

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (CFL)

Patricio Chico Hidalgo, MSc.

Departamento de Automatización y Control Industrial
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

En este artículo se presentan los resultados de las mediciones de un grupo de ocho Lámparas Fluorescentes Compactas (CFL) de diferentes marcas con la finalidad de determinar sus características eléctricas; de manera especial los posibles efectos que puedan tener sobre la línea de alimentación. Las pruebas realizadas consistieron en medidas relacionadas con potencia, contenido armónico de la corriente, y una prueba referencial del nivel de iluminación que proporcionan esas lámparas.

Para ilustrar el efecto de las CFL sobre la línea de alimentación, se realizó una prueba de interacción de un grupo de lámparas con un motor de inducción trifásico de baja potencia conectados al mismo alimentador.

Finalmente se presentan un análisis de resultados y algunas conclusiones.

INTRODUCCIÓN

El gobierno nacional está llevando a cabo una campaña de ahorro de energía eléctrica, dentro de la cual una de las actividades emprendidas ha sido el reemplazo de lámparas incandescentes por lámparas que presenten una mayor eficiencia como son las Lámparas Fluorescentes Compactas (CFL), comúnmente llamadas “focos ahorradores”. De acuerdo a los fabricantes, las CFL proporcionan niveles de iluminación equivalentes a

los conseguidos con lámparas incandescentes pero con un menor consumo de energía eléctrica. Dada la estructura del circuito electrónico usado en las CFL es de esperarse que presenten algunos problemas relacionados con la distorsión de corriente de línea.

Se trabajó con un grupo de seis lámparas fluorescentes compactas de diferentes marcas que tienen como potencia nominal 15W. Las pruebas realizadas consistieron en medidas relacionadas con potencia, contenido armónico de la corriente, y una prueba referencial de nivel de iluminación en un ambiente de uso general.

Adicionalmente se tomaron medidas de dos lámparas CFL de 20W, de la misma marca y modelo, que se comercializan dos unidades en un solo paquete. Una de las lámparas tiene aproximadamente 4500 horas de uso mientras la otra no ha sido usada.



Figura 1. Lámparas sometidas a pruebas

TOPOLOGÍA BÁSICA DE UNA LÁMPARA CFL.

La topología básica de una lámpara CFL se describe en el siguiente diagrama:

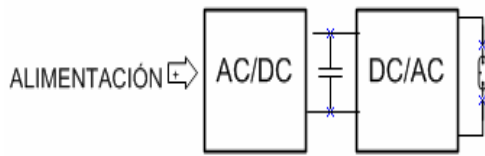


Figura 2. Topología básica de una lámpara CFL

La estructura básica de este circuito consiste en un rectificador (conversor AC/DC), un filtro que generalmente es capacitivo, y un inversor (conversor DC/AC) para obtener un voltaje alterno de alta frecuencia. Esta onda de voltaje de alta frecuencia alimenta al tubo de la lámpara. La finalidad de usar alta frecuencia es principalmente reducir el tamaño físico de la impedancia que se usa para limitar la corriente en el tubo e incrementar la eficiencia.

Las lámparas CFL sometidas a pruebas, en su mayor parte como conversor AC/DC tienen un circuito similar al presentado en la figura 3, que corresponde a un rectificador doblador con filtro capacitivo. Unas pocas lámparas incluyen una pequeña inductancia en serie con una de las líneas de entrada a manera de filtro.

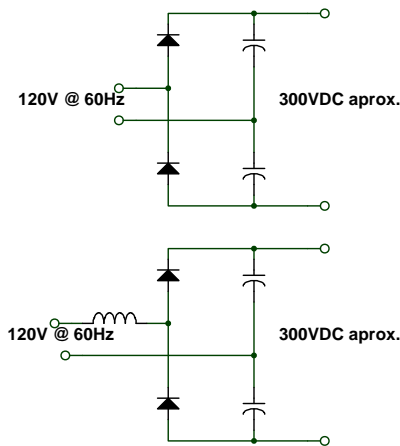


Figura 3.- Circuitos típicos de entrada

De acuerdo a esta estructura se espera que las corrientes muestren picos de alto valor y de poca duración, que son típicos de este tipo de circuito. Esta forma de onda de corriente tiene un contenido armónico muy importante.

DEFINICION DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS EN LAS CFL.

Las definiciones de los parámetros medidos a la entrada de las lámparas CFL se muestran a continuación:

Valor medio cuadrático (RMS)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f^2(t) dt}$$

Factor de cresta (Crest)

$$Crest = \frac{I_{pico}}{I_{rms}}$$

Potencia Aparente (VA)

$$S = V_{rms} \times I_{rms}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

P es Potencia Real o Activa
 Q es Potencia Reactiva (VAR)
 D es Potencia de Distorsión

Potencia Real o Activa (Watts)

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \times i(t) dt$$

Factor de Potencia (Total PF)

$$fp = \frac{P}{S}$$

$$fp = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}}$$

Distorsión Armónica Total (THD Fund)

$$THD = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_1^2}}{I_1} \times 100$$

I_1 es el valor RMS de la fundamental de la corriente

I_{rms} es el valor RMS de la corriente

Ángulo de fase (Phase)

Se define como el ángulo que existe entre las fundamentales de voltaje y de corriente. La indicación **lead** que aparece en las medidas indica que es del tipo **capacitivo**, mientras que **lag** indica que es **inductivo**.

