

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

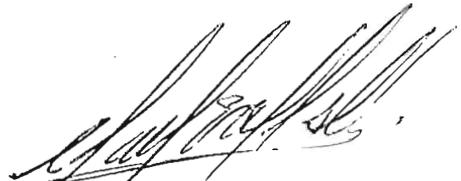
"SUPRESORES DE RUIDO DE RADIOFRECUENCIA"

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO  
DE INGENIERO EN LA ESPECIALIDAD DE  
ELECTRONICA DE LA ESCUELA POLITECNICA  
NACIONAL .

JUAN I. VILLARROEL MERINO

Quito, Marzo de 1978

CERTIFICO que la presente tesis  
"Supresores de ruido de radiofrecuencia", ha sido realizada en su totalidad por el Señor JUAN I. VILLARROEL MERINO.



Ing. Mario Cevallos  
Director de Tesis

## AGRADECIMIENTO

Al Señor Ingeniero Mario Cevallos, Director de tesis, quien con sus valiosas sugerencias hizo posible la mejor realización del presente trabajo.

# CONTENIDO

## SUPRESORES DE RUIDO DE R.F.

### 1. ASPECTOS GENERALES .

1.1 Objeto .

1.2 Definiciones.

### 2. ORIGEN Y NATURALEZA DE LA INTERFERENCIA .

2.1 Generación del ruido de radiofrecuencia.

2.2 Magnitud y distribución espectral de las señales de interferencia.

2.3 Propagación de la interferencia.

2.4 Efectos sobre receptores comunes.

2.5 Evaluación del ruido de radiofrecuencia.

2.6 Límites de la interferencia.

### 3. REDUCCION DE LA INTERFERENCIA EN RECEPTORES .

3.1 Consideraciones fundamentales.

3.2 Arreglos de la antena.

3.3 Filtros en los conductores principales.

#### 4. SUPRESION DE LA INTERFERENCIA EN LA FUENTE.

4.1 Consideraciones generales.

4.2 Aspectos en el diseño e instalación de dispositivos que presenten atenuación a la radiointerferencia.

4.3 Aplicación de supresores.

4.4 Supresión de la radiointerferencia para las bandas de radiodifusión y televisión.

#### 5. REQUISITOS DE SEGURIDAD.

5.1 Consideraciones generales.

5.2 Consideraciones que regulan las limitaciones de los capacitores.

5.3 Fugas a tierra.

5.4 Protección de fallas.

5.5 Otras consideraciones de seguridad.

#### 6. INSTALACIONES DE DISPOSITIVOS DE SUPRESION DE RUIDO.

6.1 Supresores en instalaciones domiciliarias y comerciales.

6.2 Supresores en instalaciones de fábricas.

6.3 Protección del circuito por los supresores.

## 7. APLICACIONES PRACTICAS.

7.1 Aspectos generales.

7.2 Diseño y experimentación de supresores para las bandas de radiodifusión y televisión.

## 8. APENDICE A

8.1 Bibliografía .

## CAPITULO 1

### 1.1 OBJETO

Este trabajo se encuentra desarrollado de tal manera que cumpla con los siguientes objetivos.

1.1.1 Establecer los requisitos mínimos exigibles, para su aplicación como guía de aquellos quienes están interesados en la supresión de la radiointerferencia. El término radiointerferencia tal como se aplica en la radiorecepción, se refiere al efecto de cualquier señal o perturbación que pueda dar la recepción de un programa o señal que se desea .

1.1.2 Dar los principios sobre los cuales está basado la supresión y varios arreglos básicos de los componentes supresores.

1.1.3 Dar muestras de los tipos de supresores que se han encontrado satisfactorios en la protección de la recepción de estaciones locales en las bandas de la radiodifusión de onda larga, media y la de televisión.

1.1.4 Dar recomendaciones importantes para la utilización correcta de los supresores, para evitar el riesgo de fuego o electrochoque (shock) .

1.1.5 Los requisitos prescritos en este trabajo, tendrán como alcance únicamente a la radiointerferencia, causada por aparatos e instalaciones electrodomésticas, no así a la interferencia causada por las perturbaciones atmosféricas o aparatos que estén destinados a la generación de energía de radiofrecuencia, como parte de su función normal, como por ejemplo otros transmisores, receptores y equipos industriales, científicos y medios de radiofrecuencia.

## 1.2 DEFINICIONES

Para propósitos de este trabajo, las siguientes definiciones podrán ser aplicadas. Además, la Recomendación No. 50 (902) de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), podrá ser consultada.

1.2.1 Interferencia. Perturbación de una señal deseada mediante radiaciones magnéticas procedentes de la atmósfera o

aparatos eléctricos, electrónicos y maquinaria .

1.2.2 Ruido \* . Perturbación no deseada, generalmente formada por impulsos de características aleatorias, existentes en el medio o en los terminales de un aparato de un sistema de telecomunicaciones .

1.2.3 Ruido electromagnético . Fenómeno electromagnético que no corresponde a ninguna señal, de característica impulsiva y aleatoria, pudiendo ser la naturaleza periódica .

1.2.4 Interferencia electromagnética . Ruido electromagnético , el cual se encuentra superpuesto a una señal deseada .

1.2.5 Señal no deseada . Señal que puede dañar la recepción de una señal deseada .

1.2.6 Ruido de radio . Ruido electromagnético en el rango de la radiofrecuencia .

\* El ruido puede considerarse como un elemento objetivo o subjetivo, visual o aural .

1.2.7 Interferencia no continua. Interferencia electromagnética formada por una sucesión de impulsos discretos, en la operación normal de un aparato de un sistema particular.

1.2.8 Interferencia continua. Interferencia electromagnética, la misma que no está formada por una sucesión de impulsos discretos, en la operación normal de un aparato de un sistema particular.

1.2.9 Chasquido (click). Interferencia de duración menor que un valores específico, cuando se mide sobre una condición especial.

1.2.10 Tensión de interferencia. Voltaje producido por una interferencia electromagnética.

1.2.11 Campo de interferencia. Intensidad de campo producido por una interferencia electromagnética.

1.2.12 Potencia de interferencia. Potencia producida por una interferencia electromagnética.

1.2.13 Grado de protección. Factor que caracteriza el grado de

protección de un radio receptor contra una interferencia, cuando es medida bajo condiciones especiales.

1.2.14 Factor de desacoplamiento de un radio receptor con una red de alimentación. Relación del voltaje de radiofrecuencia en los terminales principales del aparato originador de la interferencia, al voltaje de radiofrecuencia en los terminales principales de la antena del receptor, que dan el mismo efecto de interferencia.

1.2.15 Límites de interferencia. El valor máximo permitido de radiofrecuencia, especificado por un organismo competente o autoridad.

1.2.16 Supresión de la interferencia. Cualquier acción destinada a la reducción o eliminación del efecto de la radiointerferencia.

1.2.17 Equipo supresor de la radiointerferencia. El set completo de componentes necesarios para la supresión de la interferencia provenientes de un origen determinado.

1.2.18 Elemento supresor. El elemento que proporciona , por si solo, una atenuación a la radiointerferencia.

1.2.19 Capacitor supresor. Un capacitor que puede ser diseñado especialmente o no, para ser usado en un equipo supresor de interferencias.

1.2.20 Equipo conectado permanentemente a tierra. Un equipo cuya parte metálica necesita conexión a tierra para su protección.

## ORIGEN Y NATURALEZA DE LA INTERFERENCIA

2.1 Generación del ruido de radiofrecuencia.

La operación normal de muchos aparatos eléctricos incluye cambios violentos en la corriente tomada por el aparato de los conductores de abastecimiento (como por ejemplo: motores, conmutadores, aparatos controlados termostáticamente, luces fluorescentes, rótulos de neón, etc.). Las variaciones violentas en la corriente de carga del aparato pueden hacer que corrientes de radiofrecuencia fluyan hacia el circuito principal de suministro del aparato.

Estas corrientes de radiofrecuencia pueden penetrar al circuito principal de suministro del aparato de dos maneras:

a) De un terminal del aparato hacia una línea de suministro principal, regresando por la otra línea de suministro principal hacia el otro terminal del aparato.

b) Desde los dos terminales del aparato, considerados como uno, hacia el suministro principal, regresando hacia la parte metálica del aparato a través de tierra. Si no existe conexión directa entre el aparato y tierra, estas corrientes fluirán hacia el bastidor del aparato a través de la capacidad (muy pequeña) entre el aparato y la tierra.

Las corrientes que fluyen, de acuerdo con el literal a) son conocidas como corrientes simétricas, y las del literal b), como corrientes asimétricas.

Las dos corrientes pueden ser acopladas al circuito de antena de un radioreceptor, en la frecuencia en la cual éste es sintonizado.

En general, las corrientes asimétricas son capaces de causar más interferencia que las corrientes simétricas. Esto se produce debido a que la corriente simétrica generalmente fluye en circuitos, formando pequeños anillos o bucles, que estarían acoplados flojamente a la instalación receptora, mientras las corrientes asimétricas fluyen en circuitos formando anillos o bucles

mucho más grandes, con acoples más fuertes con el circuito de antena del receptor.

Asociados con estas corrientes estarán los campos y voltajes de ruido de radiofrecuencia simétricos y asimétricos.

## 2.2 Magnitud y distribución espectral de las señales.

La energía asociada a las corrientes de radiofrecuencia, generada por la mayoría de los aparatos eléctricos, es distribuida sobre un espectro amplio que se extiende desde las frecuencias de radio más bajas hasta frecuencias muy altas; pero, a medida que aumenta la frecuencia, decrece la magnitud de las componentes.

A pesar de que siendo este el comportamiento general de la distribución de la frecuencia de interferencia, existe una excepción, que se conoce con el nombre de "FRECUENCIA UNICA"\*, la misma que es producida por equipos tales como osciladores de radiofrecuencia, operados por válvulas que se emplean, por

\* BRITISH STANDARD CP/002

ejemplo, en aparatos de médicos, científicos e industriales y en los sistemas de encendido de los motores de combustión interna.

En el primer caso, la energía es limitada principalmente a las bandas estrechas de frecuencias, centradas sobre la frecuencia fundamental del oscilador y sus armónicas; en el segundo caso, los campos de ruido de radiofrecuencia son generalmente de magnitud sin importancia, por debajo de alrededor de 5 MHz, subiendo hasta una cresta entre 30 y 50 MHz y permaneciendo en éste o cerca de este nivel por lo menos 600 MHz .

Generalmente, los campos más grandes, corrientes y voltajes así mismo grandes, salen de aquellos equipos diseñados para producir energía de radiofrecuencia como una de sus funciones principales.

### 2.3 Propagación de la interferencia.

Las corrientes y voltajes de ruido de radiofrecuencia pueden ser generados como se indica en el numeral 2.1, en ciertas

clases de aparatos eléctricos y en el alambrado conectado a éstos. La energía asociada a estas corrientes y voltajes de radiofrecuencia pueden ser propagadas hacia la vecindad del sistema receptor de cuatro maneras:

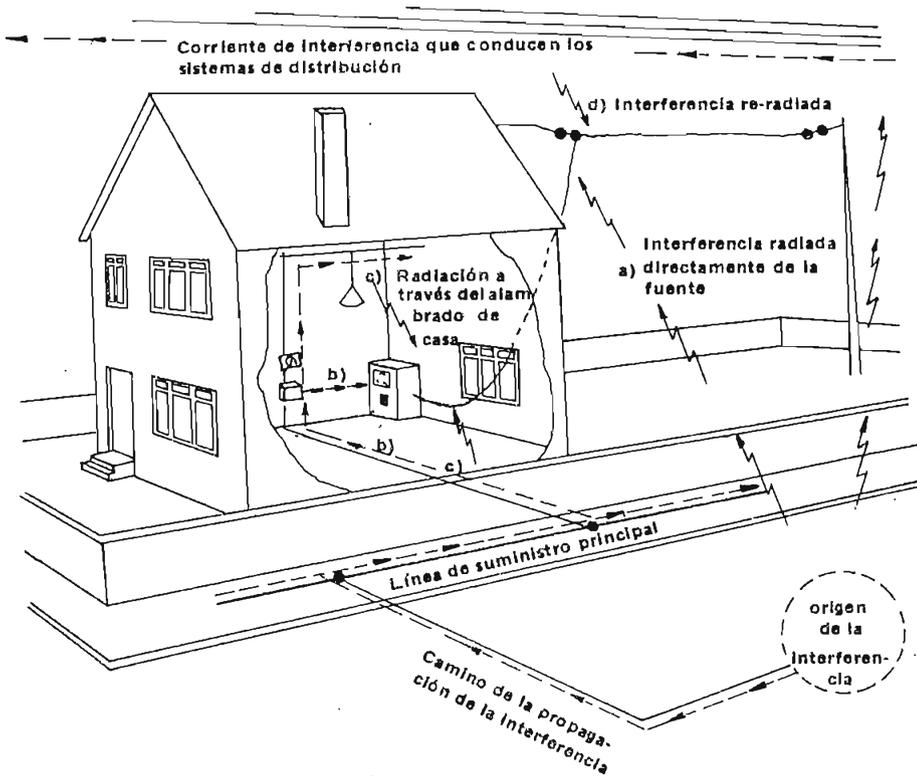
- a) Por radiación directa, desde el aparato y su alambrado del suministro principal.
- b) Por conducción, desde el aparato, a lo largo del alambrado del suministro principal hacia el receptor.
- c) Por conducción, desde el aparato, a lo largo del alambrado del suministro principal y radiada posteriormente al sistema de antena del receptor.
- d) Por radiación, conducción y re-radiación de alambres, etc., no conectados directamente al aparato pero acoplados cerca a éste o a su alambrado de suministro principal correspondiente.

La interferencia es asociada más comunmente con la propagación descrita en el literal c, particularmente en las bandas de radiodifusión de onda larga y onda media, aun cuando la forma

de propagación descrito en el literal a, es también de importancia en la banda de televisión.

Las cuatro formas descritas, en las cuales las perturbaciones de radiofrecuencia pueden ser propagadas desde su origen hasta el receptor, están ilustradas en la Figura 1 .

FIGURA 1.



- a) Propagación por radiación directa.
- b) Propagación por conducción a lo largo del alambrado de suministro de energía al receptor.
- c) Propagación por conducción a lo largo del alambrado de suministro de energía al receptor y radiación de aquel.
- d) Propagación por re-radiación de alambres no conectados al aparato.

### 2.3.1 Propagación de radiación directa.

La energía de radiofrecuencia, radiada desde un aparato eléctrico y/o su alambrado correspondiente, puede alcanzar la vecindad de una antena de una instalación radioreceptora cercana de la forma indicada como tipo a en la figura 1 . La intensidad del campo de ruido de la radiofrecuencia, disminuye muy rápidamente con el aumento en distancia desde el origen en las bandas de frecuencias bajas y menos rápidamente en las bandas de frecuencias altas . Los equipos o aparatos, que comunmente originan interferencias de radiofrecuencia y que se radian en forma directa son: equipos médicos, científicos e industriales de radiofrecuencia, \* cables de transmisión \*\* y, en el caso de receptores de televisión, sistemas de encendido de vehículos a motor de combustión interna +. La interferencia puede afectar a los receptores dentro de un radio de algunos cientos de metros, sobre las bandas de radiodifusión de onda media y onda larga, y hasta 1 kilómetro o más en las bandas de frecuencias altas y muy altas.

\* BRITISH STANDAR CP 1002; IEC C.I.S.P.R. Publication II.

\*\* NORMA ESPAÑOLA UNE 20 508 y UNE 20 509

+ BRITISH STANDAR 833

### 2.3.2 Propagación por conducción a lo largo del alambrado de suministro de energía al receptor.

Cuando el punto de origen causante de la interferencia está conectado a las fuentes de suministro de energía pública, la corriente de ruido de radiofrecuencia puede ser transmitida, con alguna atenuación, a lo largo de la fuente de suministro. Si el radio receptor es deficiente en los arreglos de filtraje de la fuente de suministro, la interferencia puede ser causada por la inyección de las corrientes de radiofrecuencia hacia el receptor, operado por la fuente de suministro a través del mismo tal como se indica en la figura 1, con el tipo b de propagación del ruido de radiofrecuencia.

### 2.3.3 Propagación por conducción a lo largo del alambrado de suministro de energía al receptor y radiación de aquel.

Después de haber sido conducidas a través de alguna distancia, a lo largo de las fuentes de suministro, corrientes de ruido de radiofrecuencia, pueden entrar al lugar del receptor y ser radiadas desde el alambrado de la casa hacia la antena misma .

Este modo de propagación está ilustrado, como el tipo c de propagación, en la figura 1. Además, si el receptor está mal apantallado, la radiación del alambrado de la casa puede ser recogida directamente por partes del alambrado del receptor .

La interferencia radiada del alambrado, de la casa hacia la antena del receptor, es la responsable por la mayoría de la interferencia experimentada por los oyentes, gran parte de esta interferencia puede venir a través de la entrada de suministro al receptor y ser recogida por aquella parte de la entrada a la antena más cercana al receptor.

#### 2.3.4 Propagación por alambres, etc., no conectados al aparato,

La energía de radiofrecuencia, radiada desde una de sus fuentes de interferencia, puede ser recogida por conductores cercanos elevados y llevada a lo largo de los mismos por conducción hacia la vecindad de una antena receptora, donde esta interferencia puede ser re-radiada. Los conductores elevados

pueden ser de cualquier tipo, por ejemplos, líneas de telegráfo, teléfono, alarma de incendios, distribución o transmisión . Este modo de propagación está ilustrado, con el tipo d , en la figura 1 .

Interferencias de este tipo generalmente comienzan en fuentes que producen un campo fuerte, radiando directamente, tal como un sistema de tranvías, equipo de radiofrecuencia médico, científico o industrial, y, en algunos casos, vehículos a motor de combustión interna. Se debe tener en cuenta, que, cualquier conductor puede llevar corriente de ruido de radiofrecuencia . Por ejemplo, ruido de radiofrecuencia, generado por elevadores en hoteles o bloques de departamentos, puede ser llevado hacia partes remotas del edificio por vigas de acero o tuberías de agua. La interferencia también puede ser llevada de una casa a otra, por ejemplo, a través de alcantarillas metálicas.

#### 2.3.5 Reconocimiento y localización del origen del ruido de radiofrecuencia.

Se ha dicho que, la mayoría de las interferencias tienen su origen en ruidos que han sido propagados a través de las corrientes

de suministro principal y radiada desde el alambrado de la casa. De lo cual se concluye que, en la mayoría de casos, el equipo eléctrico responsable de la generación del ruido puede ser localizado muy rara vez por los métodos usuales, mediante buscadores de dirección. En la práctica, se emplean ciertos métodos que economizan tiempo. En primer lugar, se debe notar la naturaleza, duración, frecuencia de ocurrencia y los tiempos reales de producción de la interferencia, ya que estos datos son una muy buena guía para localizar la fuente de ruido.

La interferencia de carácter más o menos continuo es, en general, debida a aparatos que tienen un motor de colector. El carácter del ruido escuchado puede permitir que el investigador decida si está involucrado un motor de alta velocidad o un motor de baja velocidad, y, por el modo de comienzo y terminación de la interferencia, puede deducirse alguna manera del uso de la máquina, y posiblemente, del tipo de aparato en uso.

En el caso de interferencias discontinuas, el problema de localización del origen puede ser aplicado con mayor facilidad y

puede obtenerse una ayuda muy eficiente, al estudiar las características del ruido. Supongamos, por ejemplo, que la interferencia ocurra a intervalos de tiempo más o menos regulares, del orden de algunos minutos, si el ruido escuchado consiste en un solo "click" o "salpicadura", éste puede muy bien ser causado por un termostato. Si la interferencia ocurre principalmente en tiempo cálido, se puede estimar que su origen es un termostato que controle un refrigerador, etc.

Cuando se ha logrado obtener una idea sobre el particular, luego de un examen del ruido del parlante, como se indicó anteriormente, se tendrá una mejor guía, si tratamos de conocer el carácter de la vecindad en la cual ocurra la interferencia. Si ésta es residencial, la búsqueda estará limitada a aquellos artefactos domésticos que pudieran producir el tipo de ruido escuchado.

Una investigación entre los vecinos puede, entonces, rápidamente conducir al artefacto molesto. Si el área es industrial, este hecho y la naturaleza de las industrias locales pueden ser

una buena guía.

La interferencia que tiene origen en los conductores principales puede ser seguida hasta su fuente, captando la radiación de los conductores principales de suministro eléctrico en un receptor de radio portátil, operado a batería, con una antena empujada al aparato y siguiendo el ruido a lo largo de los conductores principales. Sin embargo, este método de investigación es laborioso y frecuentemente pueden obtenerse resultados confusos. El investigador experimentado siempre usa, si es posible, métodos de desconexiones cortas, por ejemplo, desconectando y conectando alternativamente todas las piezas sospechosas del aparato, mientras otro investigador observa los resultados sobre el receptor afectado.

