



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
“BANCO DE PRUEBAS PARA FILTRADO DE ARMÓNICOS EN LAS  
REDES ELÉCTRICAS”**

**AUTORES:  
JORGE LUIS VARELA VILLANUEVA  
FRANCIS JAVIER ALVARADO RAMIREZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
ING. ROY SANTANA J.**

**FEBRERO 2015**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

## **CERTIFICACIÓN**

Yo Ing. ROY SANTANA, declaro que el presente proyecto de tesis, previo a la obtención del título de ingeniero eléctrico, fue elaborado por los señores: JORGE LUIS VARELA VILLANUEVA y FRANCIS JAVIER ALVARADO RAMIREZ, bajo mi dirección y supervisión.

-----

**Ing. Roy Santana J.**

**Docente: Ing. Eléctrica**

**UPS – SEDE GUAYAQUIL**

## **RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS**

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis corresponden exclusivamente a los Autores”.

**JORGE LUIS VARELA VILLANUEVA**

**C.I. 0930123096**

**FRANCIS JAVIER ALVARADO RAMIREZ**

**C.I. 0921974325**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mediante la culminación de la tesis deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a través de las siguientes:

- A Dios, por brindarnos el don de sabiduría que nos permitió culminar nuestro proyecto final de carrera.
- Al Ing. Carlos Chávez por habernos brindado todo su apoyo, al momento de iniciar con el estudio de la tesis.
- A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana de la sede Guayaquil por haber transmitido sus conocimientos durante la carrera.
- Al Ing. Roy Santana J., tutor de tesis, por habernos guiado con sus conocimientos en el desarrollo del presente proyecto.
- A todas las personas que de una u otra manera nos brindaron su ayuda y contribuyeron en la culminación exitosa del presente proyecto.

**JORGE VARELA**

**FRANCIS ALVARADO**

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo a mis padres Eugenio Varela y Mirella Villanueva, por todo el apoyo que me brindaron durante todo mi proceso de formación, ya que su ayuda fue incondicional, además de haberme guiado para convertirme en la persona que soy en la actualidad; y a las demás personas que contribuyeron para poder cumplir una de mis metas ser profesional.

Jorge Varela

Dedico este trabajo a mis padres Ruth Ramírez y Francis Alvarado Campoverde, a mi hermana Diana Alvarado, que me apoyaron en el transcurso de mi formación. A mi esposa Nathalie Guerra por su insistencia y perseverancia, impulsándome a seguir adelante y guiándome en mi formación. A mi hija por ser el motivo de mi inspiración y esfuerzo para no dejarme vencer por los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi carrera. Gracias a todos ellos pude culminar mi carrera profesional.

Francis Alvarado

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XIII</b>
<b>CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>17</b>
1.1. Problema .....	17
1.2. Justificación.....	17
1.3. Objetivos .....	17
1.3.1. Objetivo general. ....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Método experimental de investigación .....	18
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
2.1. Introducción.....	19
2.2. Definiciones y conceptos generales.....	19
2.2.1. Calidad de energía. ....	19
2.2.2. Armónicos. ....	20
2.2.3. Factor de cresta y distorsión armónica total (THD). ....	20
2.2.4. Espectro armónico. ....	21
2.2.5. Cargas no lineales. ....	22
2.2.6. Corrección de factor de potencia. ....	22
2.2.7. Resonancia armónica. ....	23
2.2.8. Factor de calidad Q.....	24
2.2.9. Filtros pasivos sintonizados. ....	24
2.2.10. Regulación No. CONELEC – 004/01.....	25

<b>CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS</b> .....	27
3.1. Elaboración y aprobación del diseño.....	27
3.2. Construcción del banco de pruebas.....	28
3.2.1. Construcción del tablero.....	29
3.2.2. Pintado y rotulación.....	30
3.2.3. Instalación y conexión de los componentes.....	31
3.3. Descripción de los componentes del banco de pruebas.....	32
3.3.1. Tomacorriente.....	32
3.3.2. Analizador de redes trifásica.....	33
3.3.3. Barra de alimentación.....	33
3.3.4. Control.....	34
3.3.5. Elementos de protección.....	35
3.3.6. Cargas no lineales.....	36
3.3.7. Filtros de armónicos.....	38
3.4. Cálculos para el dimensionamiento de los filtros pasivos.....	40
3.4.1. Diseño de un filtros pasivos de 3º orden motor.....	42
3.4.2. Diseño de un filtros pasivos de 5º orden motor.....	46
3.4.3. Diseño de un filtros pasivos de 7º orden motor.....	50
<b>CAPÍTULO IV PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b> .....	54
4.1. Guía de prácticas.....	54
4.2. Análisis de resultados.....	56
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	63
5.1. Conclusiones.....	63
5.2. Recomendaciones.....	63
<b>ANEXOS</b> .....	64
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	217