Factor de Potencia de Desplazamiento (DPF)

Se define como el coseno del ángulo de defasaje entre las fundamentales de voltaje y corriente.

Descomposición Armónica (Harmonics)

La descomposición armónica es la representación de una señal periódica compleja en un sumatorio infinito de funciones elementales. En este trabajo se usa la definición de la serie trigonométrica de Fourier.

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \text{sen}(n\omega t + \phi_n)$$

Los coeficientes C_n de la serie que corresponden a las amplitudes de los armónicos están representados en forma gráfica en los análisis espectrales que se muestran a continuación. En estos gráficos y en las tablas que los acompañan las amplitudes de los armónicos están representadas como un porcentaje del valor RMS total de la corriente

MEDICIONES DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS TOMADAS A LA ENTRADA DE LAS LÁMPARAS

LÁMPARA INCANDESCENTE 100W

Las medidas tomadas a la entrada de una lámpara incandescente de 100W se muestran a continuación.

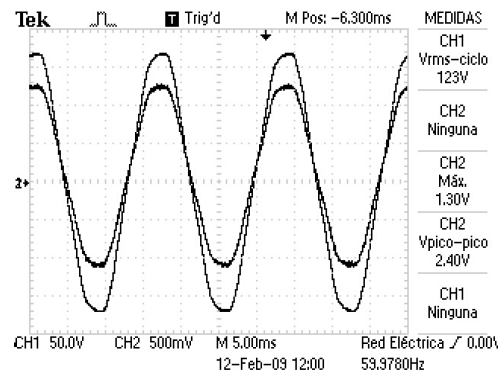


Figura 4. Voltaje y corriente sobre una lámpara incandescente de 100W

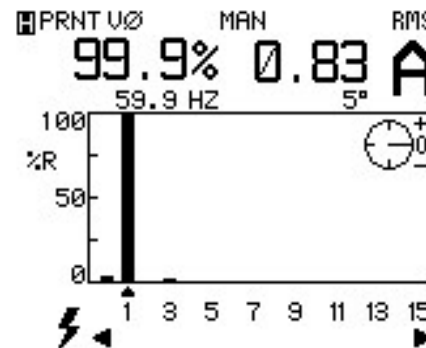


Figura 5. Análisis espectral de la corriente de línea.

	Voltage	Current
RMS	121.34	0.84
Peak	166.79	1.14
Crest	1.37	1.36
Watts	100.00	
VA	101.00	
VAR	8.00	
Total		
PF	0.99	
DPF	1.00	

Tabla1. Medidas a la entrada de la lámpara incandescente de 100W.

CFL#1 (potencia nominal 15W)

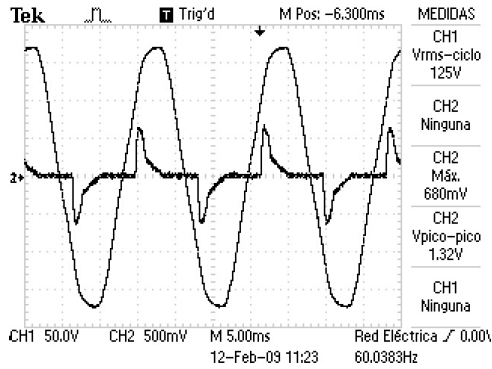


Figura 6. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#1.

CFL#2 (potencia nominal 15W)

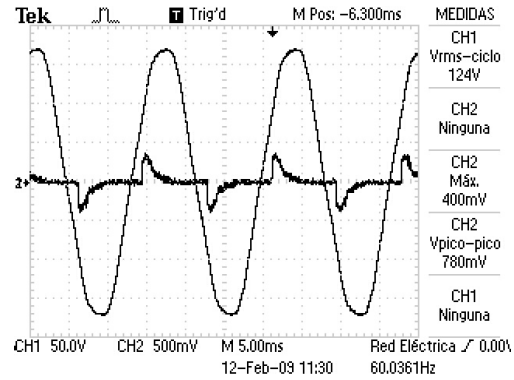


Figura 8. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#2.

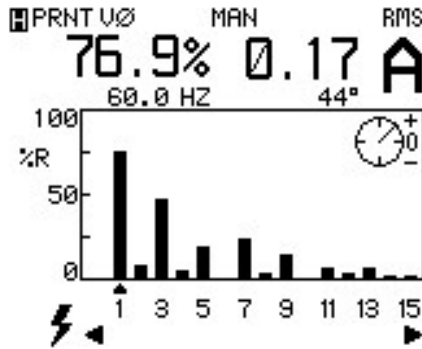


Figura 7. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#1.

	Voltage	Current
RMS	122.56	0.22
Peak	168.79	0.56
Crest	1.38	2.51
THD Fund	3.49	83.23
Watts	14.00	
VA	27.00	
VAR	14.00	
Peak W	81.00	
Phase	44° A lead	
Total PF	0.53	
DPF	0.72	

Tabla 2. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#1.