#### 2.4 Efecto sobre receptores comunes.

Cuando la energía de ruido de radiofrecuencia llega a la antena de la instalación radioreceptora, el receptor responde a aquellas componentes del ruido que están dentro de la banda de

paso del receptor. Cada impulso único generado por la fuente de ruido es reproducido por el parlante, después de la detección y amplificación, como un "click". Si el origen de la interferencia produce una secuencia muy rápida, ya sea repetida regularmente o no, el ruido que sale del parlante es más o menos continuo, algunas de las máquinas de muy alta velocidad dan una nota casi musical. La interferencia de letreros luminosos de neón e iluminación fluorescente se caracteriza por un tono fuerte de 120 Hz. La interferencia de sistemas de encendido de vehículos a motor se caracterizan por una nota áspera, que cambia con la velocidad del motor.

Es importante recordar, que, los radioreceptores más modernos incorporan un control automático de ganancia (A.G.C. o también conocido como A.V.C.). En casi todos estos receptores, la amplificación es mayor cuando no se recibe ninguna señal; cuando es sintonizada alguna señal, la amplificación es disminuida automáticamente en una cantidad dependiente de la potencia de la señal, de manera que, para una posición dada del "control del volumen" manual, la sonoridad de la reproducción

es substancialmente independiente de la potencia de la señal . En tales receptores, el sonido debido a la interferencia, aún cuando ninguna señal se ha sintonizado, puede no tener importancia cuando el receptor está sintonizado en una señal. La sintonización incorrecta del receptor de la transmisión que se desea puede agravar la interferencia considerablemente, de manera que las observaciones de la intensidad de la interferencia deben hacerse cuando el receptor está sintonizada correctamente en la señal que se desea.

Hasta el momento, solamente se ha discutido el efecto de la interferencia en relación a la transmisión de sonido y recepción del mismo. El efecto sobre la recepción visual depende mucho del tipo de la fuente del ruido que produce la interferencia y del sistema de modulación del transmisor de televisión. Con modulación positiva, la interferencia causada por aparatos caseros y sistemas de encendido de vehículos a motor, generalmente toma la forma de una serie de puntos brillantes, que pueden estar distribuidos al azar sobre la pantalla de la televisión o en una serie de bandas (ver figura 2 y 3). Muchos receptores

FIGURA 2.



Interferencia causada por un motor de conmutación

FIGURA 3.



Interferencia producida por un motor de ignición

de televisión tiene circuitos limitadores que reducen el efecto de tal interferencia; pero, si éstos están regulados incorrectamente, pueden degradar la calidad de la imagen (ver figura 4) .

En el caso de una fuente de ruido de radiofrecuencia del tipo "frecuencia única", como osciladores de válvulas, la interferencia toma la forma de un haz de bandas claras y oscuras, cuyas dimensiones dependen de la diferencia de frecuencias entre las señales que interfieren y la señal de televisión y pueden, cambiar rápidamente. Una muestra de este tipo de interferencia está indicada en la figura 5 .

En todos los casos, las interferencias fuertes pueden afectar también a la sincronización del cuadro o circuito de base lí -  
neal de tiempo en el receptor .

## 2.5 Evaluación del ruido de radiofrecuencia.

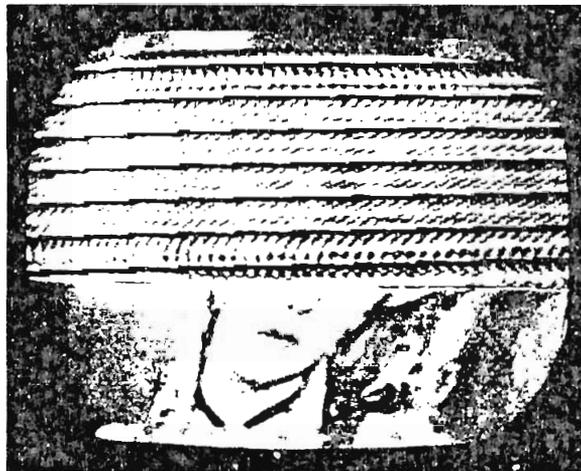
La evaluación cuantitativa del ruido de radio exige el uso de aparatos diseñados específicamente, de características y rendimiento convenientes para la medición de las ondas máximas que

FIGURA 4.



Interferencia causada por un circuito limitador mal regulado

FIGURA 5.



Interferencia producida por un equipo de diatermia

001785

se encuentran en muchos tipos de ruido.

Comúnmente, se emplean dos evaluaciones del ruido generado por los artefactos:

- a) En una medición del voltaje del ruido desarrollado por el aparato, a través de una impedancia standard de carga.
- b) En una medición de la intensidad del campo de ruido, a una distancia normal desde el aparato.

Los límites de voltaje y campo, que se consideran como económicamente accesibles y que dan un razonable grado de protección para la recepción de estaciones locales, están determinados en el numeral 2.6 .

## 2.6 Límites de la interferencia . \*

### 2.6.1 Interferencia continua. (1)

Los motores de colector así como otros dispositivos incorporados en aparatos electrodomésticos, herramientas portátiles, y aparatos eléctricos similares, pueden causar interferencia continua .

#### 2.6.1.1 Frecuencia de 0,15 MHz a 30 MHz (voltajes en los terminales).

Los límites de los voltajes en los terminales, medidos a través de una impedancia de  $150 \Omega$  se dan en la Tabla 1 .

-----  
NOTA 1. Perturbación electromagnética, cuyo efecto no es resoluble en una sucesión de impulsos discretos en la operación del sistema de recepción particular involucrado. Ejm. Interferencia de un motor de colector.

\* IEC Recomendación C.I.C.P.R. 14; British Standard 800 .

TABLA 1

Rango de frecuencias	Límites de voltaje de interferencia							
	Aparatos electrodo- mésticos y similares		Herramientas portátiles (3)					
			Potencia nominal (2)					
			Hasta e igual a 700 W .		Sobre 700 W hasta e igual a 1 000 W .		Sobre 1 000 W hasta e igual a 2 000 W .	
MHz	dB( $\mu$ V)	mV	dB( $\mu$ V)	mV	dB( $\mu$ V)	mV	dB( $\mu$ V)	mV
0,15 a 0,5	66	2	66	2	70	3	76	6
0,5 a 5	60	1	60	1	64	1,5	70	3
5 a 30	66	2	66	2	70	3	76	6

NOTA 2. La energía de cualquier dispositivo de calentamiento debe ser excluida; ejemplo en el caso de energía de calentamiento en un soplete para suelda plástica.

NOTA 3. Herramientas portátiles con masas vibrantes, Las herramientas eléctricas portátiles que incorporan masas vibrantes u oscilantes deberán, en lo posible, ser medidas con aquellas masas removidas o desconectadas.

2.6.1.2 Frecuencias de 30 MHz a 300 MHz (energía de interferencia).

Los límites de energía de interferencia, se dan en las Tablas 2 y 3 siguientes:

T A B L A 2

Gama de frecuencias	Límites de energía de interferencia 30 MHz a 300 MHz			
	Aparatos electrodo- mésticos y similares	Aparatos portátiles		
		Potencia nominal (4)		
		Hasta e igual a 700 W .	Sobre 700 W hasta e igual a 1 000 W.	Sobre 1 000 W y hasta e igual a 2 000 W.
MHz	dB (pW)	dB (pW)	dB (pW)	dB (pW)
30 a 300	45 incrementando línealmente con la frecuencia a 55 .	45 a 55 incrementando línealmente de acuerdo a la frecuencia.	45 a 59 incrementando línealmente en función de la frecuencia.	55 a 65 incrementando línealmente de acuerdo a la frecuencia .

Las medidas se hacen normalmente en seis frecuencias preferidas, con los límites según se indican en la Tabla 3 .

-----  
 NOTA 4 . La energía de cualquier dispositivo de calentamiento debe ser excluida.

T A B L A 3

Frecuencias preferenciales	Aparatos electrodo- mésticos y similares.	Aparatos portátiles (3)		
		Potencia nominal (4)		
		Hasta e igual	Sobre 700 W y hasta igual a 1 000 W.	Sobre 1 000 W y hasta e igual a 2 000 W.
MHz	dB (pW)	dB (pW)	dB (pW)	dB (pW)
45	46	46	50	56
65	46	46	50	56
90	47	47	51	57
150	49	49	53	59
180	51	51	55	61
220	52	52	56	62

## 2.6.2 Interferencias discontinuas.

2.6.2.1 Las operaciones de conmutación que tienen lugar en los aparatos controlados termostáticamente, en las máquinas automáticas programadas y otros aparatos controlados eléctricamente, producen interferencia discontinua. El efecto subjetivo de las interferencias discontinuas varía con la frecuencia de repetición y la amplitud, tanto en el caso de la radiodifusión sonora, como en la televisión. Por este motivo, se hace una distinción entre las diversas especies de interferencia discontinua.

2.6.2.2 Se aplican las siguientes definiciones: \*

a) Chasquidos (click). Una interferencia que no dura más de 200 ms y que está separada de la interferencia siguiente por una duración al menos de 200 ms. Un chasquido puede contener un cierto número de impulsos. En las figuras 6a, 6b y 6c, se muestran ejemplos de interferencia discontinua que están clasificados como chasquidos (clicks).

b) Chasquidos (clicks) contados. Chasquidos que exceden el límite de la interferencia continua.

\* Recomendación IEC 50(902); Recomendación C.I.S.P.R. 14.

FIGURA 6.

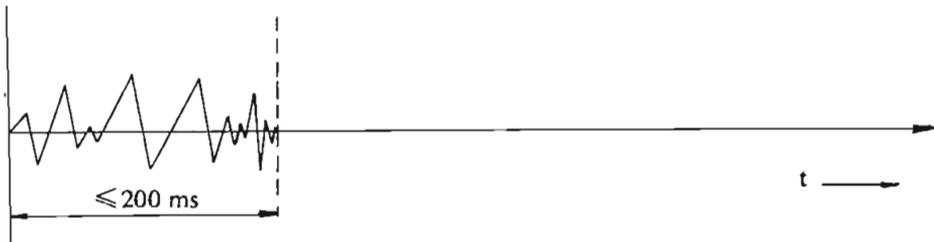


Fig. 6 a un solo click.

Interferencia que consiste en una serie continua de impulsos con una duración máxima de 200 ms.

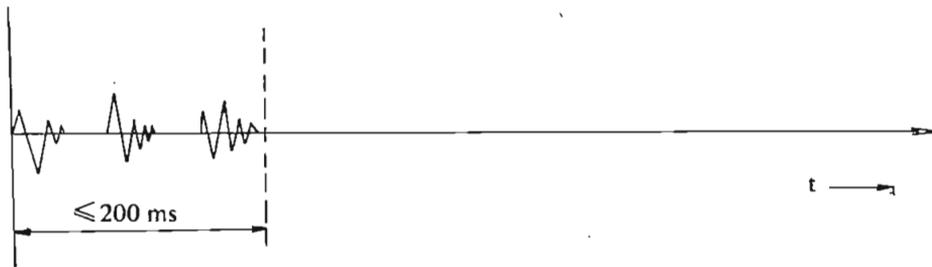


Fig. 6 b un solo click.

Interferencia que consiste en una serie no continua o de frecuencia intermitente con una duración total de 200 ms.

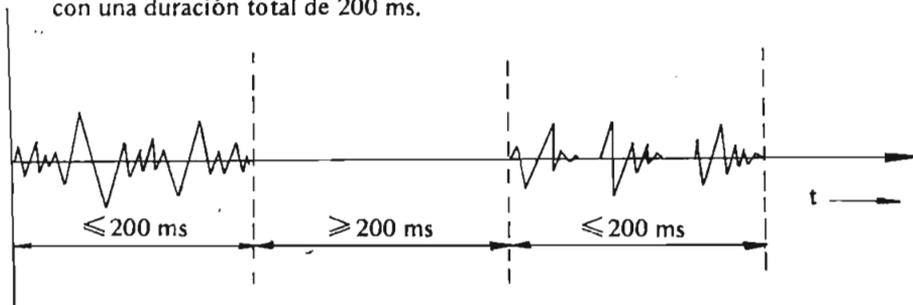


Fig. 6 c dos click.

Dos interferencias de 200 ms de duración máxima, distintas con una separación no menor de 200 ms.

c) Operación de conmutación. Una abertura o un cierre de un interruptor o contacto .

d) Tiempo mínimo de observación T: Tiempo necesario para registrar 40 chasquidos contados, o cuando sea aplicable, tiempo necesario para contar 40 operaciones de conmutación; en el caso de aparatos con detención automática, un programa completo, si éste produce 40 clicks contados o más. Si el programa completo no produce 40 chasquidos contados, deberá ser repetido tan a menudo como sea necesario para producir un mínimo de 40 chasquidos. El intervalo entre el fin de un programa y el inicio del programa siguiente, debe ser excluido del tiempo de observación.

e) Coeficiente de repetición de los chasquidos N. (5) Número de los chasquidos (clicks) por minuto, determinados por la fórmula  $N = n1/T$  .

-----  
NOTA 5 . Cuando se determine N, (pero no cuando se determine el valor característico de los chasquidos contados), el tiempo T puede ser reducido a un máximo de 2 h para los aparatos que no tienen un programa de control.

Donde:

$n_1$  = Es el número de los chasquidos contados durante el tiempo de observación  $T$ , en minutos.

Para ciertos aparatos (ver numeral 2.6.2.4-d) el tipo de repetición de los chasquidos está determinado por la fórmula

$$N = f n_2 / T .$$

Donde :

$n_2$  = Es el número de operaciones de conmutación durante el tiempo de observación  $T$  .

$f$  = Es un factor dado en la Tabla 7 .

f) Límite admisible para los chasquidos contados. El valor correspondiente aplicable a una interferencia continua, como se da en los numerales 2.6.1.1 y 2.6.1.2 , se aumenta en la siguiente cantidad:

$$20 \log_{10} \frac{30}{N} \quad ( 0,2 \leq N \leq 30 )$$

g) Valor característico. El valor de los chasquidos contados es aquel atribuido al equipo o aparato de acuerdo al método del cuartil superior. Esto és, el equipo o aparato bajo ensayo se considerará que cumple con el límite, si menos de un cuarto de los chasquidos (clicks) contados no sobrepasan el límite admisible. Esta expresión se aplica igualmente a las perturbaciones intermitentes que no sean los chasquidos.

Ejemplos del uso del método del cuartil superior .

#### Resultados de los ensayos

Número de clicks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nivel en dB ( $\mu$ V)	94	100	98	102	97	90	98	99	96	94
Número de clicks	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nivel en dB ( $\mu$ V)	94	90	97	94	100	94	99	80	96	91
Número de clicks	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Nivel en dB ( $\mu$ V)	87	88	98	82	86	80	94	90	92	83
Número de clicks	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Nivel en dB ( $\mu$ V)	96	86	96	86	98	92	97	90	97	90
Número de clicks	41	42	43	44	45					
Nivel en dB ( $\mu$ V)	98	93	97	99	100					

Ejemplo 1. (Equipo no aceptable)

Tiempo mínimo de observación (T) = 35 min.

Número de clicks contados ( $n_1$ ) = 45

$$N = \frac{45}{35} = 1,3$$

$$20 \log_{10} \frac{30}{N} = 20 \log_{10} \frac{30}{1,3} = 27,5 \text{ dB}$$

Nivel admisible para 160 kHz = 70 + 27,5 = 97,5 dB ( $\mu$  V)

En el presente ejemplo, son 12 chasquidos los que se encuentran sobre el nivel calculado, siendo estos:

Nº : 2, 3, 4, 7, 8, 15, 17, 23, 35, 41, 44 y 45 .

El número correspondiente al cuartil será:  $45/4 \approx 11$

Como el número de ensayos que presentan un nivel superior al límite admisible (12) es mayor que el número admitido por el método del cuartil superior (11). Se considerará entonces, que el equipo no se encuentra dentro del límite admisible de interferencia .

Ejemplo 2. (Equipo aceptable)

Tiempo mínimo de observación (T) = 135 min.

Número de clicks contados ( $n_1$ ) = 45

$$N = \frac{45}{135} = 1/3$$

$$20 \log_{10} \frac{30}{N} + 20 \log_{10} \frac{30}{1/3} = 20 \log_{10} 90 = 39,2 \text{ dB}$$

Nivel admisible para 160 kHz = 66 + 39,2 = 105,2 dB .

En el presente ejemplo, no existe chasquidos que sobrepasen el nivel de 105,2 dB. Por lo tanto el aparato es aceptado.

2.6.2.3 Los valores límites y las condiciones siguientes son aplicables (con excepción de aquellos que se detallan en el numeral 2.6.2.4) .

a) Cuando las operaciones de conmutación producen:

- Chasquidos que ocurran más frecuentemente dos veces en cualquier período de 2 s .

- Interferencias que no sean los chasquidos, los valores límites aplicables son aquellos que se fijan en el numeral 2.6.1, con excepción de las interferencias producidas por los aparatos detallados en el numeral 2.6.2.4-c .

En las figuras 7a, 7b y 7c, están representados ejemplos de interferencia discontinuas para las cuales son aplicables los valores límites de las interferencias continuas .

b) En el caso de chasquidos contados, que se producen a menudo menos que dos veces durante todo el período de 2 s, el límite permitido será como el definido anteriormente, y como se indica en las Tablas 4 y 5, para todas las clases de equipo o de aparatos, con excepción de aquellos que se mencionan en el numeral 2.6.2.4 . El valor N se determinará a 160kHz, 550 kHz, y 45 MHz, para los rangos de frecuencias de 150 kHz a 500 kHz, 0,5 MHz a 30 MHz y 30 MHz a 300 MHz .

FIGURA 7.

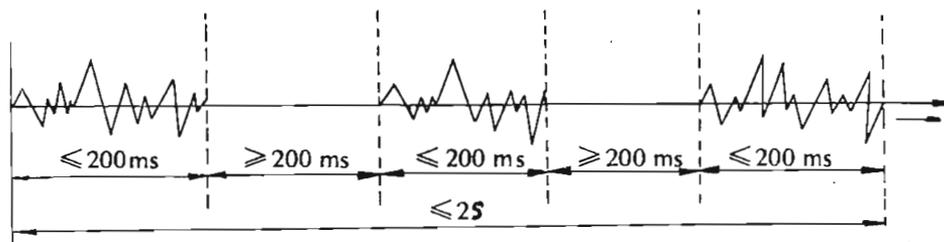


Fig. 7 a Más de dos interferencias no mayores de 200 ms y separados por un intervalo no menor a 200 ms, dando este total un período de 2 segundos.

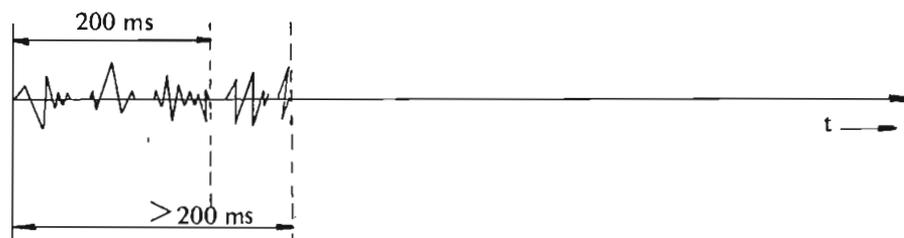


Fig. 7 b Impulsos individuales de frecuencia intermitente.

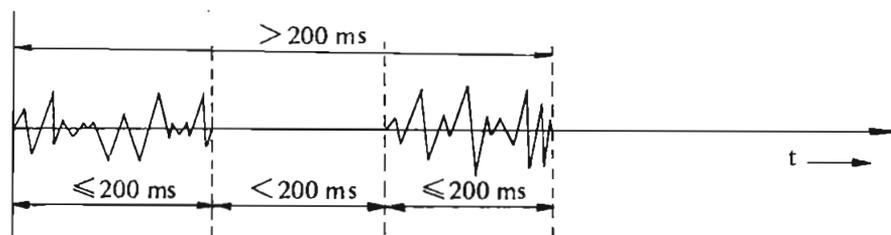


Fig. 7 c Dos interferencias no mayores a 200ms y separados mediante un intervalo menor a 200ms y que en total tienen una duración mayor de 200ms.

TABLA 4

Ejemplos de aparatos y aplicación de los límites para cualquier coeficiente de repetición de chasquidos (N) procedentes de una interferencia continúa .