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Forma de onda original y su componente armónico de 3°, 5° y 7°orden. ....	21
Ilustración 2. Fuente sinusoidal conectada a una carga no lineal.....	22
Ilustración 3. Esquema unifilar de un sistema resonante serie.....	23
Ilustración 4. Diseño del banco de pruebas. ....	28
Fotografía 6. Analizador de redes Lovato DMG 800.....	33
Ilustración 6. Triángulo de potencia sin compensación.....	43
Ilustración 7. Triángulo de potencia compensado.....	43
Ilustración 8. Arreglo del filtro pasivo de 3° orden motor. ....	46
Ilustración 9. Arreglo del filtro pasivo de 5° orden motor.....	49
Ilustración 10. Arreglo del filtro pasivo de 7° orden motor.....	53
Ilustración 11. Gráfica del comportamiento de los armónicos medidos de los dimmers a..... 60Vac. ....	58
Ilustración 12. Gráfica del comportamiento del filtrado de los dimmers a 60Vac.....	58
Ilustración 13. Gráfico del comportamiento de los armónicos de un motor a 30Hz.....	60
Ilustración 14. Gráfico del comportamiento armónico del filtrado de 5° orden de un motor a 30Hz.....	61
Ilustración 15. Grafico del comportamiento del filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 30Hz.....	62
Ilustración 16. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 60Vac.....	117
Ilustración 17. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 60Vac.....	117
Ilustración 18. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 80Vac.....	119
Ilustración 19. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 80Vac.....	119
Ilustración 20. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 100Vac.....	121
Ilustración 21. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 100Vac.....	121
Ilustración 22. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 110Vac.....	123
Ilustración 23. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 110Vac.....	123
Ilustración 24. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz práctica No. 6.....	135
Ilustración 25. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 3° orden. ....	135
Ilustración 26. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz práctica No. 6.....	137
Ilustración 27. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz con filtrado de 3° orden. ....	137
Ilustración 28. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz.....	139
Ilustración 29. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz con filtrado de 3° orden. ....	139

Ilustración 30. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz práctica No. 6.....	141
Ilustración 31. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz con filtrado de 3° orden. ....	141
Ilustración 32. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 30Hz. ....	146
Ilustración 33. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 30Hz. ....	146
Ilustración 34. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz. ....	148
Ilustración 35. Gráfico de comportamiento de los Armónicos a 60Hz con filtrado de 5° orden a 40Hz.....	148
Ilustración 36. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz. ....	150
Ilustración 37. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 50Hz. ....	150
Ilustración 78. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz. ....	152
Ilustración 79. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 60Hz. ....	152
Ilustración 80. Valores medidos de un motor a 30Hz. ....	164
Ilustración 81. Valores medidos con filtrado de 5° orden de un motor a 30Hz. ....	164
Ilustración 82. Valores medidos con filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 30Hz. ....	164
Ilustración 83. Valores medidos de un motor a 40Hz. ....	166
Ilustración 84. Valores medidos con filtrado de 5° orden de un motor a 40Hz. ....	166
Ilustración 85. Valores medidos con filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 40Hz. ....	166