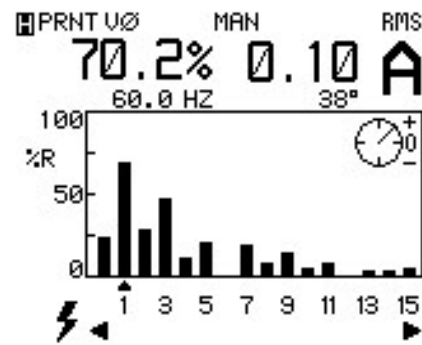


Figura 9. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#2.

	Voltage	Current
RMS	121.93	0.15
Peak	167.38	0.35
Crest	1.37	2.40
THD Fund	3.75	101.55
Watts	9.00	
VA	17.00	
VAR	7.00	
Peak W	44.00	
Phase	38° A lead	
Total PF	0.52	
DPF	0.79	

Tabla 3. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#2.

CFL#3 (potencia nominal 15W)

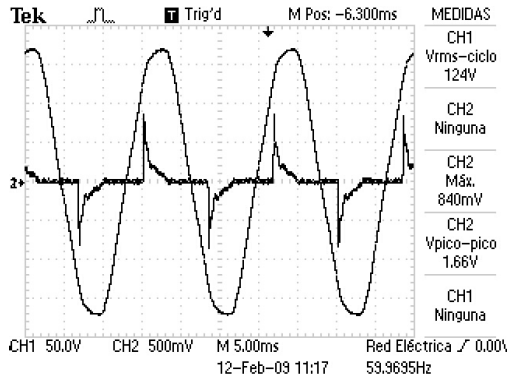


Figura 10. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#3.

CFL#4 (potencia nominal 15W)

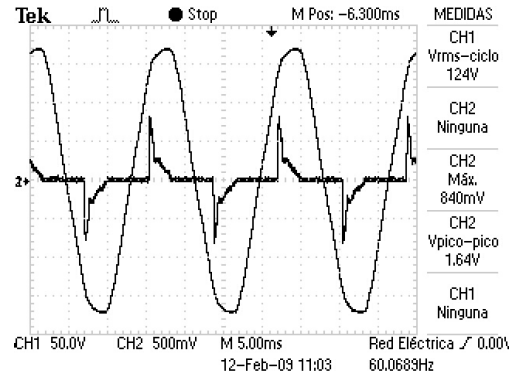


Figura 12. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#4.

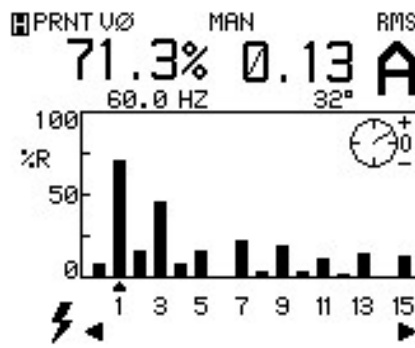


Figura 11. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#3.

	Voltage	Current
RMS	122.42	0.18
Peak	168.18	0.57
Crest	1.37	3.13
THD Fund	3.74	98.25
Watts	12.00	
VA	22.00	
VAR	8.00	
Peak W	86.00	
Phase	32° A lead	
Total PF	0.58	
DPF	0.84	

Tabla 4. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#3.

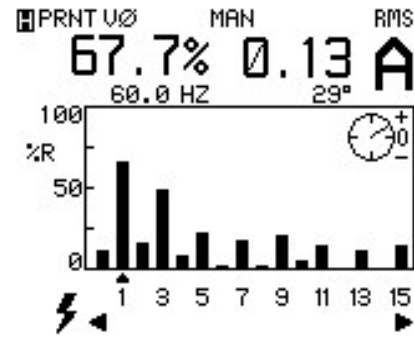


Figura 13. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#4.

	Voltage	Current
RMS	122.54	0.20
Peak	168.26	0.67
Crest	1.37	3.41
THD Fund	3.78	108.69
Watts	13.00	
VA	24.00	
VAR	7.00	
Peak W	105.00	
Phase	29° A lead	
Total PF	0.57	
DPF	0.88	

Tabla 5. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#4.

CFL#5 (potencia nominal 15W)

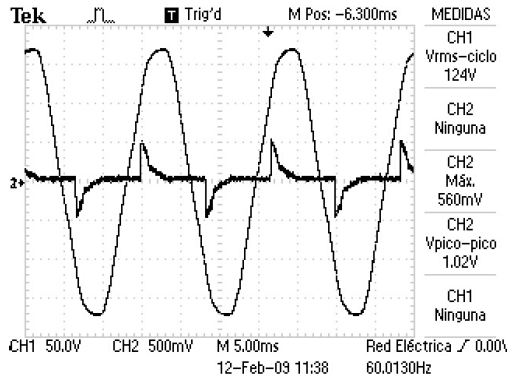


Figura 14. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#5.

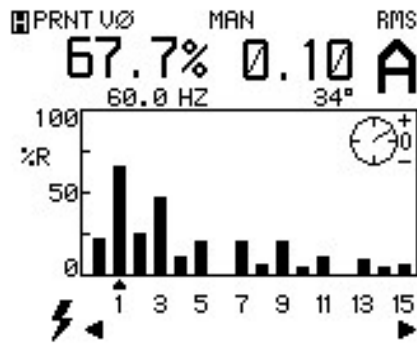


Figura 15. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#5.