Tipo de aparato	Rango de frecuencia (MHz)	Límites
Calentadores de biberones .	0,15 - 0,5	$66 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Máquinas herramientas rotativas. Quemadores de aceite.	0,5 - 5	$60 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Secadoras de pelo.	5 - 30	$66 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Colchones calentados eléctricamente.	30 - 300	$(45 \text{ a } 55) + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB  incrementa linealmente con la frecuencia

c) La interferencia debe ser tratada como una interferencia continua de valores N superiores a 30. Los chasquidos son considerados como no perturbadores si el intervalo medio entre los dos sucesivos clicks es superior a 5 min ( es decir  $N \leq 0,2$ ) y si el valor característico no es mayor a 44 dB sobre el límite aplicable a las perturbaciones continuas, como se indica en los numerales 2.6.1.1 y 2.6.1.2 .

T A B L A 5

Ejemplos de aparatos y aplicaciones de los límites para cualquier coeficiente de repetición de chasquidos (N) procedentes de interruptores de operación

Tipo de aparatos	Rango de frecuencia (MHz)	Límites
Interruptores para control de velocidad de máquinas.	0,15 - 0,5	$66 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Interruptores de arranque.	0,5 - 5	$60 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Contactos de arranque para máquinas de calcular.	5 - 30	$66 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Contactos de cambio de imágenes en una máquina de diapositivas.	30 - 300	$(45 \text{ a } 55) + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB

2.6.2.4 Para ciertos aparatos mencionados en los párrafos siguientes, los límites y las condiciones de funcionamiento, especificados en el numeral 2.6.2.3, son aplicables con la excepción de los casos mencionados.

a) Los interruptores manuales incorporados dentro de un aparato para el propósito de aislación o selección de programas únicamente (ejemplo, el interruptor de una lámpara o de una máquina de escribir eléctrica, pero no los interruptores de parada/inicio de las máquinas de coser y de las máquinas de calcular), están exentos de los requisitos prescritos en este trabajo.

b) Para los aparatos que figuran en la Tabla 6 y similares, el límite en el rango de frecuencias 0,15 MHz a 0,2 MHz, deberá ser:

$$\left( 70 + 20 \log_{10} \frac{30}{N} \right) \text{ dB } (\mu \text{ V})$$

Además, los aparatos específicos marcados con un doble asterisco en la Tabla 6, que tienen interruptores con funcionamiento

instantáneo (es decir, la duración de cada chasquido (clicks) es menor a 10 ms) y que no causan más de cinco chasquidos, deberán considerarse los límites como independientemente de la amplitud de los chasquidos.

c) En los aparatos que produzcan menos de cinco chasquidos por minuto ( $N < 5$ ) los grupos de dos interferencias causadas por el funcionamiento sucesivo de dos o más contactos, teniendo cada interferencia una duración máxima de 200 ms, y que no estén precedidos ni seguidos por cualquier otro interferencia dentro de 2 s de intervalo, deberán ser evaluados como dos chasquidos, aún cuando la separación entre las interferencias sea menor a 200 ms.

Para este tipo de aparatos, por ejemplo refrigeradoras, el caso que se muestra en la figura 7c, será evaluado como dos chasquidos y no como una interferencia continua.

d) Para los aparatos enumerados en la Tabla 7, se calcula el coeficiente de repetición de los chasquidos  $N = fn_2/T$ .

Donde :

$n_2$  = Es la suma de las aberturas y cierres de los contactos (operaciones de conmutación) durante el tiempo de observación T en minutos.

f = Es un factor dado en la misma tabla .

e) Los valores límites relativos a vallas eléctricas son aplicables hasta 30 MHz .

T A B L A 6

Ejemplos de aparatos y aplicaciones de límites para cualquier coeficiente de repetición de chasquidos (N), procedentes de una interferencia continua .

Tipo de aparato	Rango de frecuencia (MHz)	Límites
Cocina eléctrica. Refrigeradoras. Cafeteras eléctricas. Esterilizadores	0,15 a 0,2	$70 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Termostatos independientes necesarios para controlar calentadores de agua que funcionan mediante quemadores de aceite.	0,2 - 0,5	$66 + 20 \log_{10} \frac{20}{N}$ dB
Radiadores de calor. Calentadores por circulación forzada de aire caliente.	0,5 - 5	$60 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Convectores de calor. Calentadores de inmersión. Calderas.	5 - 30	$66 + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB
Hornos para pan ** Waffleras. Tostadoras automáticas **	30 - 300	$(45-55) + 20 \log_{10} \frac{30}{N}$ dB

T A B L A 7

Ejemplos de aparatos y aplicaciones de l mires para cualquier coeficiente de repetición de chasquidos (N) procedentes del cierre y abertura de los contactos los mismos que necesitan un factor f .

Tipo de aparato	Factor f	Condición especial	Límites
Cocinas	0,5	Coeficiente de repetición de los chasquidos $N = f \cdot n_2 / T$ Donde: $n_2 =$ suma de las aberturas y cierres de los contactos, durante el tiempo de observación T en minutos .	f por el número de operaciones del interruptor en cada minuto, para un ciclo de servicio del (50 $\pm$ 10)% del control proyectado.
Aparato con uno o más platos calentadores eléctricos controlados por termostatos o reguladores de energía.	0,5		f por el número de operaciones del interruptor.
Refrigeradoras	0,5		f por el número de operaciones del interruptor en cada minuto, para un ciclo de servicio del .
Planchas	0,66		(50 $\pm$ 10)% del control proyectado, operando a la más alta temperatura.
Interruptores para control de la velocidad y arranque de máquinas de costura y taladros dentados.	1,0		
Interruptores de arranque para :			
Máquinas sumadoras	1,0		
Máquinas calculadoras	1,0		
Registradoras	1,0		
Proyectores de slide	1,0		

## REDUCCION DE LA INTERFERENCIA EN LOS RECEPTORES

3.1 Consideraciones fundamentales.

La recepción de señales libres de interferencia puede conseguirse solo por medio de una buena práctica, tanto en la instalación receptora como en el generador de ruido; debe asumirse, por lo tanto, un término medio razonable, en el problema de enfrentarse a cada uno.

Antes de tratar en detalle sobre los pasos que pueden seguirse para reducir la generación y propagación del ruido de radiofrecuencia, deben considerarse las medidas que pueden adoptarse en la instalación de recepción, a fin de volverla menos susceptible al ruido. La severidad de la interferencia, encontrada en una instalación receptora particular, depende de la relación de la intensidad de la señal deseada y el ruido, en la salida del receptor. Esto se relaciona directamente, con la relación

"señal a ruido", en la entrada del receptor. Así, la relación "señal a ruido" en la entrada del receptor es una medida conveniente de la severidad de la interferencia. Esto depende de los siguientes factores:

- a) La magnitud de la molestia de radiofrecuencia en una fuente.
- b) El grado de acoplamiento entre el recurso o fuente (ejemplo conductores principales) y la instalación de recepción.
- c) La intensidad del campo de radiotransmisión en la antena de recepción .
- d) La altura efectiva de la antena de recepción.

El literal (a) usualmente no está bajo el control del propietario de la instalación receptora y se lo trata en las secciones finales de este trabajo. Los literales (b), (c) y (d) son afectados por la ubicación de la antena de recepción.

### 3.2 Arreglos de la antena.

La colocación de la antena en un sitio tan alto y tan remoto ,

como sea posible, de edificios y otros objetos, mejorará la relación "señal a ruido", por medio de:

- a) La reducción del acoplamiento entre la fuente (ejemplo , alambres conductores principales) y la antena.
- b) La colocación de la antena en un área de más alta intensidad de campo de la señal deseada.
- c) Mejorando la altura efectiva, de modo que se aplique al receptor un voltaje de radiofrecuencia incrementado, debido a la señal deseada.

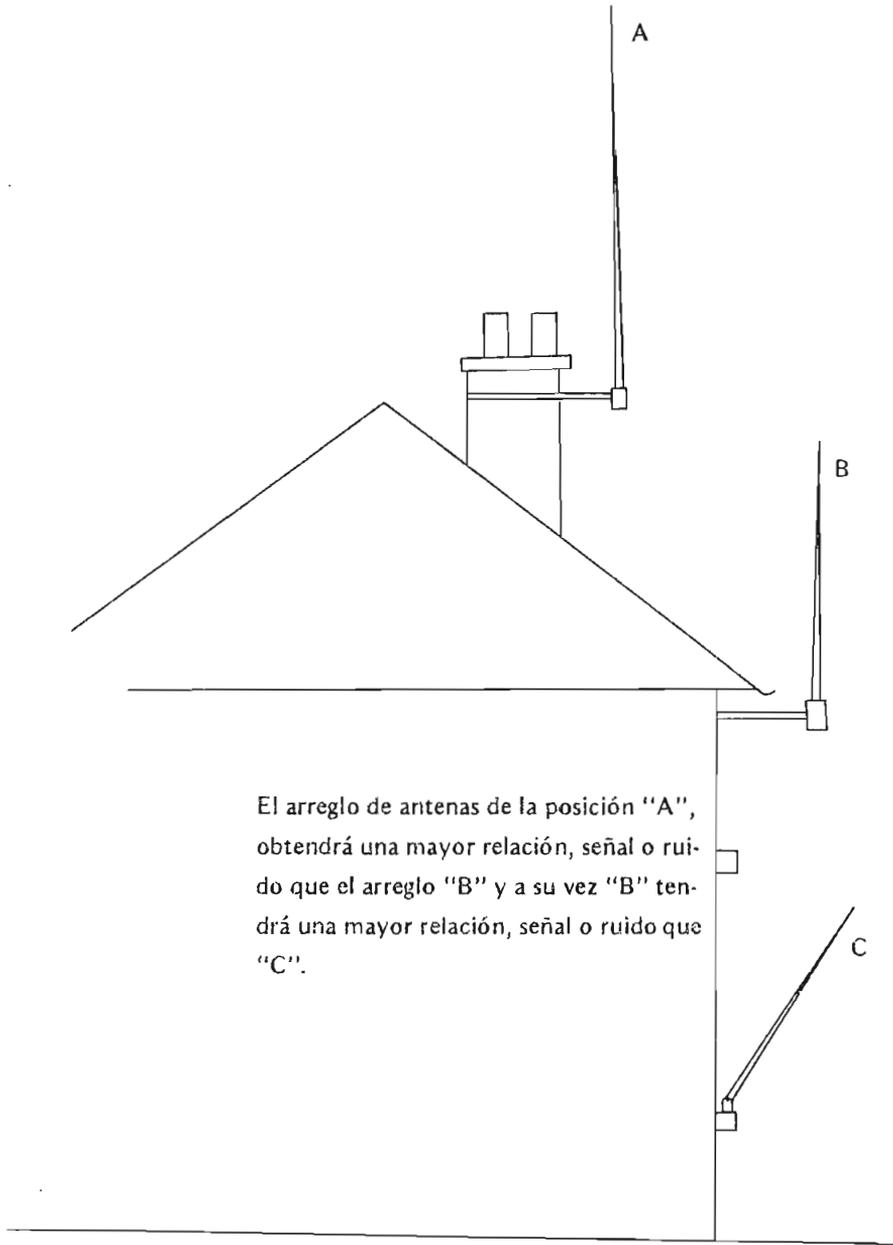
Muchos receptores modernos son capaces de recibir señales sin otra antena que un corto alambre unido al terminal de antena; pero, para una buena recepción, es preferible obtener una señal tan grande como sea posible de la antena, aun cuando sea necesario atenuar esta señal en el terminal receptor del alimentador o entrada, para evitar la sobrecarga en las etapas de entrada del receptor.

Los aspectos de diseño, que conducen a una antena con mejores

características de captación para la transmisión deseada, también conducen a un sistema de antena, el cual, por lo general, es menos susceptible de captar al ruido de la instalación alámbrica de la casa. Una antena interior está acoplada mucho más cerca al alambrado casero que una antena que se encuentra totalmente fuera de la casa, y es así como la primera tiene más posibilidades de captar interferencias. Además, una antena interior a causa de su pequeñez y el apantallamiento producido por el edificio y por los servicios de agua y electricidad, es generalmente un colector menos efectivo de las señales deseadas.

Para las bandas de onda media y onda larga, una varilla vertical de alrededor de 4 m a 7 m de largo, montada sobre la chimenea, forma una excelente antena. Donde no es posible realizar tal montaje, una varilla similar instalada a nivel del canalón de desagüe dará buenos resultados. Una antena de varilla vertical puede usarse, generalmente en conjunto con transformadores de equilibrio y un sistema de alimentación apantallado. La misma antena puede montarse, entonces, fuera del campo de ruido.

FIGURA 8.



El arreglo de antenas de la posición "A", obtendrá una mayor relación, señal o ruido que el arreglo "B" y a su vez "B" tendrá una mayor relación, señal o ruido que "C".

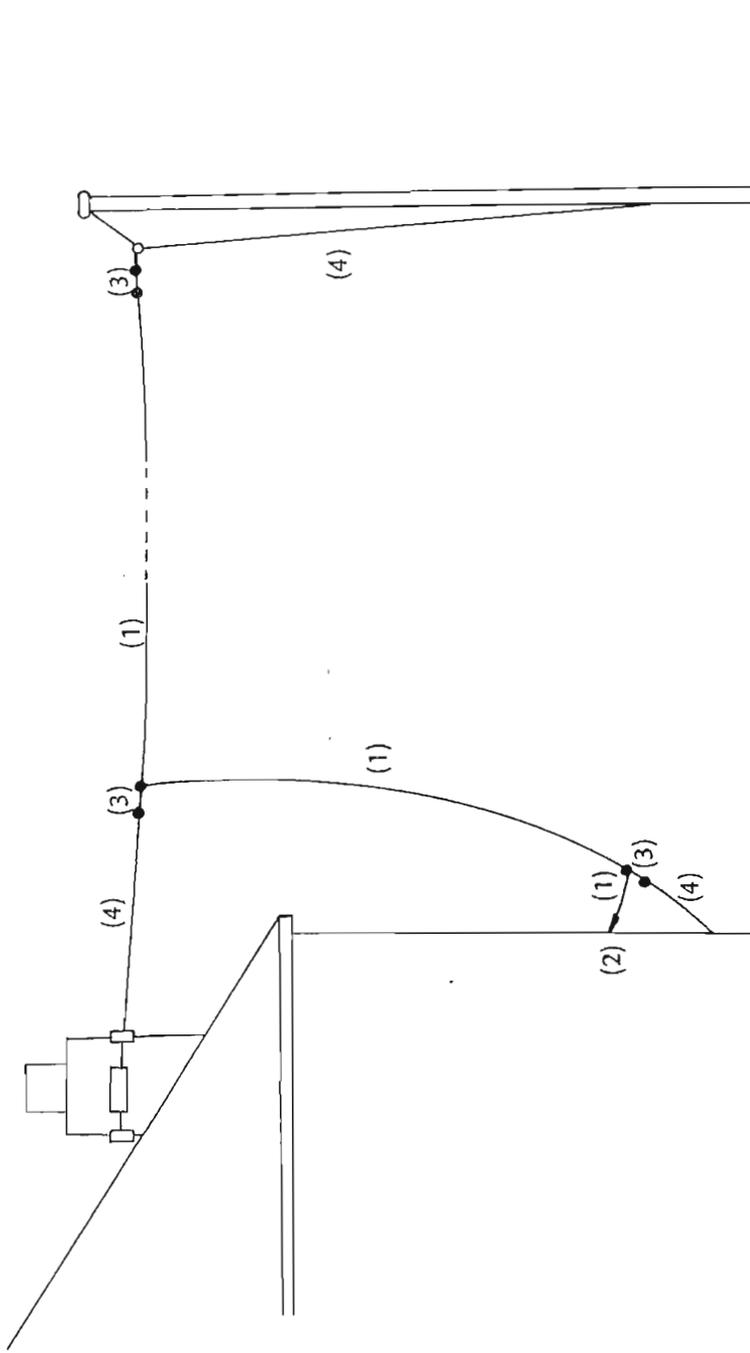
Formas preferidas de arreglos de las antenas.

Donde el espacio lo permita, el uso de una antena en "L" invertida puede dar, a menudo, un mejor rendimiento en la banda de onda larga.

La posición de una antena de televisión es, con frecuencia, extremadamente crítica, debido a la existencia de un patrón de onda estacionaria, causada por objetos reflectores. Un ajuste relativamente pequeño de la posición del sistema de antena puede tener, un marcado efecto sobre la recepción.

Puesto que, con cualquier forma de antena, la parte del conductor de toma más cercano al receptor, por lo general, está muy bien acoplado a los circuitos que llevan corrientes de sonido, puede obtenerse alguna mejora de la relación señal a ruido, apantallando la sección del conductor de toma, desde un punto cercano al receptor hasta un punto bastante lejano al campo de instalación alámbrica local. Sin embargo, y en general este apantallamiento no será muy efectivo sin los transformadores antes mencionados. Las antenas de televisión se usan, invariablemente, ya sea con un alimentador coaxial o un balanceado, que tenga una impedancia característica que

FIGURA 9.



- (1) Cable o alambre balanceado
- (2) Tubería que atraviesa la pared
- (3) Aisladores
- (4) Cables de suspensión

Arreglo de una antena aérea tipo "L" invertida.

equilibre, aproximadamente, tanto la entrada de la antena como la del receptor de televisión.

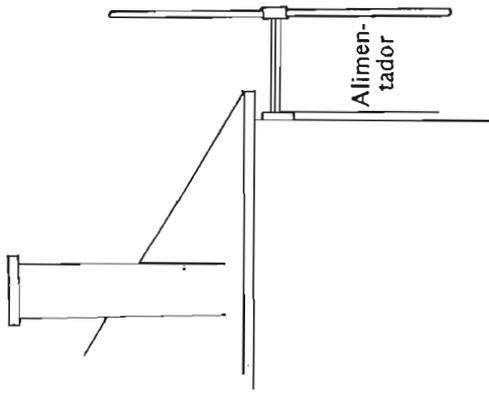
Cuando se investigue una queja sobre una interferencia, siempre deberá chequearse, en primer lugar, la naturaleza del sistema antena-tierra de la instalación de recepción. Esto se aplica, particularmente, si la interferencia experimentada es de carácter intermitente e irregular, pues podría deberse a una conexión fallosa ya sea en los conductores de la antena o en los de tierra.

### 3.3 Filtros en los conductores principales.

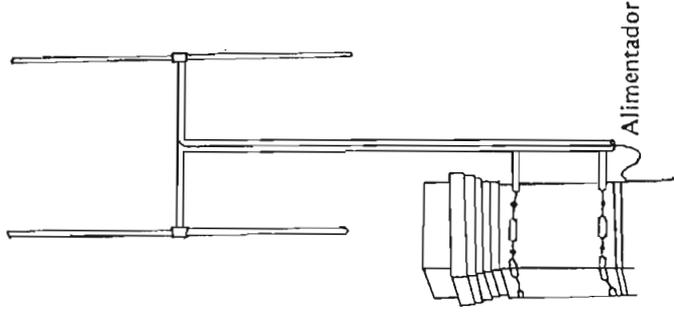
Donde, a pesar de haberse prestado una cuidadosa atención al sistema de antena, persista la interferencia, puede obtenerse una mejoría, en algunos casos, usando supresores en el conmutador principal adyacente al medidor de energía eléctrica del edificio en el cual esté instalado al receptor, o en la entrada de los conductores principales al receptor (ver numeral 6.1 ) .

La interferencia puede ingresar al receptor a través de su conductor principal, sea en la frecuencia de señal o en otra frecuencia, tal como la de imagen o la intermedia.

FIGURA 10.



Dipolo de media onda simple.



Dipolo con reflector de media onda.

Antenas aéreas de televisión (típicas).

## SUPRESION DE LA INTERFERENCIA EN LA FUENTE

4.1 Consideraciones generales.

Cuando se han tomado todas las precauciones razonables en la instalación de recepción, para volverla menos susceptible a las interferencias, cualquier interferencia experimentada puede ser reducida, posteriormente, adoptando medidas que prevengan las corrientes de ruido, etc., desde el alambrado cercano a la vecindad de la antena. Tales medidas son más efectivas cuando se las aplica tan cerca como sea posible, a la fuente de interferencia. Como un principio básico, debe considerarse que la interferencia puede disminuirse en esta forma, mediante uno de los siguientes recursos: puede reducirse la generación de energía de ruido de radiofrecuencia, o la propagación de esta energía, a la vecindad de la instalación de recepción. La primera es un asunto de diseño del artefacto, lo cual puede

realizarlo sólo el fabricante o proyectista del equipo; la segunda se consigue, generalmente, por medio de la conveniente conexión de un supresor de radiofrecuencia en el circuito de energía del artefacto.