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Protocolo de pruebas de la fuente fija.....	76
Tabla 2	Protocolo de pruebas del analizador de redes DMG 800 Lovato .....	77
Tabla 3	Protocolo de pruebas de las borneras y conectores.....	79
Tabla 4	Protocolo de pruebas de cables de prueba.....	80
Tabla 5	Protocolo de pruebas del contactor K1-K2-K3-K4 .....	81
Tabla 6	Protocolo de pruebas de la estructura mecánica .....	82
Tabla 7	Protocolo de pruebas de los fusible. ....	83
Tabla 8	Protocolo de pruebas del fusible de 10 Amp.....	84
Tabla 9	Protocolo de pruebas de las luces piloto H1-H2-H3-H4-H5-H6.....	85
Tabla 10	Protocolo de pruebas del transformador de corriente .....	86
Tabla 11	Protocolo de pruebas del dimmer D1.....	87
Tabla 12	Protocolo de pruebas del dimmer D2.....	88
Tabla 13	Protocolo de pruebas del dimmer D3.....	89
Tabla 14	Protocolo de prueba de luz incandescente X1 .....	90
Tabla 15	Protocolo de pruebas de luz incandescente X2 .....	91
Tabla 16	Protocolo de pruebas de luz incandescente X3 .....	92
Tabla 17	Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 3° armónico motor R1-R2-R3.....	93
Tabla 18	Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 5° armónico motor R4-R5-R6.....	94
Tabla 19	Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 7° armónico motor R7-R8-R9.....	95
Tabla 20	Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 3° armónico luminaria R10-R11-R12.....	96
Tabla 21	Protocolo de pruebas de los inductores de filtro de 3° armónico motor L1-L2-L3 .....	97
Tabla 22	Protocolo de pruebas de inductores de filtro de 5° armónico motor L4-L5-L6.....	98
Tabla 23	Protocolo de pruebas del inductores de filtro de 7° armónico motor L7-L8-L9... ..	99
Tabla 24	Protocolo de pruebas de inductores de filtro de 3° armónico luminaria L10-L11-L12 .....	100
Tabla 25	Protocolo de pruebas del breaker 32A 3P .....	101
Tabla 26	Protocolo de pruebas del guardamotor.....	102
Tabla 27	Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 3° armónico motor C1-C2-C3.....	103
Tabla 28	Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 5° armónico motor C4-C5-C6.....	104
Tabla 29	Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 7° armónico motor C7-C8-C9.....	105
Tabla 30	Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 3° armónico luminaria C7-C8-C9 .....	106
Tabla 31	Protocolo de pruebas de variadores de frecuencia .....	107
Tabla 32	Registro de datos de los armónicos generados por dimmers – práctica 3 .....	111
Tabla 33	Registro de datos del filtrado del 3° armónico con dimmers a 60Vac – práctica 4 .....	116
Tabla 34	Registro de datos del filtrado del 3° armónico con dimmers a 80Vac – práctica 4 .....	118
Tabla 35	Registro de datos del filtrado del 3° armónico con dimmers a 100Vac – práctica 4 .....	120

Tabla 36	Registro de datos del filtrado del 3° armónico con dimmers a 110Vac – práctica 4	122
Tabla 37	Registro de distorsión armónica de 3° orden de un variador de frecuencia – práctica 5	128
Tabla 38	Registro de distorsión armónica de 5° orden de un variador de frecuencia – práctica 5	129
Tabla 39	Registro de distorsión armónica de 7° orden de un variador de frecuencia – práctica 5	130
Tabla 40	Registro de datos del filtrado de 3° orden a 30 Hz. – práctica 6	134
Tabla 41	Registro de datos del filtrado de 3° orden a 40 Hz. – práctica 6	136
Tabla 42	Registro de datos del filtrado de 3° orden a 50 Hz. – práctica 6	138
Tabla 43	Registro de datos del filtrado de 3° orden a 60Hz. – práctica 6	140
Tabla 44	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 30Hz – práctica 7	145
Tabla 45	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 40Hz – práctica 7	147
Tabla 46	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 50Hz – práctica 7	149
Tabla 47	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 60Hz – práctica 7	151
Tabla 48	Registro de datos del filtrado de 3°, 5° y 7° orden a 30Hz – práctica 8	156
Tabla 49	Registro de datos del filtrado de 3°, 5° y 7° orden a 40Hz – práctica 8	157
Tabla 50	Registro de datos del filtrado de 3°, 5° y 7° orden a 50Hz – práctica 8	158
Tabla 51	Registro de datos del filtrado de 3°, 5° y 7° orden a 60Hz – práctica 8	159
Tabla 61	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 30Hz con pérdida de fase– práctica 9	163
Tabla 62	Registro de datos del filtrado de 5° orden a 40Hz con pérdida de fase – práctica 9	165
Tabla 54	Mitigación de 3° armónico generado por dimmers a 70Vac. de trafo estrella delta – práctica 10	170
Tabla 55	Mitigación de 3° armónico generado por dimmers a 90Vac. de trafo estrella delta – práctica 10	171
Tabla 56	Mitigación de 3° armónico generado por dimmers a 100Vac. de trafo estrella delta – práctica 10	172