	Voltage	Current
RMS	122.26	0.16
Peak	167.98	0.46
Crest	1.37	2.88
THD Fund	3.68	108.77
Watts	10.00	
VA	19.00	
VAR	7.00	
Peak W	61.00	
Phase	34° A lead	
Total PF	0.53	
DPF	0.83	

Tabla 6. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#5.

CFL#6 (potencia nominal 15W)

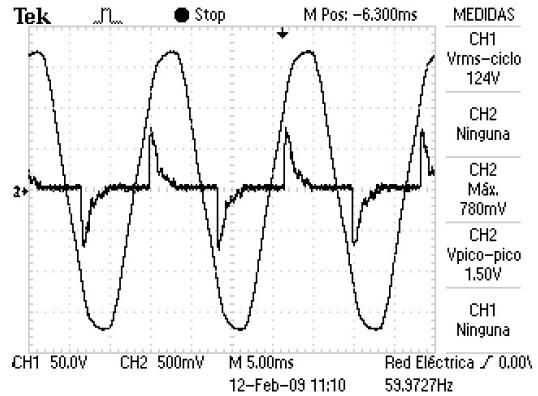


Figura 16. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#6.

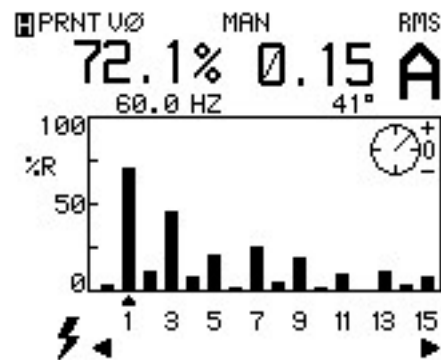


Figura 17. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#6.

	Voltage	Current
RMS	121.71	0.22
Peak	167.68	0.68
Crest	1.38	3.07
THD Fund	3.63	96.02
Watts	14.00	
VA	26.00	
VAR	12.00	
Peak W	89.00	
Phase	41° A lead	
Total PF	0.52	
DPF	0.76	

Tabla 7. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#6.

CFL#7 (potencia nominal 20W)
 CFL nuevo la misma marca que el número 8)

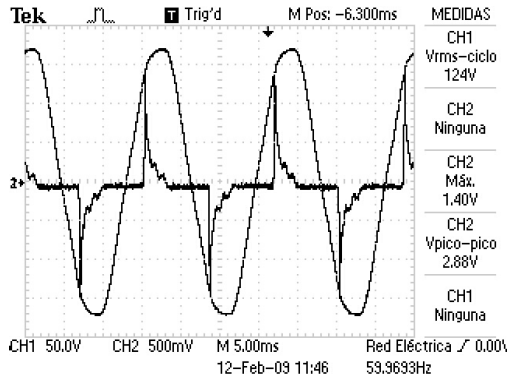


Figura 18. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#7.

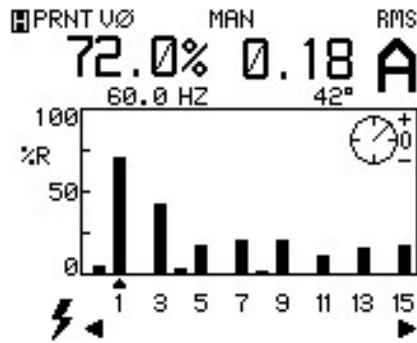


Figura 19. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#7.

	Voltage	Current
RMS	122.44	0.26
Peak	168.26	0.98
Crest	1.37	3.75
THD Fund	3.73	96.40
Watts	16.00	
VA	32.00	
VAR	15.00	
Peak W	147.00	
Phase	42° A lead	
Total PF	0.52	
DPF	0.74	

Tabla 8. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#7.

CFL#8 (potencia nominal 20W)
 CFL usado ,la misma marca que el número 7; uso de un poco mas de un año, es decir aproximadamente 4500 horas; se enciende automáticamente en la noche y se apaga en la mañana)

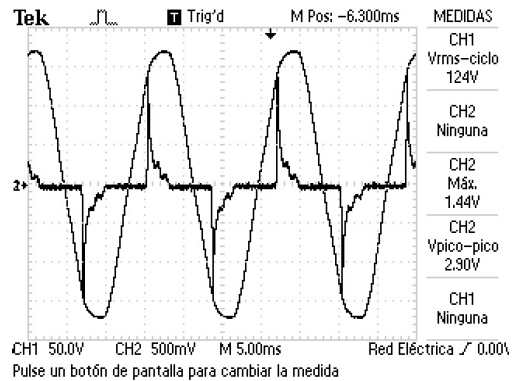


Figura 20. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada CFL#8.