#### 4.2 Aspectos en el diseño e instalación de dispositivos que presenten atenuación a la radiointerferencia.

Los proyectistas de artefactos deberían tener en mente la conveniencia de hacerlos en una forma que minimice la interferencia generada y que facilite tal supresión, según sea necesario. Cuando se fabrica en gran número un aparato y, en particular, si éste es pequeño y portátil y se sabe que va a ser una fuente continua de interferencias, el ajuste del supresor lo llevará a cabo en mejor forma el fabricante, antes de que el artefacto sea ofrecido a la venta. Donde el artefacto no sea una fuente continua de interferencias, este recurso resultaría antieconómico y el dispositivo de supresión se ajustaría mejor sólo a aquellos aparatos que se sabe son problemáticos en su uso; para este propósito, los nuevos diseños deberán proporcionar

espacio o facilidades para el ajuste individual de los componentes de supresión de interferencias, especificados y previstos por el mismo fabricante, como por ejemplo:

a) Diseño de motores eléctricos.

Si el funcionamiento del artefacto lo permite, es preferible el uso de un motor de inducción, en lugar de otros tipos de motor; así habrá, poca o ninguna generación de ruidos de radio y posiblemente no se requerirá ninguna supresión de interferencias. Sin embargo, si es necesario emplear un motor que tenga un conmutador, los ruidos de radio pueden limitarse en alguna extensión usando un conmutador que tenga tantos segmentos como sea posible y práctico. Puede obtenerse una reducción más grande dividiendo cualquier serie de arrollamiento inductor en dos partes simétricamente iguales dispuestas alrededor del conmutador. Este arreglo inserta la impedancia en serie con cada conductor de energía, entre la fuente de ruidos de radio (es decir el conmutador) y los conductores principales de suministro; en esta forma se reducen tanto los voltajes de ruido de radiofrecuencia, simétricos como asimétricos aplicados en los

conductores principales.

b) Diseño de termostatos y arreglo.

Los termostatos de acción rápida causan menos interferencias que los del tipo de acción lenta. Los primeros deberían, por lo tanto, ser los utilizados, porque con toda seguridad, reducen el costo de la supresión de interferencias y pueden, en muchos casos, obviar la necesidad de un supresor.

Cuando se diseñe un artefacto controlado termostáticamente, que funcionen a altas temperaturas, debe considerarse el efecto de la temperatura sobre las propiedades físicas del metal o metales, de los cuales depende la acción rápida. Se ha sugerido que en la plancha doméstica, por ejemplo, el metal laminado puede perder su temple con el transcurso del tiempo, de modo que la operación del termostato finalmente deja de ser del tipo de acción rápida. Para prevenir este suceso, es preferible y normal montar el mecanismo de contacto muy por encima de la placa de asiento, aunque la tira de la pieza bimetálica esté necesariamente montada en, o en cercano contacto con la placa

de asiento. Los contactos que cuentan con un magneto permanente para acción rápida pueden ser menos afectados por el calor, que aquellos que cuentan con metal laminado.

Al igual que con los motores eléctricos (ver literal a), los dispositivos controlados termostáticamente necesitarán menos supresión de interferencias, si los contactos del interruptor tienen impedancias en serie en cada lado, por ejemplo, los elementos de calentamiento de un calentador de cama o cobija eléctrica, podrían constar de dos secciones iguales con los contactos insertados en su empalme.

c) Artefactos totalmente aislados y de doble aislación.

El artefacto portátil común que tiene partes metálicas expuestas, que están en contacto con partes no conductoras de corriente del artefacto, puede ser difícil o imposible adaptarse a una supresión de interferencias, con el uso de un supresor barato y compacto. Debido a la severa limitación, desde el punto de vista de seguridad, de la capacidad máxima que puede conectarse a la parte metálica del artefacto, es frecuentemente necesario

emplear un par de inductores, uno en cada conductor principal. Estos inductores usualmente deben conducir la corriente total de trabajo del artefacto; pueden, por este motivo, tener un tamaño y costo apreciable; en un caso extremo, podrían compararse en bulto con el mismo artefacto.

Existen, sin embargo, diseños alternativos de aparatos, principalmente aquellos que son totalmente aislados y aquellos de aislación doble, en los cuales la parte metálica interior, a la cual pueden ser conectados los capacitores de supresión, no puede ser tocada por el usuario. Así, puede permitirse la conexión de grandes valores de capacitancia a la parte metálica interior del artefacto, con la consecuente simplificación de la supresión de interferencias. En ninguna circunstancia, sin embargo, deberán conectarse los capacitores a cualquier parte metálica expuesta del artefacto de doble aislación.

Cuando esté involucrada la interferencia causada por aparatos que han estado en servicio por algún tiempo, esta interferencia puede agravarse debido al pobre estado de mantenimiento del aparato o su instalación de alambrado. Por ejemplo, la severa

interferencia causada por un motor conmutador puede deberse a la mala condición del mismo. La interferencia también puede ser causada por falla en la aislación de las piezas del artefacto. Es necesario, por lo tanto, que antes de que se considere el ajuste de supresores, se examine el artefacto que produce interferencias y la instalación del alambrado, desde el punto de vista de mantenimiento y para rectificar sus fallas. Deberá también recordarse que los circuitos intermitentes abiertos y fallas a tierra en las instalaciones de alambrado, ejemplo, tablero de fusibles, portalámparas, enchufes de boquilla, etc., y conexión a tierra de la canalización, pueden generar interferencias. Si la interferencia es radiada desde el alambrado asociado a la fuente de ruido de radio, la severidad de la interferencia puede reducirse considerablemente, si el alambre está rodeado por una pantalla metálica continua conectada a tierra. Deberá, por lo tanto, darse atención a la conexión eléctrica y a la conexión a tierra de la canalización existente o forro metálico de los cables templados en el conducto o forro metálico, en lugar de los no apantallados existentes; sin embargo, usar dispositivos de

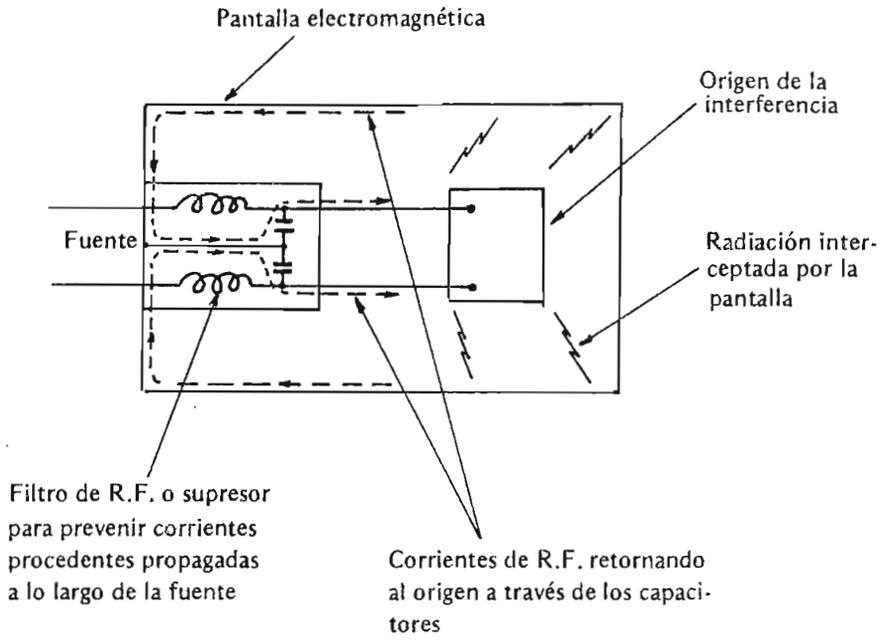
supresión pueden ser más satisfactorios y más económicos. Debe darse atención a los requisitos de las Regulaciones para Equipo Eléctrico de Edificios, normas que deben ser emitidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), con respecto a la impedancia de los conductores de continuidad a tierra.

### 4.3 Aplicación de supresores.

En la figura 11, se muestra básicamente el método de supresión. El aparato de interferencia está encerrado por medio de una pantalla electromagnética, el cual refleja una porción muy grande del regreso de energía al aparato y es radiado poco dentro del espacio circundante. El armazón que parcialmente incluye un motor eléctrico, puede actuar con bastante efectividad como una pantalla electromagnética.

Sin embargo, donde los conductores pasan a través de la pantalla para llevar energía de suministro de frecuencias para la operación del artefacto, la energía de radiofrecuencia generada por el aparato puede muy bien pasar igualmente a lo largo de los conductores. Para prevenir esto, se conecta un supresor en los conductores cercanos a la pantalla, de modo que puede regresarse al aparato la mayor porción de corriente de radio a través de la pantalla y no al sistema de suministro de los conductores principales. El supresor consigue este fin, proporcionando a las corrientes de radiofrecuencia un recorrido de baja impedancia desde los conductores principales a la pantalla, y de ser necesario, un recorrido de alta impedancia en serie con los alambres conductores principales.

FIGURA 11.



Deberá notarse que, contrariamente a la creencia general, no es necesario conectar a tierra la pantalla como parte de una técnica de supresión. Estas pantallas, sin embargo, pueden necesitar una conexión a tierra, por razones de seguridad. Usualmente no es necesario instalar una pantalla especial para la supresión de interferencias de artefactos domésticos; la carcasa o armazón de metal de un motor eléctrico, aunque lejos de ser una pantalla perfecta, es generalmente suficiente para el propósito requerido. La instalación de pantallas especiales es necesaria, en general para equipo de radiofrecuencia industrial, científico y médico. (ver numeral 4.4.5)

Aunque en ciertos casos, por ejemplo en sistemas de encendido de motores de carros, se emplean resistores para la supresión, los supresores, en general, están formados por uno o los dos factores siguientes:

a) Condensadores (capacitores) que pueden proporcionar una trayectoria derivada de radiofrecuencia de baja impedancia, para las corrientes de ruido.

b) Inductores (chóckes) que presentan una trayectoria de alta impedancia de radiofrecuencia, para el paso de corriente de ruido.

Generalmente será necesario proporcionar supresión a las corrientes de ruido simétricas como a las asimétricas; por ejemplo, un condensador (capacitor) a través de los terminales del artefacto, o conductores principales de suministro, proporcionará una trayectoria derivada de baja impedancia de radiofrecuencia a las corrientes simétricas, mientras un condensador (capacitor), desde cualquiera o desde los dos terminales del aparato al armazón de éste o a tierra proporcionará una trayectoria derivada de baja impedancia a la corriente asimétrica.

Los choques o inductores pueden usarse individualmente o en combinación de condensadores (capacitores), siendo éste el método más frecuentemente empleado en las bandas de onda larga y onda media. Los inductores solos prueban, frecuentemente, ser satisfactorios para la televisión; estos inductores son mucho más pequeños y menos costosos que aquellos que se usan

para supresión en las bandas de frecuencia de onda larga y onda media.

#### 4.4 Supresores de la radiointerferencia para las bandas de radiofrecuencia y televisión.

##### 4.4.1 Supresores en las bandas de onda larga y media .

##### 4.4.1.1 Condensador (capacitor) de supresión .

En general, el método más económico de supresión en las bandas de transmisión de onda larga y media es por medio de condensadores solamente. Puesto que los condensadores proporcionarán una trayectoria de baja impedancia a las corrientes de radiofrecuencia, estas corrientes son grandes en el alambrado entre el aparato y los condensadores, y la radiación desde esta sección del alambrado puede ser correspondientemente alta. Es esencial, por lo tanto, que los condensadores estén conectados en puntos tan cercanos como sea posible al aparato y preferiblemente estén montados en el mismo aparato. Por este medio, las grandes corrientes de radiofrecuencia están confinadas a un pequeño circuito cerrado en el aparato y sólo las

corrientes residuales fluyen en los alambres conductores principales. En algunos casos, las corrientes de radiofrecuencia pueden ser suficientemente grandes para requerir un máximo cuidado en la elección del condensador, desde el punto de vista de su capacidad normal, por ejemplo, cuando se trata de equipo de radiofrecuencia industrial, científico y médico.

Cuando se trate de corrientes de ruido simétricas se experimenta poca dificultad, como regla general, puesto que pueden conectarse, a través de los terminales del aparato, valores relativamente grandes de capacitancia con impedancias de radiofrecuencia correspondientemente bajas, derivando en esta forma las corrientes simétricas. En la práctica, una limitación en el valor máximo de capacitancia que puede ser útilmente empleado se determina, a menudo, por medio de la autoinductancia del condensador.

Esto tiende a volver inefectiva a la unidad en las frecuencias más altas de la banda a ser cubierta, antes de que se obtenga un valor de capacitancia que dé una supresión adecuada en el

terminal de baja frecuencia de la banda. En circuitos de corriente alterna, puede determinarse una limitación posterior en el valor máximo de capacitancia por medio de las pérdidas en el condensador (capacitor) de energía-frecuencia, si se deja que las corrientes de energía-frecuencia que fluyen a través del condensador sean grandes. Al manejar las corrientes asimétricas, sin embargo, los condensadores son conectados desde los terminales del aparato al armazón o carcasa. Bajo esta condición de uso del condensador, se determinará un límite al valor máximo que puede emplearse, en base a las consideraciones de seguridad (ver numeral 5) .

La efectividad de los condensadores como supresores depende del tipo del artefacto. En general, los aparatos totalmente aislados o con doble aislación pueden adaptarse a la supresión por medio del uso de condensadores solamente. Un equipo con conexión más permanente a tierra, que no emplee un control de velocidad o un regulador similar del tipo de contacto vibratorio, puede también tener supresión solo por medio de condensadores. Los equipos que emplean instrumentos de control

vibratorio y los artefactos portátiles que requieren conexión a tierra para las partes metálicas expuestas, como se describió anteriormente, no pueden, en muchos casos, tener supresión satisfactoria con el uso solo de condensadores. Los artefactos portátiles requieren, generalmente, una mayor supresión en los componentes asimétricos, puesto que el pequeño valor de capacitancia limitado a  $0,005 \mu\text{F}$ . (ver numeral 5), que puede ser conectado al armazón tiene poco efecto en la banda de onda larga. Para una adecuada supresión de interferencias en estos casos es necesario, usualmente, añadir inductores para suplementar la acción de los condensadores .

Algunos arreglos típicos de condensadores-supresores se ilustran en la figura 12, y en el numeral 7.2, se sugieren los valores apropiados de capacitancia para los varios tipos de artefactos.

La presencia de grandes condensadores (capacitores) de  $2 \mu\text{F}$  y más altos, incorporados en los dispositivos de supresión, pueden afectar las indicaciones de los aparatos de ensayo-aislación,

los cuales incluyen un pequeño generador que no es del tipo de voltaje constante. Donde esté adaptado al artefacto un interruptor de operación manual, el condensador deberá, si es posible, estar conectado en el aparato al lado del interruptor, para evitar el esfuerzo innecesario de los condensadores.

#### 4.4.1.2 Supresores de dos elementos (condensador e inductor).

Como se indicó en el numeral anterior, puede ser que los condensadores por sí mismos no otorguen una supresión adecuada en algunos tipos de artefactos. La supresión insuficiente puede deberse a dos razones:

- a) Puede ser que la impedancia interna del artefacto, a través de la cual están conectados, sea demasiado baja, o
- b) Donde el valor máximo de capacitancia esté limitado por consideraciones de choque, la impedancia del condensador puede que no sea suficientemente baja, en relación con la impedancia de radiofrecuencia de los conductores principales.

La impedancia de radiofrecuencia de los conductores principales a menudo será del orden de uno a cien ohms y, como el condensador de 0,005  $\mu$  F permitido para la conexión a la parte metálica expuesta en los aparatos portátiles que operan desde suministros normales de conductores principales, tiene una impedancia de alrededor de 150 ohms a 200 kHz, puede esperarse poca supresión con el uso de dicho condensador a esta frecuencia. El mismo condensador, sin embargo, tiene una impedancia de alrededor de 20 ohms a una frecuencia de 1 500 kHz, y es más efectivo según se incremente la frecuencia, lo cual está sujeto, por supuesto, a las limitaciones impuestas por la autoinductancia del condensador.

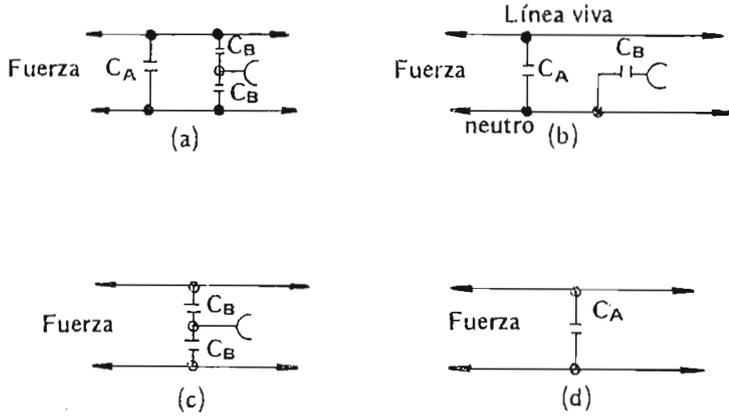
En estas circunstancias, puede obtenerse una supresión adicional suplementando la acción del condensador con el uso de inductores. La forma en la cual los inductores estén conectados con relación al filtro del condensador diferirá en los dos casos.

En el caso a anterior, cuando la impedancia del artefacto es baja, lo cual raramente se encuentra, los inductores deberán estar conectados entre el aparato y los condensadores. En esta

forma, la virtud impedancia del aparato está considerablemente incrementada por medio de los inductores sin ningún aumento en el voltaje del sonido generado, y los condensadores se vuelven correspondientemente más efectivos. En el caso b, los inductores estarán mejor conectados entre los condensadores y los conductores principales, proporcionando consecuentemente un grado extra de filtración en la relación de impedancia del inductor a la impedancia de los conductores principales. Este último método de usar los inductores se aplica particularmente a la supresión de interferencias en muchos artefactos portátiles, usados en predios domésticos y en almacenes pequeños, y es, de hecho, la forma más usual de conexión.

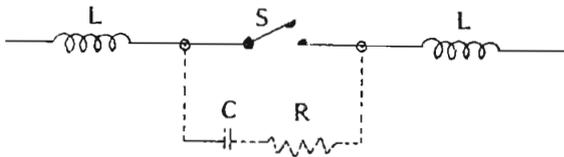
Los inductores, generalmente, son conectados uno en cada conductor de energía al aparato y es común obtener una ventaja del acoplamiento entre los inductores (ver numeral 4.4.6.2). Para mantener tan bajo como sea posible el tamaño y peso de los inductores, estos deberán estar, frecuentemente enrollados sobre un núcleo ferromagnético.

FIGURA 12.



Ejemplos de capacitores supresores.

FIGURA 13.



S = Interruptor de control termostático, contacto vibratorio o gobernado por centrifugación.

C.R = Circuito supresor de chispa, si es requerido.

Por lo general, es relativamente fácil reducir el voltaje de ruido simétrico generado por un artefacto portátil, por medio del uso de un condensador del valor conveniente a través de los terminales del aparato. La limitación en el valor de la capacitancia que puede conectarse al armazón del artefacto, sin embargo, a menudo da como resultado poca o ninguna supresión del voltaje asimétrico del ruido. Los inductores añadidos para tener una mayor supresión de interferencias son, por tanto, usados principalmente para reducir la corriente asimétrica del ruido.

#### 4.4.2 Supresión en la banda de televisión.

Los condensadores de diseño convencional, cuando se usan solos, a menudo proporcionan una supresión satisfactoria en las frecuencias de televisión. Esto se debe, principalmente, al acoplamiento inductivo entre el alambrado de circuito al lado del aparato del condensador y aquel en el lado de los conductores principales del condensador, el cual pasa por alto al condensador. En algunos casos, pueden usarse con ventaja los condensadores (capacitores) de construcción especial, por ejemplo

los del tipo "conducción a través" (ver numeral 4.4.6.1) .

La supresión más simple y económica en las frecuencias de televisión puede obtenerse solamente con el uso de pequeños inductores. Se obtienen los mejores resultados cuando el inductor resuena con su auto-capacitancia dentro de la banda de televisión. Estos inductores, casi siempre, son suficientemente pequeños y de bajo costo, a diferencia de los inductores requeridos para las bandas de transmisión de ondas larga y media, que son más abultados y costosos.

Si se requiere una mayor supresión que la prevista con solo inductores, pueden usarse condensadores de construcción convencional y de un valor conveniente para suplementar la acción de los primeros.