## **RESUMEN**

**Tema:** BANCO DE PRUEBAS PARA FILTRADO DE ARMÓNICOS EN LAS REDES ELÉCTRICAS.

**Autores:** Jorge Luis Varela V., Francis Javier Alvarado R.

**Director de Tesis:** Ing. Roy Santana.

**Palabras Claves:** Armónicos, distorsión armónica, cargas no lineales.

El presente proyecto de tesis se relaciona con el estudio de la calidad de la energía, más específicamente enfocada en el estudio de las distorsiones armónicas, las cargas no lineales y su filtrado, para lo cual se desarrolló un banco de pruebas para el filtrado de armónicos mediante filtros pasivos sintonizados, empleándose dos cargas no lineales un variador de frecuencia y un regulador de luminosidad (dimmer). Este proyecto servirá de guía para que se apliquen de manera práctica los conocimientos adquiridos en el aula, para lo cual se desarrollarán 10 propuestas/formatos para prácticas de laboratorio.

## **ABSTRACT**

**Theme: TEST BENCH FOR HARMONIC FILTER IN THE ELECTRICAL NETWORKS.**

**Authors:** Jorge Luis Varela Villanueva., Francis Javier Alvarado.

**Thesis Director:** Ing. Roy Santana.

**Keywords:** Harmonics, Harmonic Distortion.

This thesis project relates to the study of power quality, specifically focused on the study of harmonic distortion, non-linear loads and filtering, for which a test was developed for harmonic filtering by passive filters tuned, using a frequency two and dimmer (dimmer) nonlinear loads. This project will provide guidance to practically apply the knowledge acquired in the classroom to which 10 proposals / formats for laboratory practices will be developed.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad es más frecuente encontrarnos con problemas relacionados a la calidad de la energía, con el aumento de las cargas no lineales hemos llegado a presenciar uno de los problemas más comunes asociados o generados por estas como lo son los armónicos.

Estos armónicos son generados por muchos de los equipos electrónicos que se usan con mayor frecuencia, los cuales ocasionan problemas que afectan el continuo servicio de energía.

El desarrollo de este proyecto de tesis se enfocó en los siguientes parámetros:

- Se inicia el presente trabajo abordando la importancia los armónicos y como el banco de pruebas de filtrado de los mismos facilitará su estudio.
- En el segundo capítulo se aborda el marco teórico en donde se detallan los conceptos fundamentales que se emplean en el desarrollo del trabajo.
- En el tercer capítulo se realizará la descripción del diseño y construcción del banco de pruebas, detallando cada uno de los elementos que lo componen, así como los cálculos necesarios para el dimensionamiento de los filtros pasivos sintonizados.
- En el capítulo 4 se presentan los formatos de propuestas de prácticas de laboratorio, dirigidas a los estudiantes.
- Finalmente en el capítulo 5 se muestran las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. PROBLEMA**

Este proyecto tiene la finalidad de desarrollar un banco de pruebas, el cual permita analizar el comportamiento de los diferentes armónicos generados por las cargas no lineales empleadas, y posteriormente visualizar el efecto de neutralización de los mismos a través de los filtros pasivos sintonizados utilizados.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Mediante la construcción del banco de pruebas el cual estará destinado para el estudio práctico de la calidad de la energía, específicamente la problemática de los armónicos. En este trabajo se analizan cada uno de los armónicos generados por estas cargas no lineales; para posteriormente realizar los cálculos respectivos para el dimensionamiento de los filtros requeridos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Diseñar y construir un banco de pruebas, para el estudio y neutralización de armónicos inducidos.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Construir un banco de pruebas que permita analizar y estudiar los diferentes porcentajes de distorsión armónica generados por las cargas no lineales.
- Dimensionar y seleccionar los filtros a ser utilizados.
- Elaborar 10 prácticas de laboratorio para estudiar la temática planteada.

#### **1.4. MÉTODO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN**

Según (Gutiérrez, 1992), la experimentación es el método del laboratorio científico, donde los elementos manipulados y los efectos observados pueden controlarse. Este proceso de experimentación puede modificar los hechos para estudiarlos en situaciones que no se presentan en parámetros normales.