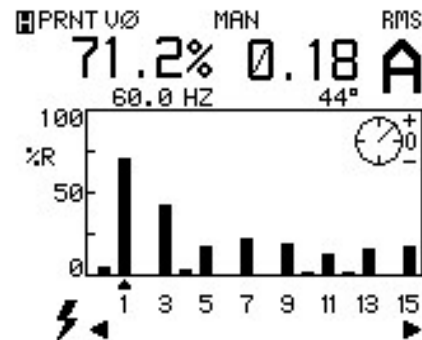


Figura 21. Análisis espectral de la corriente de línea CFL#8.

	Voltage	Current
RMS	122.98	0.26
Peak	169.14	0.95
Crest	1.38	3.63
THD Fund	3.61	98.64
Watts	16.00	
VA	32.00	
VAR	15.00	
Peak W	146.00	
Phase	44° A lead	
Total PF	0.50	
DPF	0.72	

Tabla 9. Medidas tomadas en la entrada de alimentación de la lámpara CFL#8.

TABLA DE LOS VALORES RMS DE LOS ARMÓNICOS DE CORRIENTE

Valores RMS de los armónicos como porcentaje del IRMS total								
Armónico	CFL#1	CFL#2	CFL#3	CFL#4	CFL#5	CFL#6	CFL#7	CFL#8
1	74.90	68.13	69.01	66.02	65.87	70.12	70.43	69.45
2	8.98	29.01	17.17	15.95	25.46	12.78	1.67	1.44
3	47.41	47.03	44.97	48.16	46.88	45.14	42.97	43.35
4	5.89	12.75	9.61	9.57	12.93	8.52	4.77	4.55
5	19.92	21.54	16.48	22.64	21.42	21.86	17.91	18.92
6	0.84	0.88	1.03	2.55	1.62	2.56	1.67	2.16
7	23.84	19.78	22.66	19.14	21.82	26.12	21.73	22.27
8	4.49	8.79	4.12	3.19	6.87	5.68	2.63	1.92
9	15.99	15.38	19.57	21.69	21.01	19.87	21.25	20.60
10	1.40	5.71	4.12	5.42	5.66	3.12	1.91	3.11
11	8.42	9.23	12.36	15.31	12.53	11.36	12.89	13.17
12	4.21	1.76	2.40	1.28	0.40	1.70	0.72	2.63
13	7.85	5.27	14.76	12.76	10.51	12.78	16.47	17.00
14	3.65	3.96	2.40	2.23	5.66	4.26	0.72	1.92
15	2.52	6.15	13.73	14.67	8.49	8.80	17.67	18.44
THD(I)	83.23	101.55	98.25	108.69	108.77	96.02	96.4	98.68

Tabla 10. Cuadro comparativo de las magnitudes de los armónicos de corriente a la entrada de los diferentes CFL.

ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE LOS ARMÓNICOS.

De las medidas tomadas a las diferentes lámparas se determina que todas ellas tienen un nivel muy elevado de distorsión en la corriente; por lo que introducen una gran cantidad de armónicos en las líneas.

La causa de esta distorsión es el tipo de circuito usado como conversor AC/DC a la entrada que equivale a un rectificador con un filtro capacitivo. Algunas de las lámparas incluyen una pequeña inductancia a la entrada con la finalidad de limitar los picos de corriente. Este filtro inductivo, en efecto, limita en parte la magnitud de los picos de corriente pero no tiene un efecto importante en la distorsión armónica total.

En todas las lámparas CFL probadas se encontró que existen armónicos de bajo orden, que tienen magnitudes relativas importantes. Predominan los armónicos impares, siendo el más importante el tercer armónico. En algunas de las CFL

aparecen los armónicos pares con una magnitud importante. La tabla 10 muestra solamente los valores RMS de los armónicos, pero no se muestran las fases que sería importante para poder determinar la interacción con otras fuentes de armónicos.

No se encontró un patrón para poder determinar la existencia o ausencia de determinados armónicos en la corriente. Es evidente que esta composición armónica varía significativamente entre las lámparas debido a los diferentes circuitos que usan los fabricantes para el inversor. Vale la pena mencionar las CFL#7 y CFL#8, del mismo tipo y fabricante que a pesar de la diferencia de horas de uso tienen un análisis espectral similar pues internamente tienen el mismo circuito.

El factor de potencia de las lámparas medidas es ligeramente superior a 0,5 en adelanto (capacitivo). Para este factor de potencia tan bajo aporta significativamente la potencia reactiva, que es capacitiva, y también hay un aporte de la potencia de distorsión debido a la forma de onda de corriente.

Esta potencia reactiva capacitiva ayudaría a compensar en parte la potencia reactiva de cargas inductivas conectadas a la misma red, lo que debe aumentar el factor de potencia de una instalación que sea predominantemente inductiva.

Los armónicos de corriente de las lámparas CFL, entrarían a interactuar con armónicos presentes en la red debidos a otro tipo de cargas. Esta interacción no es una suma escalar, y por el contrario interactúan de acuerdo a su magnitud y fase, es decir que para ciertos armónicos es posible que vayan a reforzar su presencia en la red, pero para otros es posible que más bien los eliminen o disminuyan.