#### 4.4.3 Supresión en la banda de tres ondas.

Donde se requiera la supresión del ruido generado por un artefacto sobre la banda de ondas larga, media y de televisión, será necesario, usualmente combinar un filtro del tipo descrito en el numeral 4.4.1.1 o 4.4.1.2 para las bandas de

transmisión de ondas larga y media, con un supresor conveniente para televisión, como se describe en el numeral 4.4.2. Esto puede hacerse fácilmente, sin que el comportamiento de ninguno de los filtros dentro de su banda de aplicación sea afectado por el acoplamiento entre los dos filtros, puesto que la banda de televisión está muy ampliamente separada en frecuencia de las bandas de onda larga y onda media.

Donde sea posible, deberán montarse ambos supresores en o sobre el aparato. En muchos casos, esto puede ser posible, por ejemplo, con los artefactos portátiles pequeños. En estas circunstancias, el supresor de televisión puede y deberá estar montado en o sobre el artefacto, y generalmente puede permitirse la instalación de los supresores de las bandas de ondas larga y media en el cordón flexible del artefacto, o de preferencia en el enchufe al extremo del cordón flexible, o en el enchufe-tomacorriente de suministro principal. En ninguna circunstancia deberá instalarse el supresor de la banda de televisión a una distancia mayor a unos pocos centímetros desde el artefacto.

Para un número limitado de aplicaciones, el uso de condensadores del tipo boquilla (bushing) o de construcción similar, en los supresores de bandas de onda larga y media, en lugar de los condensadores de construcción convencional, puede obviar la necesidad de componentes de supresión adicionales para la banda de televisión.

#### 4.4.4 Circuitos de apague de chispas.

En muchos dispositivos que emplean contactos o suiches, puede usarse una combinación de condensadores y resistores, o un resistor no lineal, tal como un rectificador, para propósitos que no sean de supresión de ruido de radio, y aún así afectar materialmente la generación de dicho ruido. Esto puede aplicarse, en particular, a dispositivos tales como calentadores eléctricos de cama y cobijas eléctricas, en los cuales a menudo se emplea un termostato de acción lenta. Con dichos interruptores de acción lenta, puede ocurrir un arco en cada operación de los contactos del suiche y se escucha un zumbido en lugar del "click" que podría estar normalmente asociado con

una simple operación de conmutación. Este arco puede causar un desgaste de los contactos. Para reducir el arco puede conectarse un circuito de apague de chispas, comprendiendo un resistor y condensador en serie, a través de los contactos. Reduciendo el arco, el circuito de apague de chispas cambia el sonido de interferencia, del zumbido característico del interruptor de acción lenta, al click de un interruptor de acción rápida. La interferencia causada por este golpe seco o click es mucho menos molesta que aquella del zumbido y, en esta forma, puede decirse que el circuito de apague de chispa actúa como supresor. La acción, sin embargo, es muy diferente de aquella de los supresores ortodoxos, ya que ésta no reduce, en general, la amplitud de la interferencia generada, sino que más bien cambia el carácter del ruido.

Aún cuando el uso del circuito de apague de chispa no evita la necesidad de supresión de interferencias, éste a menudo convierte a dicha supresión en una más simple y menos costosa; un ejemplo típico de supresión de interferencias en un contacto se muestra en la figura 13.

No puede darse aquí ningún dato específico sobre el diseño de circuitos de apague de chispas, pues los valores más convenientes de resistencia y capacitancia dependen de los contactos a ser protegidos, las corrientes y el circuito de avance usados.

#### 4.4.5 Resintos apantallados.

Donde la interferencia es causada por la operación de equipos como los de radiofrecuencia industrial, científicos y médicos, el campo de ruido surge en gran parte, de la radiación directa de la energía del aparato. En tales casos la supresión de esta energía directamente radiada es posible solo por medio de la utilización de resintos apantallados. La eficiencia de un resinto apantallado, hecho de un material determinado, está fijada en gran parte por la impedancia de las juntas entre las varias secciones que forman el cercamiento y, en particular, por la calidad del contacto entre puertas, otras aberturas y el resto del cercamiento. A menos que todos los conductores que ingresan y salen del resinto sean adecuadamente filtrados, el rendimiento de éste será seriamente afectado.

#### 4.4.6 Aspectos que afectan la elección de componentes de supresión .

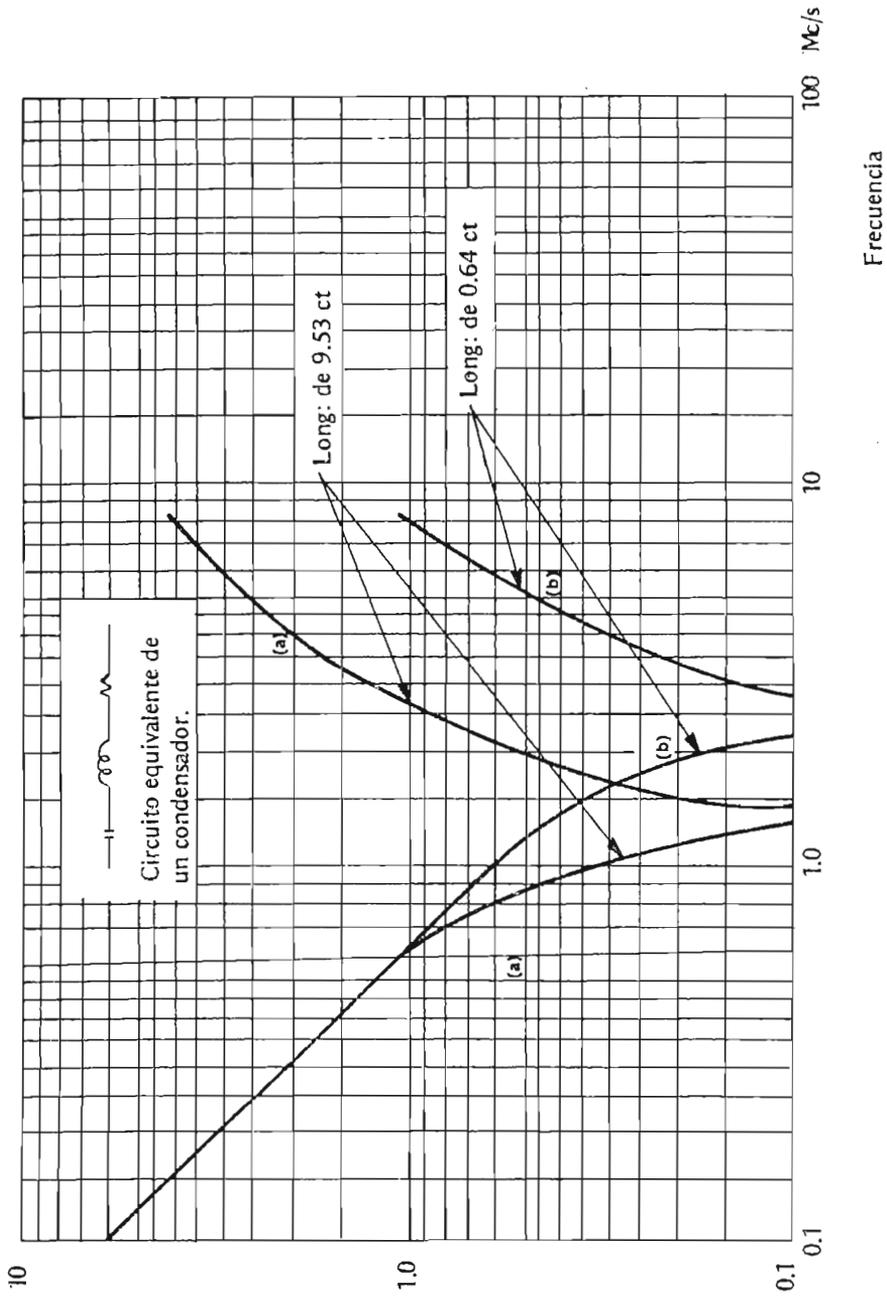
##### 4.4.6.1 Capacitores (condensadores).

Un capacitor usado para propósitos de supresión deberá ofrecer una baja impedancia a través de la banda de radiofrecuencia, sobre la cual se requiera la supresión de interferencias . Debe tenerse en cuenta que todos los condensadores tienen la inductancia y la resistencia esenciales y que los conductores contribuyen a la posterior inductancia y resistencia, al ser usados para la conexión del condensador en el circuito.

Cada condensador y sus cables tienen como circuito equivalente una combinación en serie de capacitancia, inductancia y resistencia, como se muestra en la figura 14 .

En general, la resistencia "R" es bastante pequeña y puede ser despreciada . y el condensador entonces será mirado como una combinación en serie de capacitancia e inductancia, solamente. La inductancia "L", aunque muy pequeña, tendrá considerable efecto especialmente en las frecuencias más altas,

FIGURA 14.



Curvas de impedancia para condensadores de  $0.25 \mu\text{F}$  para diferentes longitudes de los conductores principales.

puesto que su contribución a la impedancia, depende de su reactancia  $X_L = 2 \pi f L$ , la cual es proporcional a la frecuencia  $f$ . La resonancia ocurre a una frecuencia  $f_0 = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$

donde:

$f_0$  esté en ciclos por segundo,  $L$  en henrios y  $C$  en faradios, y a esta frecuencia la impedancia es mínima e igual a "R". A cualquier lado de esta frecuencia la impedancia se incrementa rápidamente según la frecuencia sobrepase  $f_0$ . La curva de impedancia/frecuencia trazada en la figura 14, muestra la forma general de esta característica.

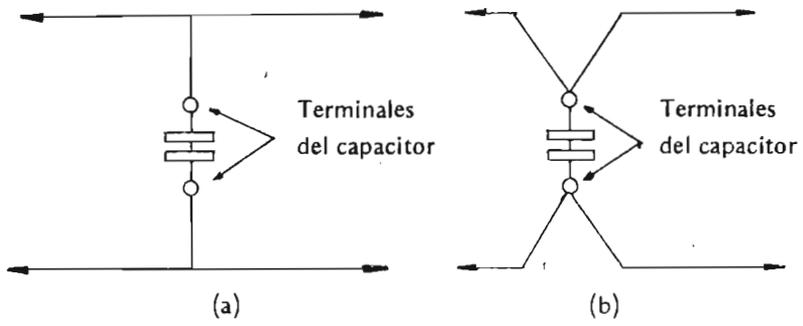
El uso de condición resonante es un método para alcanzar una muy baja impedancia sobre una estrecha banda de frecuencias.

El valor óptimo de capacitancia para usarse en la supresión de interferencias depende del valor de la inductancia residual, la banda de frecuencia sobre la cual se requiera la supresión y la longitud de los cables de conexión que se necesite emplear. La deterioración del rendimiento causado por el uso de cables

conductores largos está ilustrada en la figura 14, así como también lo está la mejora que puede obtenerse con la conexión del condensador en el circuito, en la forma que se muestra en la figura 15. La curva "b" en la figura 14 se refiere a un condensador típico de  $0,25 \mu F$ , con cables externos de  $0,64$  cm ( $1/4$  in ) y conectados como se indica en la figura 15, mientras la curva "a" de la figura 14 se refiere al mismo condensador con una longitud de cable de  $9,53$  ( $3 \frac{3}{4}$  in ) conectado en el circuito, como se ilustra en la figura 15 .

Evidentemente, en la banda de frecuencia sobre la cual se necesita el máximo grado de supresión, influye la elección de la capacitancia a usarse. Si se requiere mayor supresión en las bandas de ondas larga y media, pueden usarse valores de capacitancia tan alto como  $1 \mu F$  o  $2 \mu F$  (sujeto ésto a las medidas de seguridad del capítulo 5), siempre que los cables que conectan los condensadores en circuito sean cortos. En la práctica no es usual emplear valores más altos que  $0,2 \mu F$  a  $0,5 \mu F$ . Para frecuencias más altas, de hasta, digamos,  $30$  MHz , probablemente dará mejores resultados un valor entre

FIGURA 15.



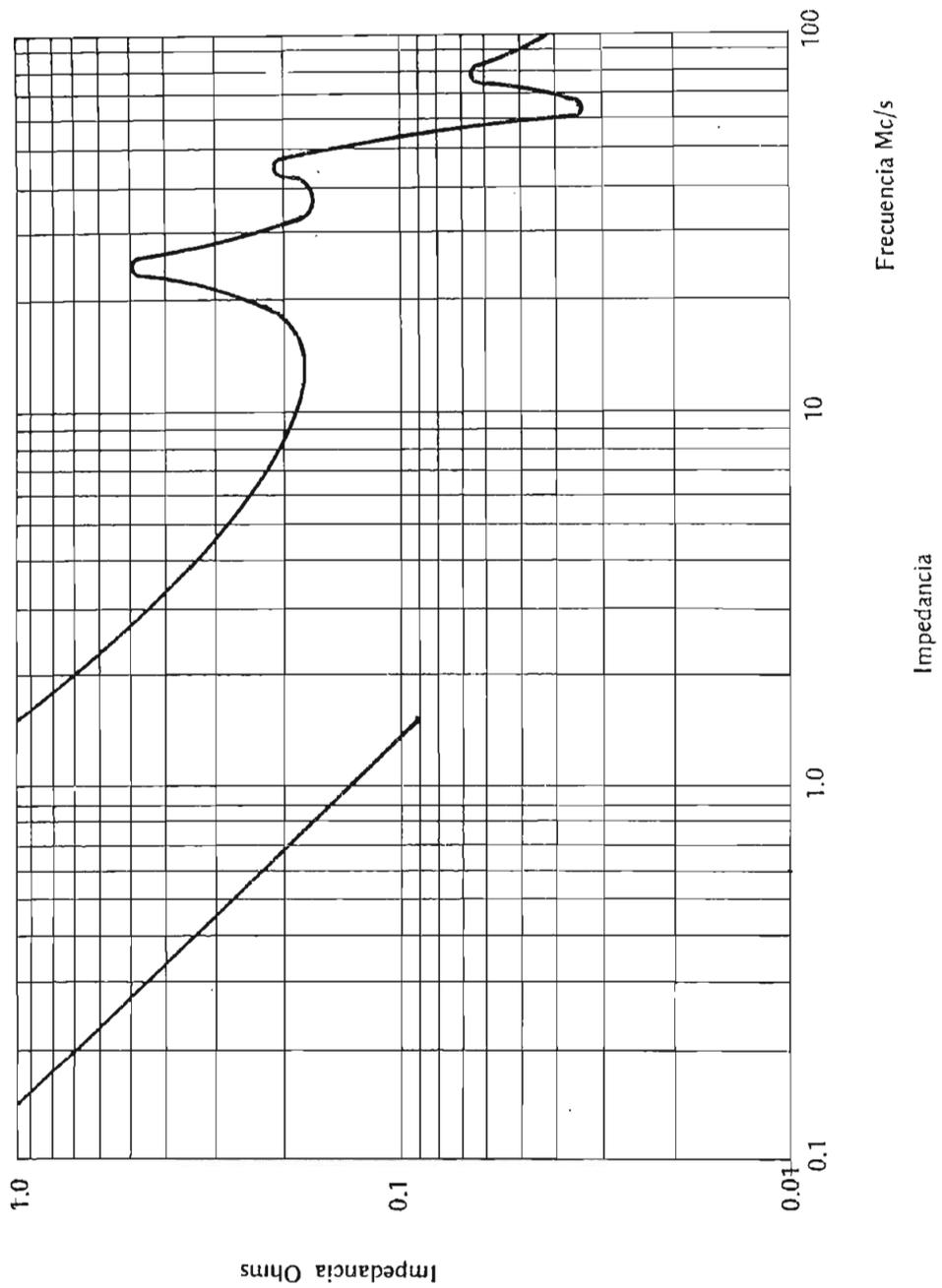
Conecciones externas de un condensador.

0,005  $\mu$  F y 0,1  $\mu$  F, mientras que en las frecuencias de televisión puede esperarse que dé buenos resultados una capacitancia de alrededor de 0,0005  $\mu$  F .

Para aplicaciones especiales, donde se requiera una supresión de un alto orden sobre una banda de frecuencias que extendiéndose de las bandas de onda larga u onda media, a frecuencias del orden de 50 MHz a 100 MHz, puede usarse un diseño de condensador conocido como "de conducción a través" (lead-through). En este tipo de condensador la corriente alimentada al aparato se lleva a través del cuerpo del condensador y éste actúa como una línea de transmisión de alta capacitancia, por longitud unitaria. No exhibe el fenómeno de resonancia que se muestra en la figura 14, pero tiene una característica similar a la mostrada en la figura 16 .

Un método alternativo, aunque no tan efectivo, para obtener una baja impedancia a través de los terminales del condensador sobre una amplia banda de frecuencias, consiste en emplear un número de condensadores de diferentes valores en paralelo. Con este método, sin embargo, debe tenerse especial cuidado en la

FIGURA 16.



selección de los valores de los condensadores y en la disposición de éstos, de otra forma pueden ocurrir pronunciadas resonancias paralelas a frecuencias entre las de resonancia en serie de los condensadores individuales y dar como resultado una alta impedancia de la combinación sobre las bandas al rededor de estas frecuencias. En general, si los pasos en el valor de capacitancia se mantienen aproximadamente bajo la relación 10 a 1, las resonancias paralelas no serán un problema.

#### 4.4.6.2 Inductores.

##### a) Bandas de onda larga y onda media.

Para conseguir la supresión deseada serán necesarios inductores, si se encuentra que se obtiene insuficiente supresión con solo el uso de condensadores. La función de un inductor es ofrecer una alta impedancia a las corrientes de ruido y al mismo tiempo causar el mínimo de bajas de voltaje en el suministro al aparato. Tales inductores generalmente tienen valores de inductancia hasta de 5 mH o 10 mH y están comunmente enrollados como bobinas de núcleo de aire. En muchos casos

el tamaño y peso de estos inductores pueden ser reducidos apreciablemente con el uso de un núcleo ferromagnético en forma de un molde de hierro pulverizado (o escamas).

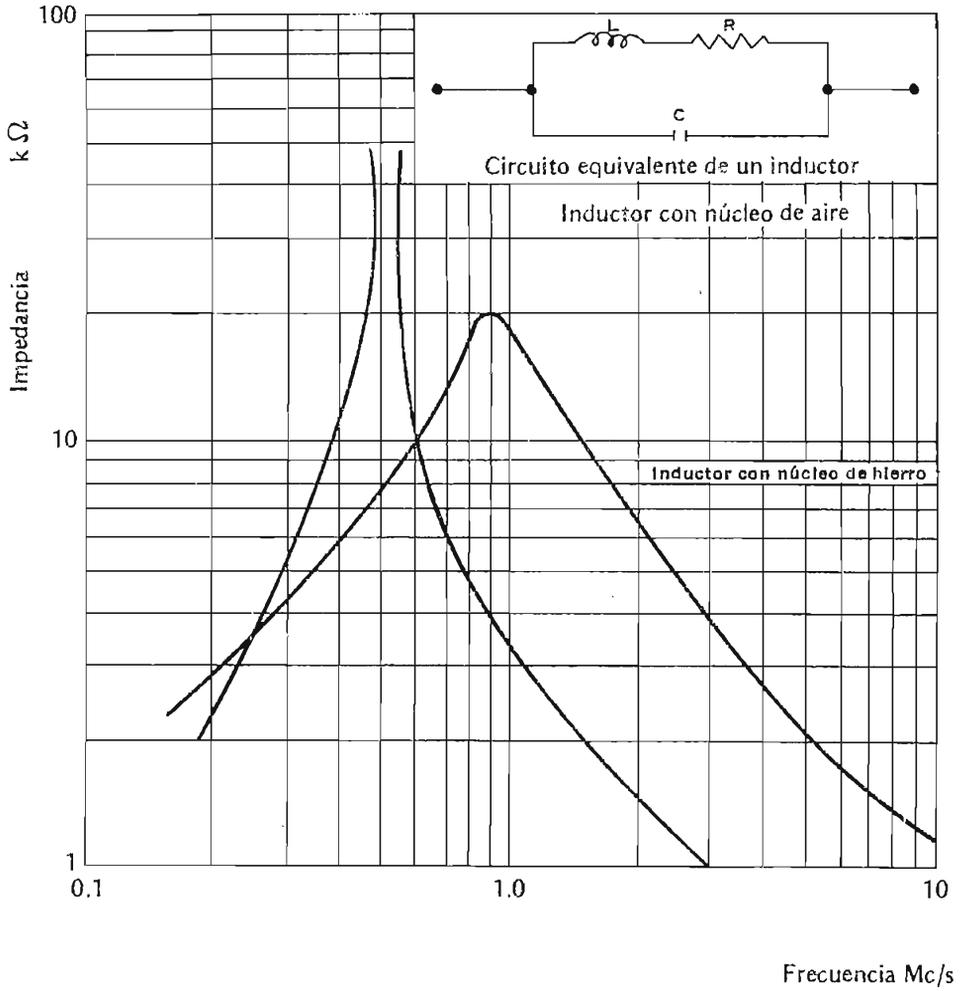
Como al condensador indicado en la sección previa, deberá mirarse al inductor como una combinación de inductancia, capacitancia y resistencia, según se indica en la figura 17. Aquí nuevamente puede desprejarse la resistencia para los cálculos, a frecuencias no cercanas, a la frecuencia resonante paralela .

$$f_o = \frac{1}{2 \pi \sqrt{LC}}$$

Las curvas de impedancia/frecuencia para los inductores típicos con núcleo de aire y núcleo de hierro pulverizado, son como se indica en la figura 17.