En el desarrollo de tesis se analizarán las partes más importantes de experimentación en el funcionamiento de equipos en base de la modalidad de grupo experimental y de control.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1. INTRODUCCIÓN.**

Los armónicos en las redes eléctricas están compuestos de funciones sinusoidales tanto de tensión como de corriente cuya frecuencia son múltiplos de la fundamental del sistema. El estudio de la distorsión armónica se ha convertido en la herramienta principal para el análisis de los parámetros eléctricos existentes en el sistema.

Para determinar la existencia de las distorsiones armónicas, se pueden utilizar herramientas computacionales adecuadas que permitan realizar el análisis de los diferentes porcentajes de la misma, para determinar la frecuencia de resonancia del sistema y la propagación de los armónicos por la red.

### **2.2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES.**

#### **2.2.1. Calidad de energía.**

La (IEEE 61000, 2008) define la calidad de la energía como: una característica física del suministro de electricidad, la cual debe llegar al cliente en condiciones normales y óptimas, sin que se produzcan perturbaciones, ni interrupciones en los procesos del mismo.

Por el contrario la (EPRI, 2009), define la calidad de Energía Eléctrica como: cualquier problema en la potencia el cual se manifiesta mediante la desviación de la tensión, de la corriente o de la frecuencia, de sus valores ideales que repercuta en fallas o mala operación de los equipos de un usuario.

### 2.2.2. Armónicos.

Según la (IEEE 61050, 1991) los armónicos como: un componente de orden superior a 1 de la serie de Fourier de una cantidad periódica.

Una señal sinusoidal tanto de tensión como de corriente está formada por una componente fundamental y un enésimo número de señales múltiplos de la fundamental, a las cuales se les denominara armónicos.

Es importante indicar que la frecuencia fundamental en el Ecuador es de 60 Hz.

### 2.2.3. Factor de cresta y distorsión armónica total (THD).

(Wildi, 2007) indica que existen varias formas de describir el grado de distorsión de una corriente o de un voltaje. Dos de los más utilizados son el factor cresta y la distorsión armónica total.

El factor cresta de un voltaje es igual al valor pico dividido entre el valor eficaz.

$$\mathbf{factor\ cresta} = \frac{\mathbf{voltaje\ pico}}{\mathbf{voltaje\ efectivo}} \quad (2.1)$$

El factor de cresta típico de corrientes absorbidas por cargas no lineales es mucho mayor a  $\sqrt{2}$ , alcanzados valores críticos mayores a 5. Un factor de cresta elevado conlleva a problemas muy graves en los diferentes sistemas uno de los más comunes es sobrecorrientes, lo cual repercute en el disparo de las protecciones de los equipos.

Por definición, la distorsión armónica total tanto de tensión como de corriente es igual al valor eficaz de todos los armónicos dividido entre el valor eficaz de la fundamental.

$$\mathbf{Distorsión\ armónica\ total} = \frac{I_H}{I_F} \quad (2.2)$$

#### 2.2.4. Espectro armónico.

Mediante los descrito anteriormente se pondrá en manifiesto que una función periódica queda descompuesta en una serie infinita de funciones sinusoidales que tienen diferentes frecuencias, todas ellas múltiplos de la frecuencia fundamental, tal y como se muestra en la siguiente ilustración.