Para ilustrar este efecto se conectaron seis de las lámparas CFL en paralelo para determinar cómo interactúan en conjunto los armónicos de las diferentes lámparas. Los resultados se muestran en las tablas 11 y 12. y en los siguientes gráficos:

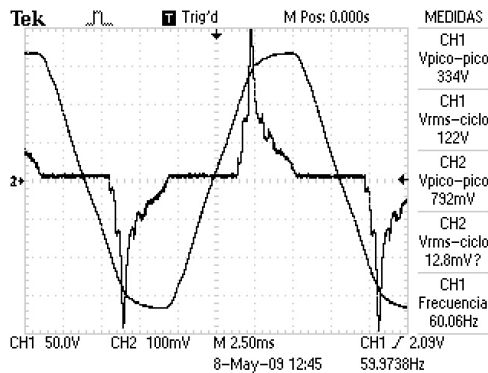


Figura 22. Formas de onda de voltaje y corriente en la entrada del grupo de 6 CFL.

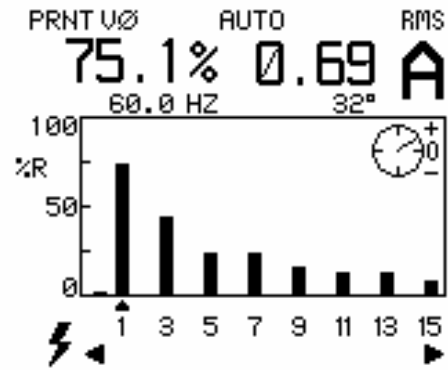


Figura 23. Distorsión armónica de la corriente del grupo de 6 CFL.

Como se puede ver en la figura 23, al interactuar los armónicos de las diferentes lámparas, algunos de ellos se refuerzan como son los impares, mientras que otros se atenúan. En la tabla 13 se pueden ver los valores resultantes de la agrupación, en especial se debe notar que los armónicos pares muy marcados en algunas lámparas se han reducido en gran parte al interactuar con las otras lámparas; esto ocurre por la diferencia de fase de los armónicos en cada una de las CFL.

MUESTRA DE LA INTERACCIÓN DE LAS CFL CON UNA CARGA INDUCTIVA

Para esta prueba, se usó el conjunto de las seis lámparas en paralelo con un motor de inducción trifásico de baja potencia. En una de las fases de alimentación al motor se coloca en paralelo el grupo de 6 CFL que se analiza en los párrafos anteriores y se toman medidas del motor y del conjunto.

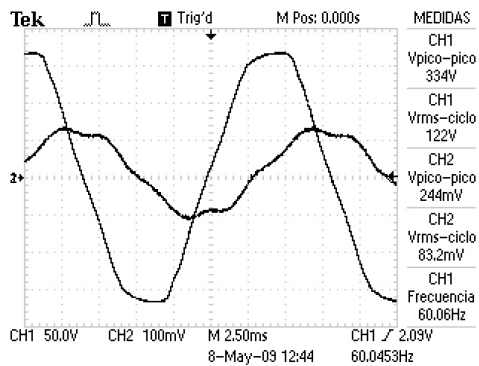


Figura 24. Formas de onda de voltaje y corriente en una de las fases a la entrada del motor trifásico.

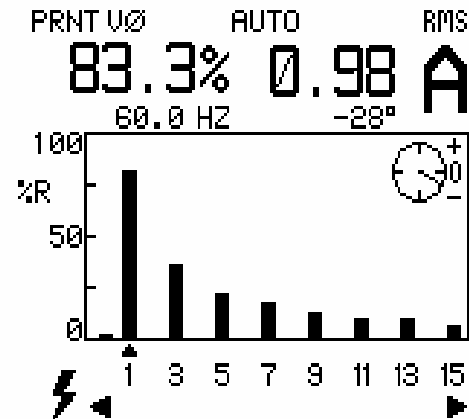


Figura 27. Distorsión armónica de la corriente de alimentación del grupo motor + 6 lámparas CFL.

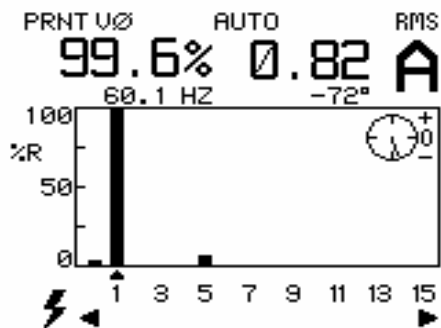


Figura 25. Distorsión armónica de la corriente de una de las fases del motor.

De las figuras 24 y 25, se puede observar que el motor es una carga predominantemente inductiva que toma una corriente que solamente tiene el tercer armónico significativo aparte de la fundamental.

En las figuras 26 y 27 se pueden observar las formas de onda del conjunto motor mas lámparas CFL y el análisis espectral de la corriente.