Sobre  $f_o$  el inductor tiende a conducir una capacitancia de valor aproximadamente igual a la autocapacitancia del bobinado . A frecuencias muy por encima de  $f_o$  , la supresión obtenida estará de este modo, limitada por la capacitancia del inductor y será substancialmente independiente del valor de inductancia .

FIGURA 17.



Características del inductor.

Bajo la resonancia, la autocapacitancia tiene poco efecto y la supresión a las más bajas frecuencias mejora según se incrementa la inductancia. La resistencia a la radiofrecuencia del bobinado tiene poco efecto sobre la impedancia del inductor, excepto a, y cerca a la frecuencia resonante. En la figura 17 puede verse que las pérdidas incrementadas en radiofrecuencias introducidas por el núcleo de hierro han bajado la impedancia a resonancia, pero tienen poco efecto sobre la impedancia a frecuencias remotas desde la resonancia. Esta figura también ilustra una útil propiedad de muchos inductores de núcleo de hierro. Según se incrementa la frecuencia, decrece la permeabilidad efectiva del núcleo de hierro y de este modo también decrece la inductancia efectiva del bobinado. Este decrecimiento en la inductancia efectiva del bobinado hará naturalmente que la frecuencia resonante se incrementa y así podemos decir que, según como se alcance la frecuencia resonante del inductor, éste tiende a retroceder a una frecuencia más alta. Este proceso continúa hasta que la impedancia inductiva baje a un valor crítico. Así, aparte de la ampliación de la

curva de resonancia producida por las pérdidas más altas en dicho inductor, la curva de resonancia es aún mayormente ampliada por la variación de inductancia con la frecuencia. Esto, en general, significará que puede mantenerse una impedancia razonablemente alta sobre una banda más amplia con el uso de un inductor con núcleo de hierro, que con el uso de un inductor con núcleo de aire, de la misma inductancia.

En el numeral 4.4.1.2 se ha apuntado que los inductores se usan principalmente para la supresión de la corriente asimétrica. Puesto que las corrientes asimétricas fluyen por cada uno de los cables conductores principales, será necesario conectar un inductor en cada cable y como estas corrientes están en el mismo sentido, los inductores estarán efectivamente en paralelo a estas corrientes, ellos, por supuesto, estarán efectivamente en serie con respecto a las corrientes asimétricas. De este modo, a frecuencias bajo la resonancia, dos inductores no acoplados, cada uno de inductancia " $L$ ", se comportan, a las corrientes asimétricas, como una inductancia  $L/2$  y a las corrientes simétricas como una inductancia  $2L$ .

Si estos inductores son bobinados sobre un núcleo común con un coeficiente de acoplamiento "K" y son acoplados de modo que ellos estén opuestos con respecto a la corriente de suministro y, por consiguiente, estén opuestos con respecto a las corrientes simétricas, de ruido, ellos están acoplados y ayudando a las corrientes de ruido asimétricas. La impedancia efectiva para las corrientes de ruido asimétricas será, por tanto, aquella que se deba a una inductancia  $L(1+k)/2$ , y para las corrientes asimétricas de ruido será aquella que se deba a una inductancia  $2L(1-k)$ . Un valor bastante común para "K" está entre 0,5 y 0,6, el cual puede obtenerse bobinando los inductores, lado por lado, sobre un núcleo de tipo abierto y en cada uno de los bordes de un núcleo rectangular cerrado, de material ferromagnético. Un valor de  $k=0,6$  conducirá a una inductancia efectiva de  $0,86L$ , tanto para las corrientes de ruido simétricas como asimétricas y, es generalmente el valor más económico.

Es importante que la impedancia de alta radiofrecuencia de un inductor deba obtenerse sin que el inductor tenga una apreciable

impedancia a la frecuencia del suministro de energía al arte -  
facto, de modo que no se perturbe el funcionamiento apropiado  
del aparato con la demasida baja de voltaje a través del inductor.

Para máquinas de corriente directa (d.c.) la caída de voltaje a  
través del inductor será aquella que se debe al paso de la co-  
rriente de operación del aparato a través de la resistencia del  
bobinado. Para suministros de corriente alterna (a.c.) (nor -  
malmente 60 c/s), una posterior baja de voltaje surgirá de la  
inductancia. Para calcular la baja de voltaje, deberán conside-  
rarse tolerancias por el hecho de que, en general, se usan dos  
inductores que están acoplados uno al otro, deben tomarse en  
cuenta la inductancia mútua. Si ellos están acoplados oponién-  
dose con relación a las corrientes de suministro, entonces, na-  
turalmente la inductancia efectiva  $2L(1-k)$ , será considerable-  
mente menor que dos veces la inductancia del bobinado. De he-  
cho, si ellos están enrollados sobre un núcleo de hierro común,  
de acoplamiento a la frecuencia de energía puede hacerse cer-  
ca a la unidad en tanto que la inductancia efectiva a la frecuen-  
cia de suministro puede, llegar a ser insignificante.

En las radiofrecuencias, el acoplamiento no es tan estrecho como en las frecuencias de energía y es posible una inductancia muy efectiva en las radiofrecuencias con una baja inductancia efectiva en las frecuencias de suministro.

Al estimar la caída de voltaje, debido a la resistencia de los bobinados, es conveniente asumir un valor de resistencia de alrededor de un 25 por ciento mayor que el valor medido a la temperatura ambiente, para permitir el incremento en la resistencia, causado por el calentamiento del inductor por la corriente de suministro. Tal tolerancia corresponde al alza de la temperatura de trabajo que es de aproximadamente 40 grados centígrados.

b) Banda de televisión.

Los inductores que pueden esperarse tengan un satisfactorio rendimiento en la banda de frecuencia de televisión tendrán usualmente una inductancia entre  $5 \mu\text{H}$  y  $10 \mu\text{H}$ . Puede construirse un inductor conveniente, enrollando una longitud de alambre, aproximadamente  $1/4$  a lo largo de la longitud de onda,

sobre un molde de 0,64 cm (1/4 in) a 1,27 cm (1/2 in) de diámetro, y ajustando el número de vueltas hasta que se obtenga la máxima supresión, esto ocurrirá cuando la inductancia y autocapacitancia resuenen dentro de la banda.

El tamaño del inductor puede reducirse bobinando sobre un núcleo de hierro pulverizado de radiofrecuencia. Puesto que, los inductores son de un tamaño físico pequeño, ha sido una práctica común el usarlos como inductores individuales, sin ningún acoplamiento intencional entre ellos. Estos a menudo facilitan el encajarlos en pequeños aparatos.

## CAPITULO 5

### REQUISITOS DE SEGURIDAD

#### 5.1 Consideraciones generales.

La conexión de supresores en una forma indebida puede producir un riesgo de descarga eléctrica (shock) o fuego, un incremento indeseable en las corrientes de fuga a tierra, o causar una falsa operación del equipo. Estas condiciones aparecen no solamente por la defectuosa conexión de los supresores, sino también por la falla de los alambrados asociados, o la mala instalación de éstos en el tendido eléctrico. Por esta razón, es importante que la instalación eléctrica cumpla con los requisitos prescritos en el Código Eléctrico Ecuatoriano.

Los supresores deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 5.6 y no deberán superar los límites de capacitancia indicados en la Tabla 8; si es posible, deberán usarse

valores más bajos. Estas limitaciones se aplican a los supresores usados en el sistema normal de distribución de 60 c/s, con un voltaje declarado máximo de 240 voltios entre conductores activos y neutros, siendo conectado a tierra el neutro, en la estación de suministro eléctrico. Cuando sea posible, los condensadores deberán ser conectados al costado del aparato, junto a un suiche, de modo que puedan ser descargados a través del artefacto, cuando éste sea desconectado, reduciendo así el riesgo de una descarga (shock) momentánea, debida a la carga de capacitancia desde el contacto con el enchufe, etc. de un artefacto desconectado.

Los condensadores incorporados en herramientas portátiles o en artefactos domésticos, con posibilidad de ser usados en locales húmedos, deberán ser para resistir alta humedad.

Una explicación de las formas en las cuales pueden introducirse condiciones de inseguridad por el uso incorrecto de los supresores, se indica en los siguientes numerales.

## 5.2 Consideraciones que regulan las limitaciones de los capacitores.

Es necesaria una conexión a tierra (el conductor de continuidad a tierra de la instalación) para las partes metálicas expuestas de un aparato, a fin de prevenir que la parte metálica sea elevada a un potencial peligroso por alguna condición defectuosa. La falla en la conexión a tierra anulará esta defensa y, bajo condiciones defectuosas, puede convertirse en un peligroso potencial existente en la parte metálica expuesta del aparato y el metal adyacente conectado a tierra, pisos de concreto húmedos, etc.

La conexión de una capacitancia demasiado grande, desde el conductor activo principal de un suministro de corriente alterna a la parte metálica expuesta de un aparato, podría causar al usuario una sensación de descarga eléctrica (shock), si la parte metálica expuesta no está conectada a tierra, y el aparato se use en una situación de "conexión a tierra".

La conexión de un capacitor desde el conductor principal neutro

de un suministro de corriente alterna a la parte metálica expuesta de un aparato no puede, normalmente, ser la causa de un shock, cuando la parte de metal expuesta no está conectada a tierra, porque el conductor principal neutro tiene, usualmente, solo unos pocos voltios sobre el potencial de tierra.

La posibilidad de transposición de las conexiones de conductores principales activos y neutros a un aparato, y la falla de la conexión a tierra, no puede ser ignorada y excluye la garantía de que, cuando los condensadores están montados en o sobre un aparato, un condensador particular esté conectado a los conductores principales en la forma propuesta. De esta manera, es necesario asegurar que una transposición de las conexiones de conductores principales activo y neutro, y una falla de tierra, no produzca el riesgo de una descarga peligrosa. Esto se hace colocando una limitación a los valores de capacitancia, la cual puede ser conectada desde los conductores principales activo y neutro a la parte metálica expuesta de un aparato. No es seguro que cualquier capacitancia conectada directamente entre los conductores principales activo y neutro imprima un voltaje en la

parte metálica expuesta y por ésto no es necesario restringir su valor en puesta a tierra, por peligro de descarga (shock) . Esta capacitancia no deberá, sin embargo, exceder  $2 \mu\text{F}$ , porque los valores más grandes efectúan poca mejora en la supresión.

Si un aparato es del tipo universal (corriente alterna, corriente directa), los límites de capacitancia se aplican como para los aparatos de corriente alterna. Los límites de capacitancia indicados en la Tabla 8 toman en cuenta varias circunstancias, por ejemplo: cuando los aparatos están permanentemente conectados a tierra o no, o son del tipo totalmente aislados, etc .

Considerando la aplicación de supresores, los aparatos están ampliamente agrupados, como se indica a continuación.

#### 5.2.1 Aparatos no permanentemente conectados a tierra (Tabla 8).

En los aparatos no conectados permanentemente a tierra y que tienen partes metálicas expuestas, y particularmente en

los aparatos portátiles con conductores flexibles, existe un riesgo considerable de transposición de conexiones de los conductores principales activo y neutro y de la falla u omisión de una conexión a tierra a una parte metálica expuesta.

En el caso de circuitos altamente inductivos, puede ser necesario un capacitor (condensador) de un valor menor que el indicado en la Tabla 8, para evitar una sensación de descarga eléctrica (shock) durante las operaciones de conmutación.

#### 5.2.2 Aparatos permanentemente conectados a tierra (Tabla 8).

La naturaleza de las conexiones a aparatos conectados "permanentemente a tierra" es tal, que la posibilidad de transposición de las conexiones de conductores principales activo y neutro, y una falla simultánea en la conexión a tierra, es muy remota.

#### 5.2.3 Aparatos de doble aislamiento. (Tabla 8)

La construcción de los aparatos con doble aislamiento es tal, que bajo condiciones normales, el usuario es incapaz de tener

contacto con el armazón interno. En ningún caso pueden ser conectados los condensadores a la parte metálica expuesta de aparatos con doble aislamiento. Los artefactos con aislación doble siempre deberán ser usados sin un conductor de continuidad a tierra en el cordón flexible respectivo.

#### 5.2.4 Aparatos totalmente aislados (Tabla 8).

Aparatos completamente aislados son aquellos que tienen estuches totalmente aislados y no poseen partes conductoras accesibles, previniendo, de esta forma, al usuario tener contacto con cualquier metal que pudiera volverse activo. Los aparatos íntegramente aislados deberán ser siempre usados sin un conductor de continuidad a tierra en el cordón flexible asociado.

#### 5.2.5 Enchufes supresores para usar en conductores principales (Tabla 8).

El riesgo de shock en el uso de enchufes que contengan condensadores surge por la posibilidad de existencia simultánea de una

transposición de las conexiones de conductores principales activo y neutro en el tomacorriente (o por el uso de adaptadores incorrectamente conectados), y por una falla en la conexión a tierra. En tales casos, el conductor activo será conectado a través del condensador a la parte metálica expuesta no conectada a tierra; de aquí la limitación a  $0,5 \mu\text{F}$  para este condensador. Este valor, aunque produce una aguda descarga (shock), no dejará pasar una corriente peligrosa. Es muy importante que la conexión a tierra y el ajuste de fase de los tomacorrientes y sus adaptadores sean cuidadosamente chequeados por una persona competente, antes de que se use un enchufe con condensador incorporado.

Si el sistema de suministro no está conectado a tierra en ningún punto, el riesgo de shock se reduce por el contacto simultáneo con el metal expuesto y tierra. Deberá recordarse, sin embargo, que una falla de tierra puede producirse sobre tal sistema de tendido eléctrico sin la operación del instrumento protector y, por esta razón, donde el voltaje exceda 25 voltios es, a veces, justificable conectar, entre el conductor principal

y la parte metálica expuesta, valores de capacitancia más grandes que aquellos recomendados en la Tabla 8 para conductores principales "activos" .

### 5.3 Fuga a tierra.

La fuga a tierra llega a ser un problema solo con los aparatos permanentemente conectados a tierra, usados en suministros de corriente alterna, donde puede emplearse capacitancia comparativamente grande. La conexión de un condensador en circuitos de corriente alterna, entre el conductor activo y tierra, y en una extensión menor, su conexión entre el conductor neutro y tierra, dará como resultado un flujo de corriente de fuga a tierra, en un valor que depende de la reactancia y resistencia en los circuitos y en el voltaje imprimido.

Las corrientes de fuga a tierra permisibles están limitadas bajo los requisitos prescritos en el Código Eléctrico Ecuatoriano; de igual forma, los requisitos para las instalaciones de Equipos Eléctricos en Edificios.

Cuando se usa un interruptor automático de circuito para fuga a tierra del voltaje operado, o del tipo diferencial, para proteger un subcircuito final suministrado a uno o más aparatos, las corrientes de capacitancia de fuga a tierra deberán estar limitadas a un valor que no afecte la operación del interruptor de circuito.

Deberá darse especial atención a esta materia, cuando estén en uso simultáneamente en la misma instalación un gran número de aparatos que tengan supresores adaptados a ellos.

Por lo tanto, las capacitancias deberán estar limitadas en la forma que se indica en la Tabla 8 .

#### 5.4 Protección de fallas.

Debe darse una consideración especial a la provisión de dispositivos protectores de cortocircuito, por ejemplo: fusibles, a fin de prevenir posibles descargas o fallas de los componentes supresores.

Los fusibles pueden ser conectados de modo que:

- a) Estén en serie con el circuito total que alimenta al aparato, incluyendo el supresor; o
- b) Estén en serie sólo con los condensadores del supresor .

Sin embargo, donde sea factible escoger, es preferible el método (a), puesto que da como resultado una mejor supresión en las frecuencias de televisión. A menos que estén asociados con fusibles de circuito que tengan una capacidad normal, que no exceda los 3 amperios (método a), solamente en los cables del condensador serán conectados fusibles separados que no excedan los 3 amperios de capacidad normal (método b).

Donde se usen los inductores con fines de supresión, la impedancia total de los inductores a la frecuencia de energía no deberá impedir la operación de los dispositivos de protección del circuito.

#### 5.5 Otras consideraciones de seguridad.

La utilización indiscriminada de condensadores supresores puede

Los fusibles pueden ser conectados de modo que:

- a) Estén en serie con el circuito total que alimenta al aparato, incluyendo el supresor; o
- b) Estén en serie sólo con los condensadores del supresor .

Sin embargo, donde sea factible escoger, es preferible el método (a), puesto que da como resultado una mejor supresión en las frecuencias de televisión. A menos que estén asociados con fusibles de circuito que tengan una capacidad normal, que no exceda los 3 amperios (método a), solamente en los cables del condensador serán conectados fusibles separados que no excedan los 3 amperios de capacidad normal (método b).

Donde se usen los inductores con fines de supresión, la impedancia total de los inductores a la frecuencia de energía no deberá impedir la operación de los dispositivos de protección del circuito.

#### 5.5 Otras consideraciones de seguridad.

La utilización indiscriminada de condensadores supresores puede

modificar la velocidad y secuencia de operación de los relevadores (relais) que controlan los dispositivos de seguridad, tales como los entrecierres de puertas de ascensores eléctricos. No debe iniciarse la aplicación de supresores para estos aparatos sin antes haber consultado al fabricante.

Un aparato simple como una plancha eléctrica casera, o un calentador de cama, pueden ser una fuente potencial de fuego, si el control del termostato es afectado adversamente por el encaje incorrecto de un supresor.

Si hay alguna ligera duda referente a que el supresor pudiera modificar el rendimiento del aparato o artefacto, el fabricante deberá ser consultado antes de que el supresor sea instalado.

TABLA 8\*

LIMITES MAXIMOS DE CAPACITANCIA NOMINAL QUE PUEDEN SER CONECTADOS

		Máxima capacitancia nominal en uF que puede ser conectado.		Máx. capacitancia nominal que puede ser conectado desde una línea principal a neutro.	
Localización del supresor	Rango de aplicación.	Desde la línea principal		Desde la línea neutro principal	
1	2	3	4	5	6
a) Dentro o fuera de un aparato portable (sin doble aislación o totalmente aislado) o en el cordón flexible de entrada.	c.c ó c.a/c.c, no mayor a 250 V. c.c únicamente, no mayor a 150 V.	0,005	0,4 mA	0,005	0,1 (2)
		0,1	—	0,1	0,1 (2)
b) En las patas del enchufe de un equipo portable (sin doble aislación o totalmente aislados).	c.a ó c.c, no mayor de 250 V.	0,005	0,4 mA	0,05	0,1
c) Aparatos permanentes conectados a tierra.	250 V de c.a de simple fase. c.a trifásica que no exceda de 500 V entre fases.	0,005	0,4 mA	2,0	2,0
		0,1 (5)	3,5	2,0	2,0
d) Dentro o fuera de aparatos de doble aislación o en el alambre flexible de carga.	c.a ó c.c, no mayor de 250 V.	0,05 (8)	4,0 mA	0,05 (6)	0,1 (5)
e) Dentro o fuera de aparatos totalmente aislados o en el alambrado flexible de carga.	c.a ó c.c, no mayor de 250 V.	No tiene limitaciones por razones de seguridad.			0,1 (3)

\* British Standard 833: 190; British Standard 415: 1972; Recomendación 7B de la IEC - C.I.S.P.R.

## 6. INSTALACIONES DE DISPOSITIVOS DE SUPRESION DE RUIDO (6)

6.1 Supresores en instalaciones domésticas y comerciales.

La consideración sobre la forma de propagación de interferencia, indica tres posibles puntos en una instalación, en la cual puede un supresor ser adaptado en forma útil; así:

Primero, la colocación de un supresor en, o sobre el aparato que cause la interferencia es el método más efectivo y deberá ser adoptado siempre que ésto sea práctico. Alternativamente, en instalaciones domésticas, puede usarse unidades supresoras que estén moldeadas dentro, o de alguna forma integradas en el cordón flexible asociada al aparato. Estas unidades son convenientes en cuanto a su instalación y pueden ser efectivas, particularmente si están instaladas muy cerca al aparato.

