. La exposición prolongada a estas variaciones de onda tiene como consecuencia un desgaste desfavorable para el inductor.

Compartir un circuito entre cargas inductivas, transformadores de alimentación conmutada y aparatos de bajo factor de eficiencia puede llevar a la disminución en la vida útil de uno o más de estos. En caso de que esto no se pueda evitar, deben tomarse medidas especiales para permitir su convivencia; entre las más significativas

pueden encontrarse utilizar puestas a tierra apropiadas y emplear cables de neutro de una sección que permita un adecuado retorno de las alteraciones de la onda.

El experimento requería de un ambiente por completo silencioso. Aunque logré un buen silencio (para lo humanamente perceptible), al llevar a cabo el proceso de amplificación de los clips, se podían apreciar sonidos externos casi imperceptibles que alteraban ligeramente la forma de la onda. Para arreglar esto, fue necesario limpiar el audio de frecuencias ambientales que alteraban los resultados.

Los problemas de desgaste acelerado parten de que las bobinas de los inductores no están fijadas de la mejor manera posible al núcleo ferroso; no es rentable para la mayoría de fabricantes hacer esto en un aparato, ya que se requeriría de más material de construcción. Por un componente tan simple, se extendería por muchos años la durabilidad del aparato, haciendo así que los clientes no volvieran a necesitar comprar un producto por un largo tiempo, estancando el mercado, dejándolo repleto de productos funcionales desactualizados. No se ha alcanzado la estabilidad entre costo de producción, durabilidad e impacto ambiental de los productos de consumo.

### Referencias electrónicas.

- Chapman, D. (Noviembre 2001). Guía de Calidad en la Energía Eléctrica. Recuperado de: [http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia\\_calidad/Guia%20Calidad%203-1%20Armonicos.pdf](http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia_calidad/Guia%20Calidad%203-1%20Armonicos.pdf)
- Copper Development Association. (Marzo 2001). Armónicos- Causas y efectos. Recuperado de: <http://www.electrokrahn.com/files/Guia-Calidad-3-1-Armonicos.pdf>
- Electronics Tutorials. (Octubre 2009). The Inductor. Recuperado de: <http://www.electronics-tutorials.ws/inductor/inductor.html>
- EnergyTech, C.A. (Junio 2003). Armónicos Problemas y Soluciones. Recuperado de: <http://www.energytech.com.ve/calidad/1.pdf>
- Imergia. (Marzo 2011). Qué es la potencia reactiva y/o la energía reactiva. Recuperado de: <http://www.imergia.es/eficiencia-energetica/que-es-la-potencia-reativa>
- Klark Teknik (Julio 2007). Understanding dB. Recuperado de: <http://www.jimprice.com/prosound/db.htm>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (Enero 2012). Calidad de servicio. Recuperado de: <http://www.minetur.gob.es/energia/electricidad/CalidadServicio/Paginas/IndexCalidad.aspx>



RAF Tabtronics LLC. (Mayo 2008). Inductor Basics. Recuperado de:

<http://www.raftabtronics.com/TECHNOLOGY/ElectromagneticBasics/InductorBasics/tabid/109/Default.aspx>

Universidad de la república – Uruguay. (Febrero 2009). Cargas eléctricas y estimación de la demanda. Recuperado de:

[http://www.fing.edu.uy/iie/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Estimacion\\_demanda.pdf](http://www.fing.edu.uy/iie/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Estimacion_demanda.pdf)

Wikimedia Foundation. (Abril 2008). Calidad del suministro eléctrico. Recuperado de:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad\\_de\\_suministro\\_eléctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Calidad_de_suministro_eléctrico)

Wikimedia Foundation. (Abril 2008). DBFS. Recuperado de:

<http://es.wikipedia.org/wiki/DBFS>

Wikimedia Foundation. (Septiembre 2006). Electromagnetic Interference. Recuperado de: [http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic\\_interference](http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_interference)

Wikimedia Foundation. (Septiembre 2006). Reactancia inductiva. Recuperado de:

[http://es.wikipedia.org/wiki/Reactancia\\_inductiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Reactancia_inductiva)

### **Programas computacionales utilizados para diagramas, gráficas y análisis de sonidos:**

Adobe Soundbooth CS4

DataSheetZone – DrawSch

Fritzing 0.7

Microsoft Excel 2011 (Mac)