Las medidas tomadas al conjunto se muestran a continuación:

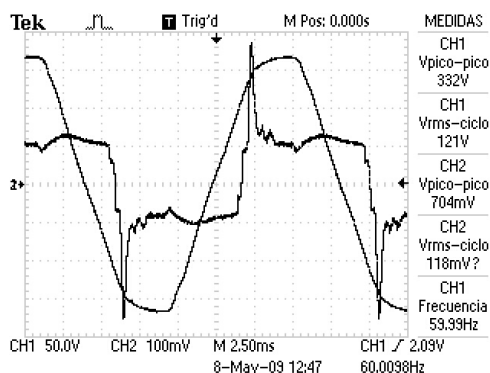


Figura 26. Formas de onda de voltaje y corriente en la alimentación del grupo motor + 6 lámparas CFL.

	motor	grupo cfl	conjunto
	Current	Current	Current
RMS	0.83	0.92	1.17
Peak	1.20	3.33	3.05
DC offset	-0.04	-0.04	-0.04
Crest	1.45	3.62	2.60
THD Fund	9.00	88.50	65.32
Watts	32.00	72.00	106.00
VA	101.00	110.00	143.00
VAR	95.00	40.00	56.00
Phase	72° A lag	32° A lead	28° A lag
Total PF	0.32	0.64	0.74
DPF	0.31	0.84	0.88

Tabla 11. Medidas eléctricas al conjunto motor + 6 lámparas CFL.

	motor	grupo cfl	conjunto
Armónico	%I RMS	%I RMS	%I RMS
1	99.51	74.68	83.31
2	0.23	0.20	0.16
3	2.56	45.35	36.64
4	0.08	0.54	0.16
5	8.22	23.83	23.26
6	0.30	0.34	0.05
7	0.45	25.12	19.89
8	0.23	0.68	0.05
9	0.98	18.13	14.88
10	0.23	0.61	0.21
11	0.60	14.33	11.47
12	0.23	0.27	0.11
13	0.83	13.85	9.92
14	0.30	0.54	0.21
15	1.06	9.50	7.57

Tabla 12. Distorsión armónica de la corriente de línea del conjunto motor + 6 lámparas CFL.

De los resultados mostrados en las tablas anteriores se pueden observar los siguientes resultados:

En primer lugar se puede observar que el factor de potencia por separado del motor y del grupo de CFL son bastante bajos, pero el factor de potencia del motor es inductivo (lag); mientras que el del grupo de CFL es capacitivo (lead). Las potencias reactivas del motor y las lámparas tienen signo contrario por lo que se restan lo que puede observar en la tabla 11.

Se puede observar en la tabla 12 que están presente todavía una gran cantidad de armónicos debidos a las CFL. Sin embargo una muestra de la interacción se observa en el tercer armónico. Al interactuar el tercer armónico del motor con el tercer armónico de las CFL el resultado tiene una menor amplitud relativa en la línea.

El factor de potencia del conjunto, ha mejorado substancialmente, esto debido

principalmente a la cancelación parcial de las potencias reactivas, y en parte a la reducción relativa de armónicos en la corriente del conjunto.

MEDIDA REFENCIAL DE NIVEL DE ILUMINACIÓN

Se midió el nivel de iluminación proporcionado por las CFL, principalmente motivado por la gran diferencia de valor entre la potencia nominal de las lámparas y la potencia real medida en las pruebas.

Para la realización de las pruebas, en una habitación común, se colocó un medidor de nivel de iluminación sobre una superficie plana a una distancia tal que un foco claro de 100W daba una lectura aproximada de 100 lux. La posición final del sensor con respecto a la lámpara fue de 1,50 metros abajo y 0,75 metros separado del eje vertical.

Los resultados fueron:

	Potencia nominal	Potencia medida	lux
Foco 100W claro	100W	101W	101
Foco 100W esmerilado	100W	100,5W	84
Foco 60W claro	60W	60,3W	54
CFL#1	15 W	14 W	54
CFL#2	15 W	9 W	27
CLF#3	15 W	12 W	58
CFL#4	15 W	13 W	roto
CFL#5	15 W	10 W	68
CFL#6	15 W	14 W	60
CFL#7	20 W	16 W	57
CFL#8	20 W	16 W	49

Tabla 13. Nivel de iluminación medido.

La tabla 13 muestra los resultados medidos en las condiciones descritas a los cinco minutos de haber sido encendidas, pues las CFL toman un tiempo relativamente largo en llegar a su punto de operación normal.

Cabe aclarar que esta es una prueba referencial; para medir la eficiencia lumínica de la lámpara se deben integrar las mediciones en una esfera alrededor de la misma.

Con la acotación anterior se puede observar que en la mayoría de las lámparas el nivel de iluminación está entre lo que produce una lámpara incandescente de 100W y una de 60W.

Se observa que la CFL#2 proporciona un nivel de iluminación sumamente bajo a pesar que su potencia nominal es de 15W; pero en realidad el consumo medido es de apenas 9W. Lo mismo sucede con las dos lámparas de 20W, que proporcionan un nivel de iluminación similar al de las lámparas de 15W con una potencia medida también baja.