-----  
NOTA 6: Al manejar la instalación de supresores, debe darse especial atención a las recomendaciones indicadas en el capítulo 5, Precauciones de Seguridad.

Segundo, la utilización de un enchufe de dos polos y espiga a tierra en el cual se incorporen los condensadores supresores (ver Tabla 8) . Este método es más efectivo en las bandas de onda larga y media.

Donde aparezca una interferencia procedente de diferentes fuentes, y ésta no sea severa, los medios más económicos de supresión pueden ser; la colocación de un supresor en la toma de suministro al predio (siguiendo el conmutador principal), en el cual esté instalado el receptor de radio. La conexión a tierra del supresor deberá hacerse a un electrodo de tierra de la instalación eléctrica (usualmente el estuche o forro metálico de un cable de suministro). Este método es más efectivo en predios separados.

Tercero, (el menos efectivo) un punto para el encajamiento de un supresor es en, o junto al enchufe de conducción principal de suministro al receptor. Este supresor será efectivo solamente si la mayoría del acoplamiento de interferencia en el

sistema de antena-tierra, está desde el cable conductor principal. La conexión a tierra del supresor deberá hacerse al conductor de continuidad a tierra de la instalación eléctrica y no al terminal del receptor.

## 6.2 Supresores en instalaciones de fábricas.

La instalación de supresores en fábricas debe satisfacer los requisitos indicados en el Código Eléctrico Ecuatoriano; de esta forma los supresores deben ser capaces de soportar un arduo servicio.

El uso de supresores en cables flexibles y supresores en enchufes, en las instalaciones de fábricas está prohibido. Por lo tanto, es necesario localizar los supresores en el aparato o en alambrado fijo de la instalación eléctrica.

## 6.3 Protección del circuito por los supresores.

En el numeral 5.4 se indica la provisión de dispositivos protectores de cortocircuito, por ejemplo: fusibles, a fin de prevenir posibles fallas de los componentes del supresor.

## 7. APLICACIONES

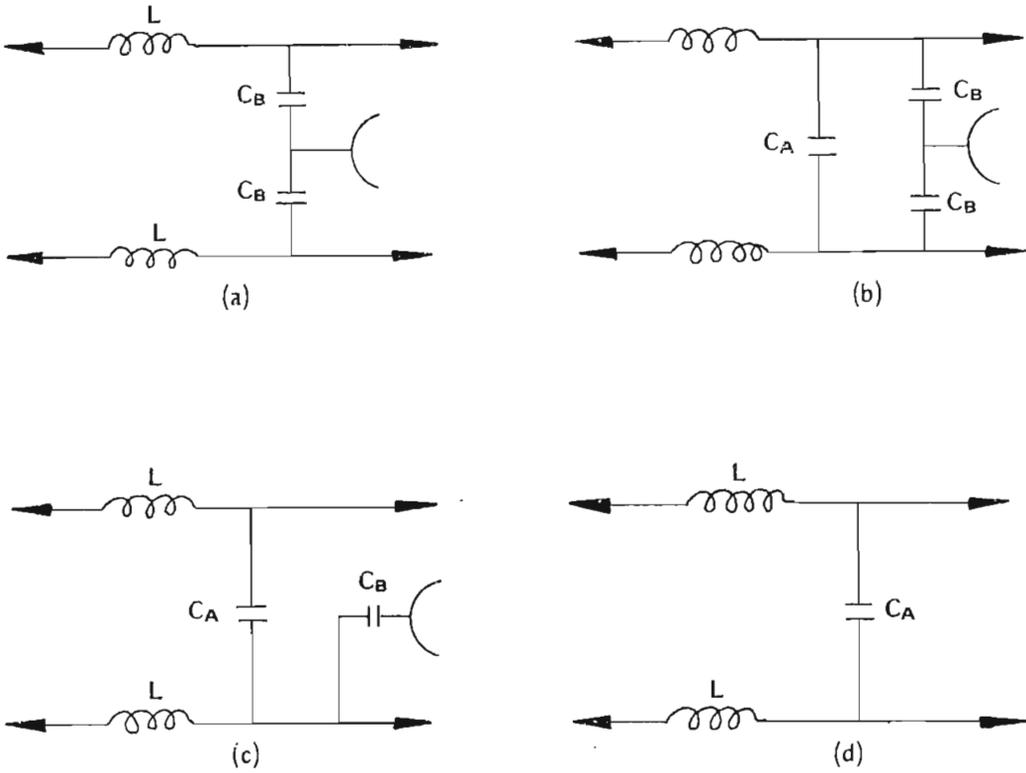
### 7.1 Aspectos generales.

En lo que ha sido posible, se ha tratado en amplias líneas generales en este trabajo, el asunto relacionado con el problema de la supresión de interferencias, delineando los principios subrayando los procesos he indicando donde deben tomarse precauciones especiales para evitar descargas eléctricas (sbock) y otros riesgos.

En este capítulo se ponen en uso los principios anteriores, en forma práctica, en cuanto a la descripción de circuitos y valores de componentes, que se han encontrado como satisfactorios en el tratamiento de aparatos específicos.

Los circuitos básicos descritos en el numeral 4.4.1 e ilustrados en las figuras 12 y 18 son principalmente circuitos de banda simple. Esto quiere decir que puede esperarse que ellos den

FIGURA 18.



Ejemplos de supresores de inductancia y capacitancia.

una buena supresión en bandas limitadas de frecuencias, como por ejemplo, las bandas de transmisión de onda larga y onda media, o la banda de televisión, pero no puede esperarse que prueben ser adecuados para la supresión sobre ambas bandas, excepto en pocos casos especiales. Los circuitos que se muestran en estas dos figuras pueden dividirse de un modo general en dos tipos distintos:

- a) Aquellos que emplean un arreglo-simétrico de los condensadores; y ,
- b) Aquellos que emplean un arreglo asimétrico de los condensadores.

El primer tipo de circuito se emplea generalmente en aparatos portátiles, tengan o no conexión a tierra, puesto que en la mayoría de las instalaciones donde se usan tales aparatos, no es posible garantizar que polo de la máquina va a ser conectado al conductor activo o al neutro. Para esta clase de aparatos el condensador  $C_A$  tendrá un valor entre  $0.01 \mu F$  y  $0.5 \mu F$ , que son valores normalizados internacionalmente. Ver Tabla 8.

Para aparatos que se propone hacer operar a los voltajes normales del suministro principal, el condensador  $C_B$  tendrá, por supuesto, un valor no mayor a  $0.0005 \mu F$ .

El segundo tipo de circuito es el más conveniente para la aplicación en aparatos operados en una posición fija, o en una sola forma y en conexión con tales instalaciones que aseguren que el mismo polo de la máquina será siempre conectado al conductor principal neutro. Esto se aplica, en particular, a aparatos que pueden ser considerados como "permanentemente conectados a tierra", como se define en el numeral 1.2.20. Para este arreglo de condensadores debe verse las figuras 12b y 18 c. Los valores de capacitancia, en el caso del equipo permanentemente conectado a tierra, tanto para  $C_A$  como  $C_B$  permanecerá generalmente entre  $0.01 \mu F$  y  $1.0 \mu F$ . (Ver Tabla 8).

Para ambos tipos de circuitos, los inductores "L" tendrán valores apropiados para la banda de frecuencia en la cual se necesite que ellos proporcionen la máxima reducción de la interferencia. La función de los inductores en las bandas de transmisión de ondas larga y media es, generalmente, proporcionar

supresión extra en la banda de onda larga y la inductancia permanecerá usualmente entre 50  $\mu$ H y 5 mH. Solo en casos raros necesitará la inductancia exceder la cifra anterior. En la banda de televisión, una inductancia de solo pocos microhenrios probará ser adecuada y usualmente consistirá de unos pocos metros de alambre enrollado alrededor de un núcleo de más o menos 0.64 cm (1/4 in) de diámetro.

En algunos casos, pueden hacerse los circuitos que se muestran en la figura 18, a fin de que cumplan como supresores de las dos bandas. Esto es posible cuando la supresión satisfactoria del aparato o artefacto se efectúa por el uso de sólo condensadores, para las bandas de ondas larga y media, y los inductores son necesarios para manejar la interferencia solo en la banda de televisión. Ejemplos de este arreglo se muestran entre aquellos dados en el numeral 7.2 (Ver nota 7) .

-----

NOTA 7. El tipo apropiado de condensador para usar en las posiciones  $C_A$  y  $C_B$  está prescrito en la B.S. 613, componentes y unidades de filtro para supresión radiointerferencia .

Para obtener un grado satisfactorio de supresión en las bandas de ondas con separación tan amplia en su frecuencia, como son las bandas de ondas larga y media y la banda de televisión, serán necesarias, por lo general, dos unidades supresoras. Para las bandas de transmisión de ondas larga y media será necesaria una unidad y ésta tendrá la forma que se muestran en la figura 12, dependiendo del grado de supresión requerido y del tipo de aparato que necesite esta supresión. Para la supresión en la banda de televisión será necesaria la segunda unidad y ésta usualmente tendrá la forma de pequeños inductores de alta frecuencia, como los descritos en la sección anterior, los cuales darán mejores resultados si son resonantes dentro de esta banda, como se puede ver en la figura 18 .

Aunque es siempre aconsejable que los supresores estén adaptados tan cercamente como sea posible a los terminales del aparato, puede obtenerse la supresión satisfactoria en las bandas de ondas larga y media de la mayoría de los aparatos domésticos y similares, si la unidad supresora es instalada en cualquier sitio del cable entre el aparato y el enchufe que sirve de unión

con el tomacorriente de los conductores principales. En la práctica esto generalmente significará que la unidad supresora deberá ser acoplada, ya sea en el extremo del cable junto al aparato, o en el extremo del enchufe. En algunos casos los fabricantes son capaces de suministrar un cable que tenga el supresor modelado dentro de él, o que forma parte integral de éste. En las frecuencias de televisión, sin embargo, puede ser radiada una apreciable interferencia desde el conductor entre el aparato y el tomacorriente del conductor principal. Es esencial, por ésto, que la unidad cuya interferencia se propone suprimir en estas frecuencias, este montada tan cercamente como sea posible a los terminales del artefacto . Por consiguiente, se podría esperar encontrar en general, para estos casos, que el supresor de televisión esté más cercano a los terminales del aparato que el supresor, para las bandas de transmisión.

## 7.2 Experimentación.

Con el objeto de justificar todo el trabajo realizado, se ha planteado el siguiente problema.

Se tiene un motor conmutador de 1.100 W, 115 V y 60 Hz, el mismo que esta formando parte de un taladro eléctrico. Se desea conocer el ruido de radiofrecuencia que produce y analizar la atenuación de dichas señales, no deseadas, mediante la utilización de diferentes supresores de ruido en los cuales se apliquen los requisitos prescritos anteriormente.

Como instrumento de medida se dispone de un analizador de espectro, y como elementos supresores condensadores y bobinas comunes que se encuentran en el mercado.

El problema fue resuelto de la siguiente manera:

- a) Se utilizó un circuito semejante a los representados en las figuras 19 y 20, con el objeto de analizar el ruido producido por el motor y así poderlo ver y analizar dentro del instrumento de medida disponible.
- b) El ruido de radiofrecuencia que presenta el motor conmutador en ensayo sin adición de un supresor se muestra en la figura 21.

FIGURA 19

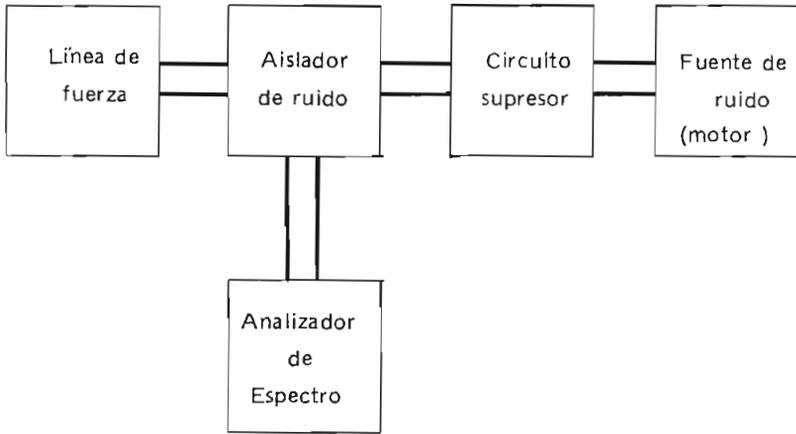


FIGURA 20

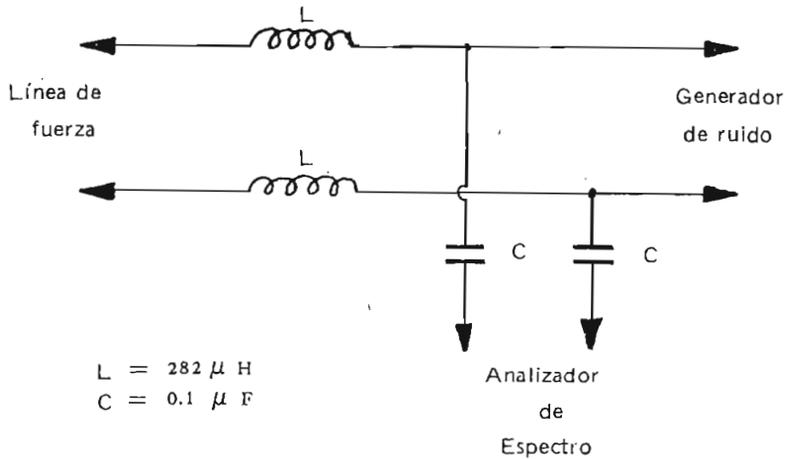
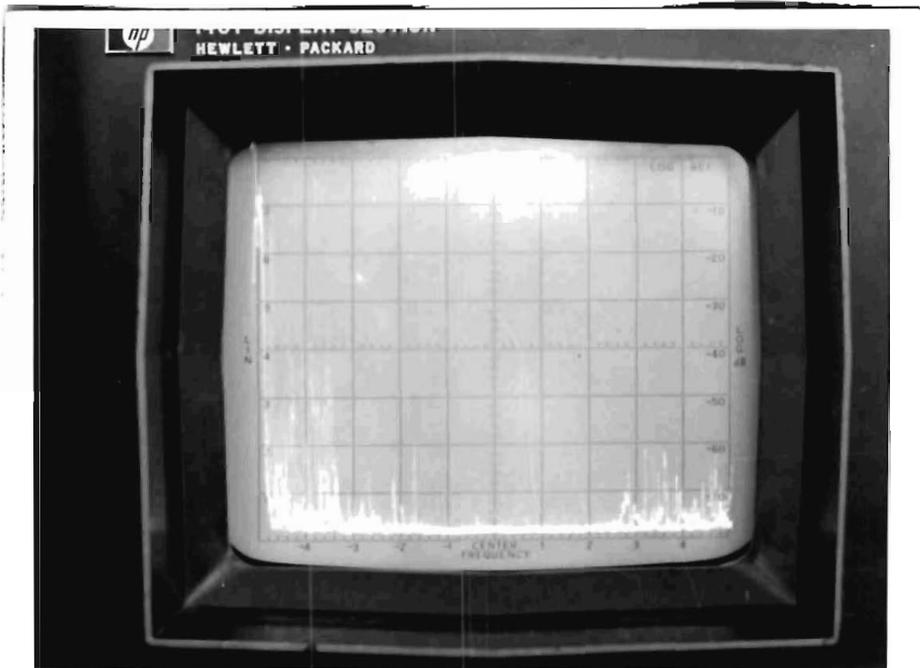


FIGURA 21



ESCALAS

Horizontal	10MHz/div.	LOG Nivel de Referencia	-20 dB
Vertical	10 dB /div.	Sensibilidad Lineal	0
Barrido	1 mS		
Atenuación	10		

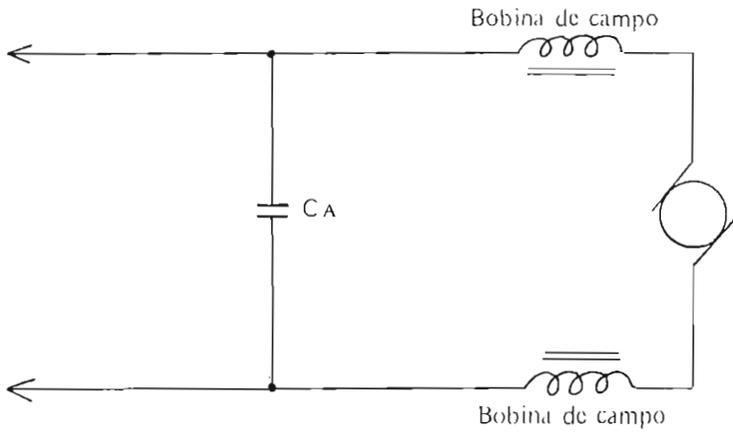
En el cuadro anterior podemos notar que el ruido es más fuerte en el rango formado desde prácticamente 0 Hz hasta 30 MHz así como en el rango de 70 MHz hasta 100 MHz o más.

- c) Añadimos al sistema un supresor de ruido constituido por un solo condensador tal como se indica en la figura 22 . Se obtiene un resultado igual al que se muestra en la figura 23.

Notándose que prácticamente el ruido desaparecen en el rango de 0 Hz hasta 60 MHz, a excepción de pulsos que se encuentran a 10 MHz, 30 MHz y 45 MHz. Significando esto que, los ruidos de radiofrecuencia, para este motor, en el rango de 0 Hz hasta 60 MHz pueden ser suprimidos en su mayor parte, pero no totalmente debido a que queda un ruido discontinuo con una separación de 0.2 mS entre ellos (ver numeral 2.6.2) .

- d) Añadimos al sistema un filtro constituido de únicamente condensadores como se indica en la figura 24.

FIGURA 22

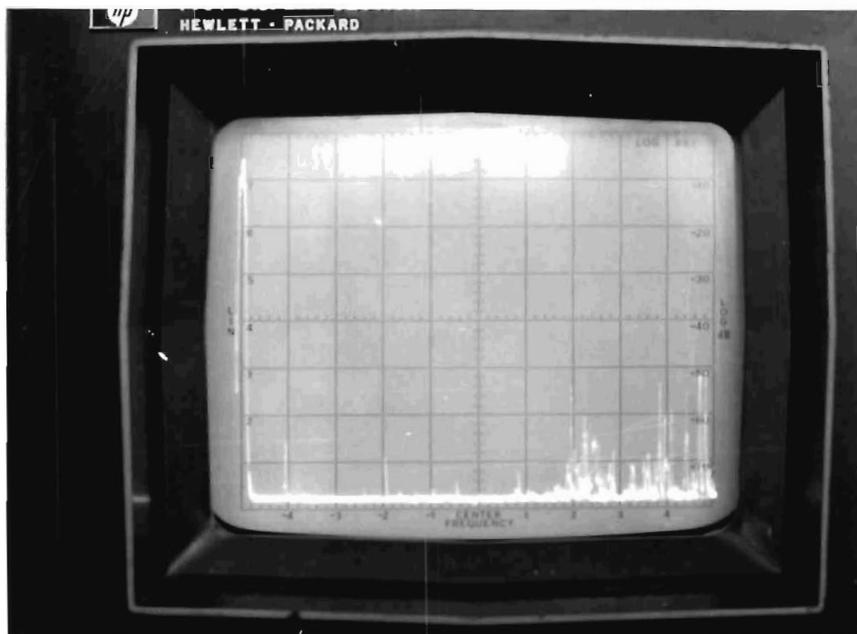


Circuito supresor para un taladro eléctrico

Datos

$$C_A = 0.039 \mu F$$

FIGURA 23



ESCALAS

Horizontal 10 MHz/div.

Vertical 10 dB / div.

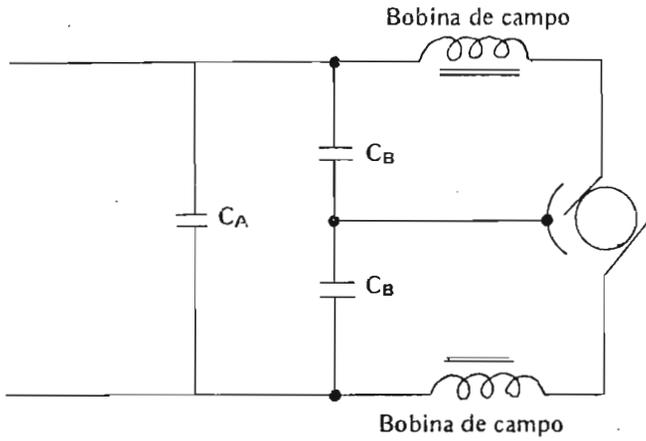
Barrido 1 mS

Atenuación 10

LOG Nivel de Referencia -20 dB

Sensibilidad Lineal 0

FIGURA 24.



Círculo supresor para una limpiadora de succión.  
(barredora eléctrica)

Datos

$$C_A = 0.039 \mu F$$

$$C_B = 0.47 \mu F$$

Se obtiene un resultado igual al que se muestra en la figura 25.

Notándose que se ha logrado una mejor supresión en la parte baja y una atenuación del ruido en la parte alta.

- e) En este punto podemos pasar a otro tipo de supresor a aquel que esta formado únicamente con inductores, tal como se muestra en la figura 26.

Se obtiene un resultado igual al que se muestra en la figura 27.

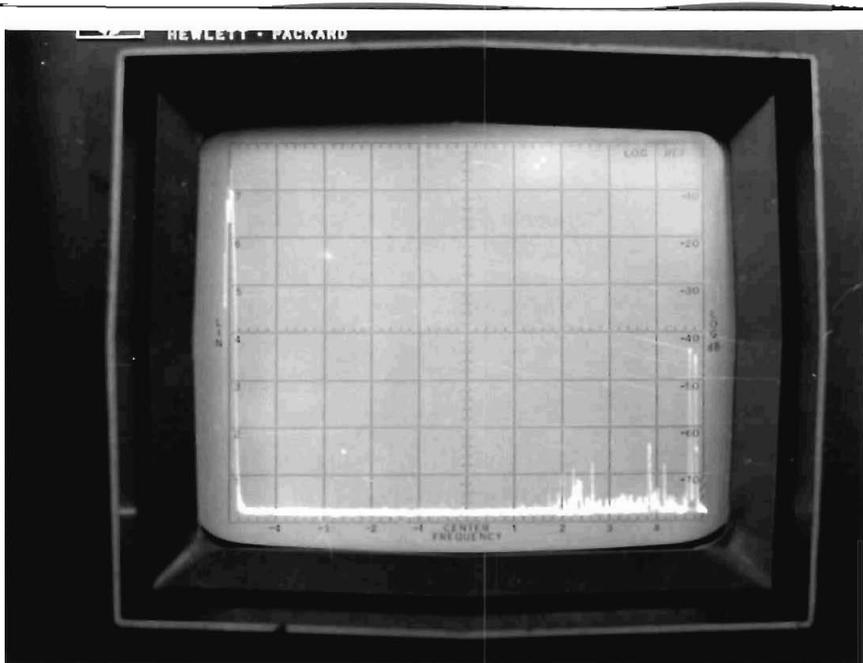
Notándose que, este tipo de supresor, para este motor es muy bueno para la parte alta, rango de 50 MHz a 100 MHz.

- f) Añadamos ahora un supresor con elementos combinados tal como se indica en la figura 28 .

Se obtiene un resultado igual que se muestra en la figura 29 .

Notándose que, este tipo de supresor ha eliminado casi todo el ruido de radiofrecuencia, quedando no obstante un determinado número de impulsos que molestaría a la recepción de señales deseadas.

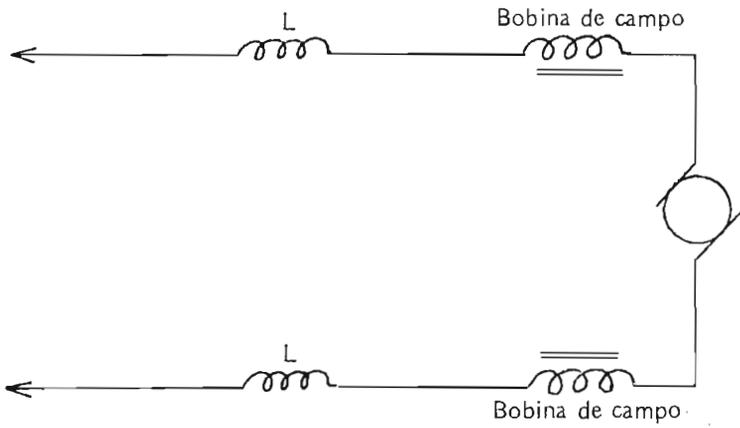
FIGURA 25



ESCALAS

Horizontal	10 MHz/div.	LOG Nivel de Referencia	- 20 dB
Vertical	10 dB/div.	Sensibilidad Lineal	0
Barrido	1 mS		
Atenuación	10		

FIGURA 26

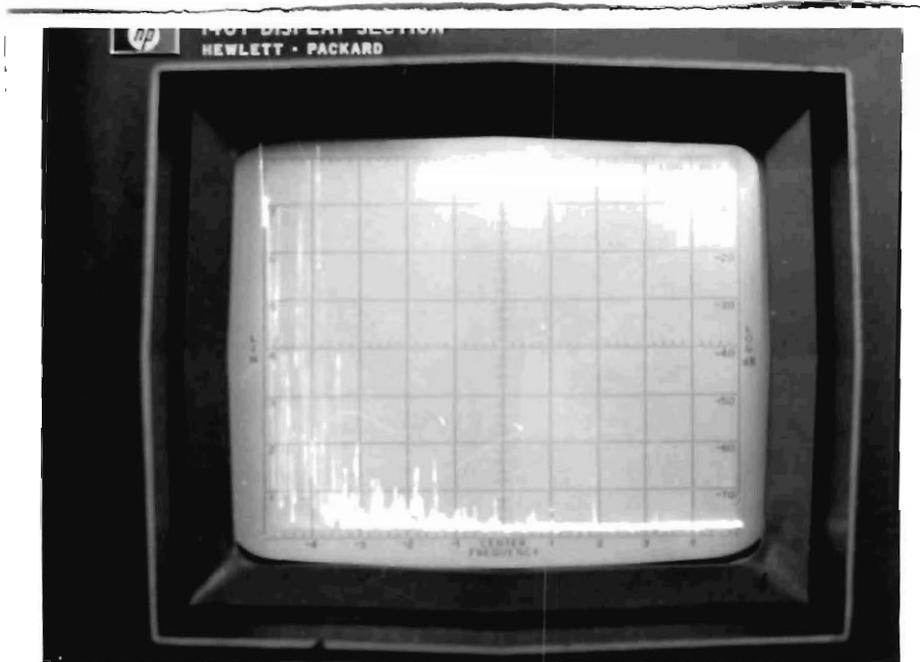


Circuito supresor para un taladro eléctrico

Datos

$$L = 3.25 \mu H$$

FIGURA 27



ESCALAS

Horizontal 10 MHz/div.

Vertical 10 dB/div.

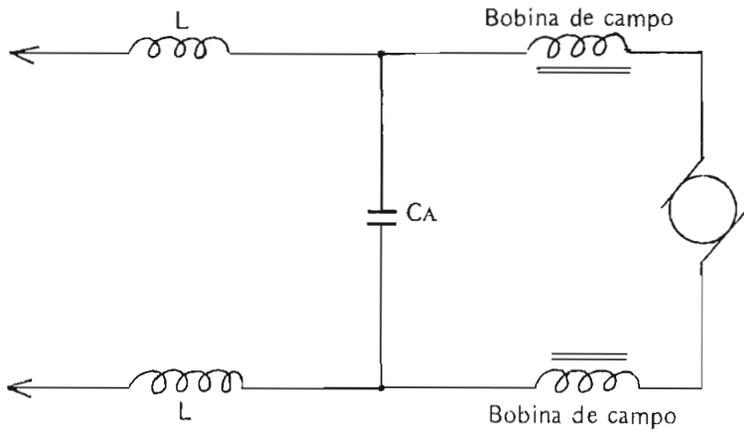
Barrido 1 mS

Atenuación 10

LOG Nivel de Referencia - 20 dB

Sensibilidad Lineal 0

FIGURA 28.



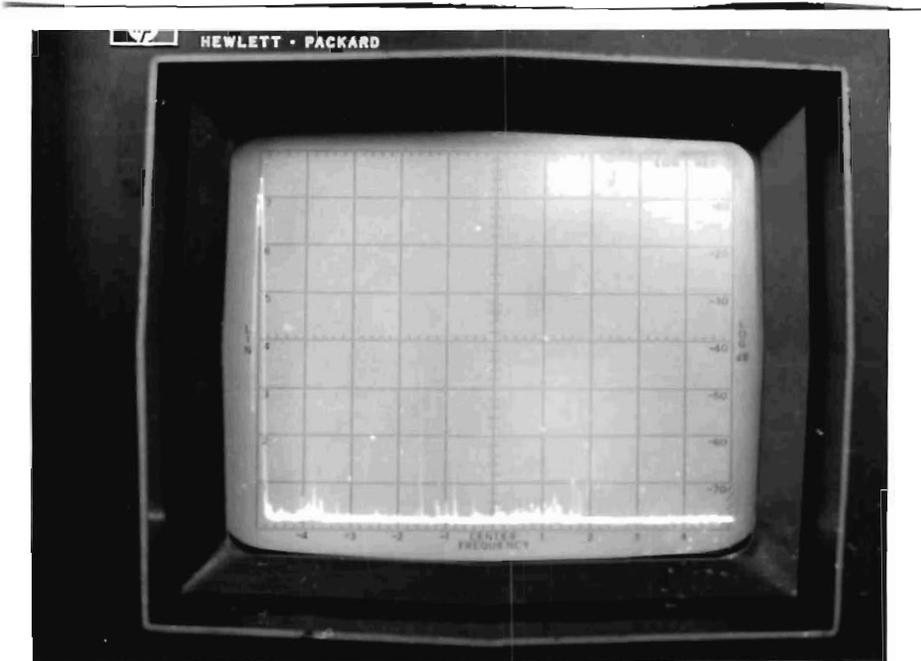
Circuito supresor para un taladro eléctrico

Datos

$$L = 3.25 \mu H$$

$$C_A = 0.039 \mu F$$

FIGURA 29



ESCALAS

Horizontal 10 MHz/div.  
Vertical 10 dB/div.  
Barrido 1 mS  
Atenuación 10

LOG Nivel de Referencia - 20 dB  
Sensibilidad Lineal 0

g) Añadimos al sistema un nuevo filtro semejante al representado en la figura 30.

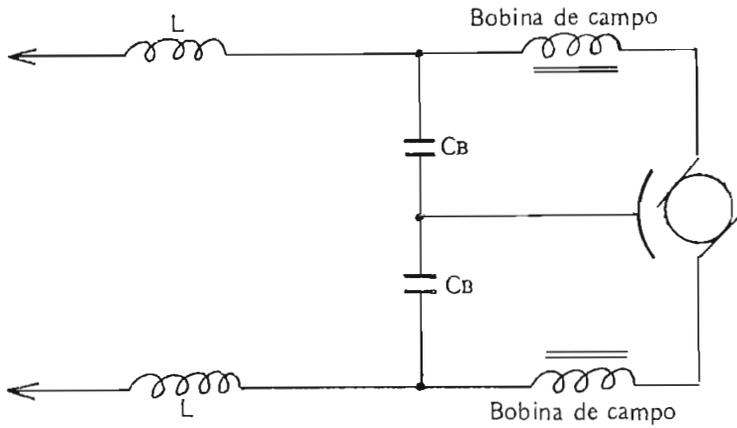
Se obtiene un resultado igual al que se muestra en la figura 31. En la cual nosotros podemos notar que hemos logrado una mejor supresión a lo largo de todo el rango de frecuencia, pero quedando pequeños impulsos de ruido en la parte baja de la escala.

h) Por último añadamos al sistema un supresor completo tal como el mostrado en la figura 32.

Se obtiene un resultado igual al que se muestra en la figura 33. En la cual se puede notar que, la interferencia de ruido o radiofrecuencia se ha eliminado por completo.

Todos estos ejemplos muestran también la forma en la cual el fabricante podría llevar acabo la supresión, incorporando los componentes dentro del aparato.

FIGURA 30.



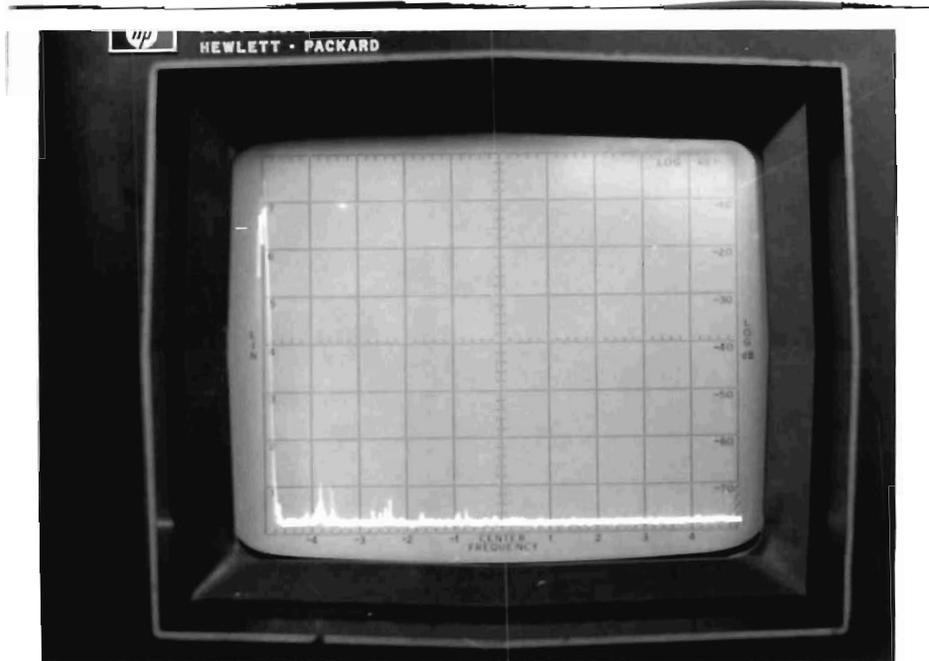
Circuito supresor para un taladro eléctrico

Datos

$$L = 3.25 \mu H$$

$$C_B = 0.47 \mu F$$

FIGURA 31



ESCALAS

Horizontal 10 MHz/div.

Vertical 10 dB/div.

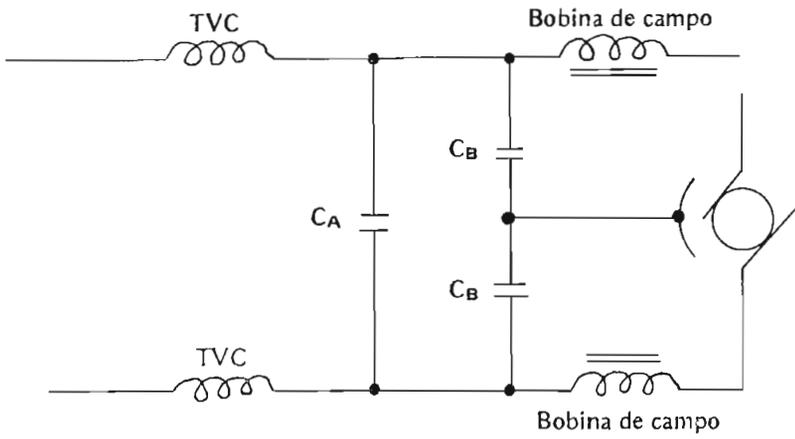
Barrido 1 mS

Atenuación 10

LOG Nivel de Referencia -20 dB

Sensibilidad Lineal 0

FIGURA 32



Circuito supresor para un ventilador eléctrico  
(motor conmutador)

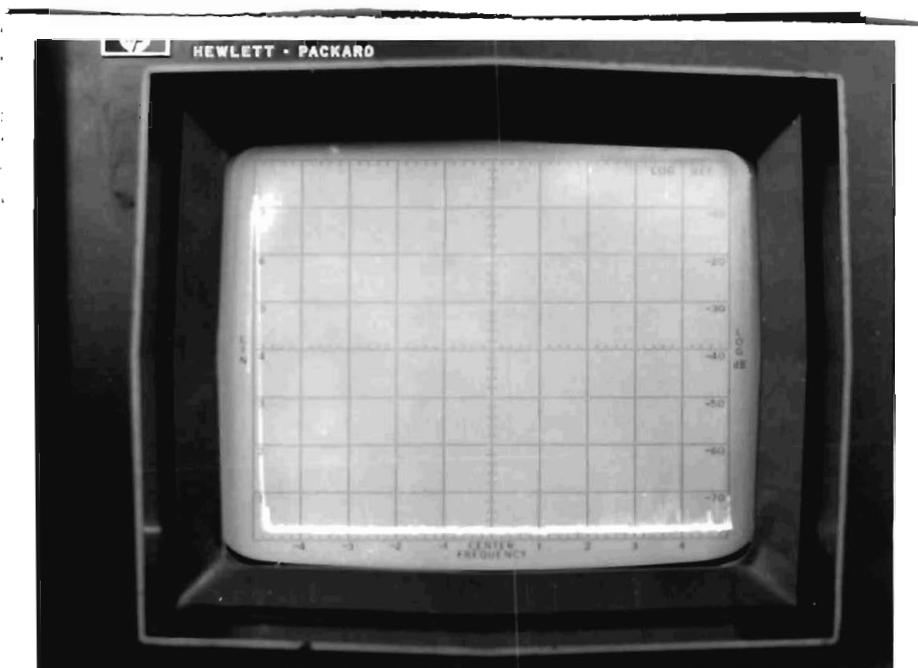
Datos

$$C_A = 0.039 \mu F$$

$$C_B = 0.47 \mu F$$

$$TVC = 3.25 \mu H$$

FIGURA 33



ESCALAS

Horizontal 10 MHz/div.

Vertical 10 dB/div.

Barrido 1 mS

Atenuación 10

LOG Nivel de Referencia -20 dB

Sensibilidad Lineal 0

Aquí debe enfatizarse que las unidades ilustradas en las figuras 22 a la 32, no pueden ser miradas como aplicadas a todos los tipos de aparatos que podrían describirse de acuerdo a lo indicado por el título de este trabajo, sino que únicamente se aplica a ciertos modelos o diseños de éstos. Ellos deberían servir, sin embargo, como una guía útil para el tipo de supresor que podría probarse como satisfactorio en aquel tipo general de artefacto.

## APENDICE A

### BIBLIOGRAFIA

A.1 C.P. 327.201 Broadcast reception. Sound and television by radio.

A.2 C.P. 1001 Abatement of radio interference caused by motor vehicles and internal combustion engines.

A.3 C.P. 1002 Abatement of radio interference from electromedical and industrial radio-frequency equipment.

A.4 B.S. 559 Electric signs and luminous-discharge-tube installations.

A.5 B.S. 415 Electric mains-operated radio and other apparatus for radio, acoustica and visual reproduction (safety requirements).

A.6 B.S. 613 Components and filter units for radio-interference suppression (excluding devices for traction, marine and other special equipment).

A.7 B.S. 727 Characteristics and performance of apparatus for measurement of radio-interference.

- A.8 B.S. 800 Limits of radio-interference.
- A.9 B.S. 827 Radio-interference suppression for trolley - buses and tranways.
- A.10 B.S. 933 Radio-interference suppression for motor vehicles and internal-combustion engines.
- A.11 B.S. 905 Anti-interference characteristics and performance of radio receiving equipment for aural and visual reproduction (excluding receivers for motor vehicles and marine equipment).
- A.12 IEC 50 (902) International electrotechnical vocabulary . Radio interference.
- A.13 IEC Publicación C.I.S.P.R. 8B . Reportes y estudio a las preguntas de la C.I.S.P.R. (International special committee on radio interference C.I.S.P.R.).
- A.14 IEC Publicación C.I.S.P.R. 1 Specification for C.I.S.P.R. radio interference measuring apparatus for the frequency range 0.15 MHz to 30 MHz.
- A.15 IEC Publicación C.I.S.P.R. 2 Specification for C.I.S.P.R. radio interference measuring apparatus for the frequency range 25 MHz to 300 MHz.

- A.16 IEC Publicación C.I.S.P.R. 5 Radio interference measuring apparatus having detectors other than guasi-peak .
- A.17 IEC Publicación C.I.S.P.R. 7 Recomendations of the C.I.S.P.R.
- A.18 IEC Publicación C.I.S.P.R. 9 C.I.S.P.R. limits of radio interference and report of national limits.
- A.19 UNE 20 509 Perturbaciones electromagnéticas producidas por líneas eléctricas aéreas.
- A.20 UNE 20 508 Perturbaciones electromagnéticas producidas por equipos de alta tensión en centros de producción y transformación de la energía eléctrica.
- A.21 INEN EL 01.03-603 Código Eléctrico Ecuatoriano. Instalaciones Eléctricas de Sistemas de Comunicación. Tercera parte.
- A.22 NFPA Hnadbook of the National Electrical Code. 3rd. Edition.