De la tabla 13 se presume que la eficiencia luminosa varía bastante entre las diferentes lámparas; sería necesario realizar pruebas más completas para poder determinar con certeza este parámetro.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización oficializó el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 036:2208 que establece ciertos requerimientos que deben cumplir las lámparas CFL que se comercializan en el país. Entre los aspectos relacionados a este estudio se mencionan los siguientes numerales:

Numeral 4.2.5 “Potencia consumida. El valor de la potencia medida bajo ensayo

no debe variar más de 15% de la potencia declarada”

Numeral 4.2.7.1 “El factor de potencia mínimo aceptable para las lámparas compactas con balasto integrado debe ser de 0,5 +/- 0,05”

La mayor parte de las lámparas probadas no cumplen, y con un gran margen, el requisito del numeral 4.2.5; mientras que están dentro de los rangos en lo referente al numeral 4.2.7.1

EFFECTOS DE LA DISTORSIÓN DE CORRIENTE

En la literatura especializada, se trata sobre los efectos de la distorsión de corriente puede provocar en la red de distribución de energía eléctrica, entre los más importantes:

Distorsión del voltaje

Sobrecalentamiento de transformadores y motores debido al incremento de pérdidas por histéresis magnética y por corrientes parásitas inducidas en los núcleos.

Puede afectar al funcionamiento de breakers debido al sobrecalentamiento en los mecanismos de disparo de los mismos.

Puede afectar a los circuitos de protección electrónica debido a los altos factores de cresta de la corriente

Calentamiento de conductores debido al “efecto skin” en donde la corriente de alta frecuencia tiende a circular por la zona periférica del conductor.

Puede provocar calentamiento por circulación de altas corrientes en el neutro, además de que puede provocar

caídas de voltaje neutro-tierra por este mismo efecto

CONCLUSIONES

Del análisis anterior se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

Las lámparas CFL introducen una gran cantidad de armónicos en la red incluyendo armónicos pares e impares y no se puede establecer un criterio general para prever el contenido armónico de los mismos.

En la interacción de armónicos de los CFL con los que pueden estar presentes de la red debido a otras cargas, intervienen la magnitud de los mismos y su ángulo de desfase como se puede observar de las pruebas realizadas. Esta interacción puede dar lugar a que ciertos armónicos se reduzcan, o que se refuercen.

De cualquier forma el aporte de armónicos por parte de las lámparas CFL puede llegar a ser importante si se llegan a usar en forma intensiva.

Vale la pena mencionar que las características de entrada de las lámparas CFL son similares a muchos equipos electrónicos que están muy difundidos en nuestro medio como son computadores, monitores, televisores, adaptadores o cargadores de equipo electrónico, etc. Estas cargas son de mayor potencia que las lámparas CFL, y la incorporación en los hogares de estos dispositivos tiene mayor efecto en la distorsión de la corriente que el reemplazo de lámparas incandescente por lámparas CFL.

El reemplazo de lámparas incandescentes por CFL es una buena opción desde el punto de vista de ahorro de energía, pero tiene como efecto colateral la inyección de una gran

cantidad de armónicos de corriente en la red, particular que deben tomar en consideración las empresas distribuidoras de energía eléctrica si su uso se generaliza.

Cabe indicar que sería una mejor alternativa usar lámparas CFL con un alto factor de potencia (factor de potencia corregido) pues producen una distorsión en la corriente muy baja y un factor de potencia aproximadamente unitario. Estas lámparas no están muy difundidas en el país y tampoco son comunes en otros países por su alto costo. Sin embargo en el país se comercializan luminarias de tubos fluorescentes con el factor de potencia corregido que sería una mejor opción para edificios públicos o comerciales en donde no hay mayor restricción en cuanto al tamaño de las luminarias.

El gobierno nacional ha anunciado una posible campaña para reemplazar las cocinas de gas, comunes en nuestro medio, por cocinas de inducción. Estas cargas son de alta potencia si se comparan con las CFL o los otros equipos mencionados, y de no tener controlado el factor de potencia y los armónicos que introduzcan en la alimentación representarán un mayor problema a las redes de distribución.

De las medidas tomadas es evidente que algunas de las lámparas que se comercializan en el país no cumplen con las regulaciones vigentes. Se debería controlar de mejor manera el ingreso de lámparas CFL al país para certificar que cumplen con la reglamentación vigente.

REFERENCIAS

[1] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 036:2008 .- Eficiencia Energética. Lámparas Fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y Etiquetado.” Primera Edición, Quito, Ecuador

[2] Muhammad H. Rashid, “*Electrónica de Potencia*”, Ed. Prentice Hall., Segunda Edición, 1993

[3] N.Mohan, W. Robbins, “*Power Electronics*”, John Wiley & son, 1995

[4] José A. Salazar Paredes, “*Sistema de distribución bajao un entorno no lineal*”, Anales de las XVII JIEE, EPN, 2000

[5] M.A Slonim, J.D Van Wyk, “*Power components in a system with with sinusoidal and non sinusoidal voltages and/or currents*” IEEE Proceedings, vol 135, 1988

[6] P.S. Filipski, Y. Baghzouz, M.D. Cox, “*Discussion of power definitions contained in the IEEE dictionary*”,

IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 9, No. 3, 1994

BIOGRAFÍA

Patricio Chico Hidalgo.

Ingeniero en Electrónica y Control, Escuela Politécnica Nacional, 1987
Master of Science in Electrical Engineering, University of Texas at Arlington, USA, 1994

Actualmente trabaja como Profesor Principal a tiempo completo en el Departamento de Automatización y Control Industrial en la Escuela Politécnica Nacional.

Sus áreas de interés son la Electrónica de Potencia, las conversión estática de energía eléctrica, y los sistemas microprocesados.