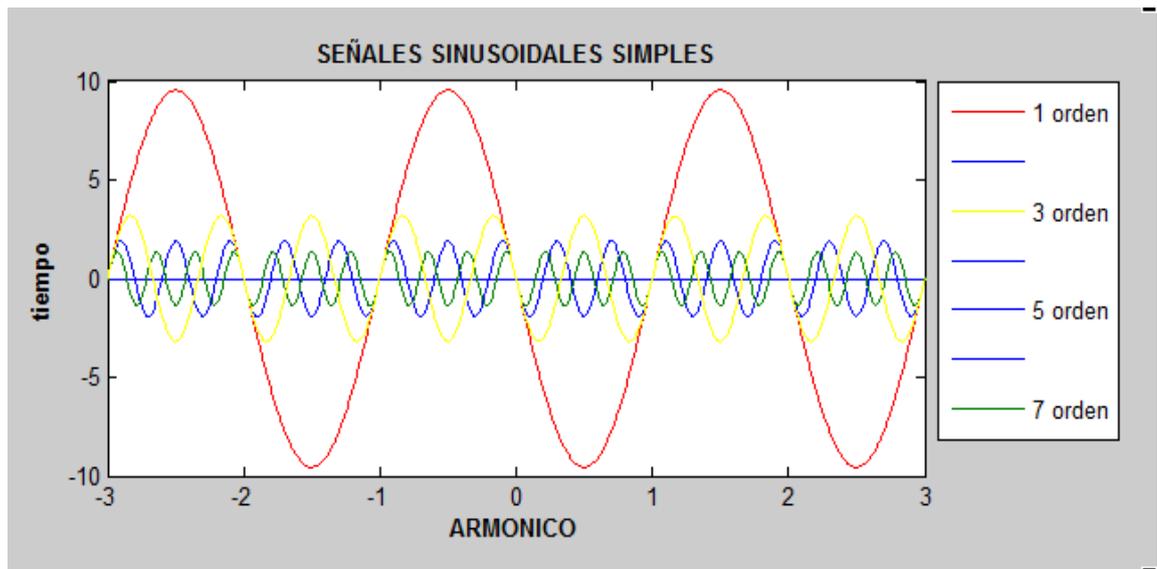


Ilustración 1. Forma de onda original y su componente armónico de 3º, 5º y 7ºorden.

Para efectuar el análisis de los porcentajes de distorsión armónica este se efectuará mediante el equipo analizador de redes, el equipo se encargará de realizar integraciones mediante la técnica de la transformada de Fourier, obteniendo como resultado la serie de coeficientes, los cuales van a ser expresados con respecto a la amplitud de la frecuencia fundamental, el cual constituye el espectro armónico de corriente de la onda medida.

### 2.2.5. Cargas no lineales.

(Wildi, 2007) mediante la ilustración No. 2 nos explica el comportamiento de una fuente de distorsión armónica la cual mediante una fuente de voltaje sinusoidal la cual se conectará a una carga no lineal, esta carga podría ser una reactancia saturable, un rectificador, entre otros. A causa de la carga no lineal, la corriente no será sinusoidal pura y esta contendrá un componente fundamental de corriente al igual que una componente armónica, lo cual se explicaría de la siguiente manera, mientras que el voltaje sinusoidal genera una componente fundamental, la carga produce las componentes armónicas, dichas corrientes armónicas fluyen en la fuente sinusoidal así como la carga.

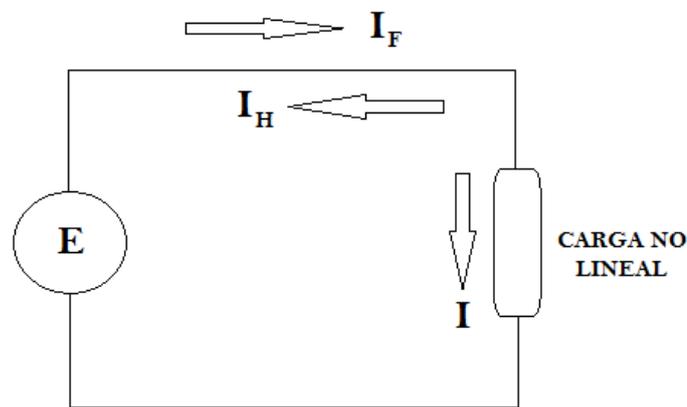


Ilustración 2. Fuente sinusoidal conectada a una carga no lineal.

### 2.2.6. Factor de potencia.

Según (Campos, 2006) el factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa usada en un sistema y la potencia aparente que se obtiene de las líneas de alimentación.

Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión y la onda de corriente, si no existiera la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad.

### 2.2.7. Resonancia armónica.

Según (Carbajal, 2007) la resonancia se produce cuando en los sistemas de distribución de energía eléctrica, las reactancias inductivas son iguales a las reactancias capacitivas, lo cual nos origina que se presente una amplificación de la respuesta del sistema en la tensión o corriente, cuando la frecuencia de la fuente de excitación es igual a la frecuencia del sistema se pueden producir dos tipos de resonancia:

- **Resonancia serie.**

Este fenómeno puede ocurrir cuando un capacitor equivalente está en serie con la reactancia equivalente del sistema, lo cual crea un camino de baja impedancia para la circulación de corrientes armónicas.

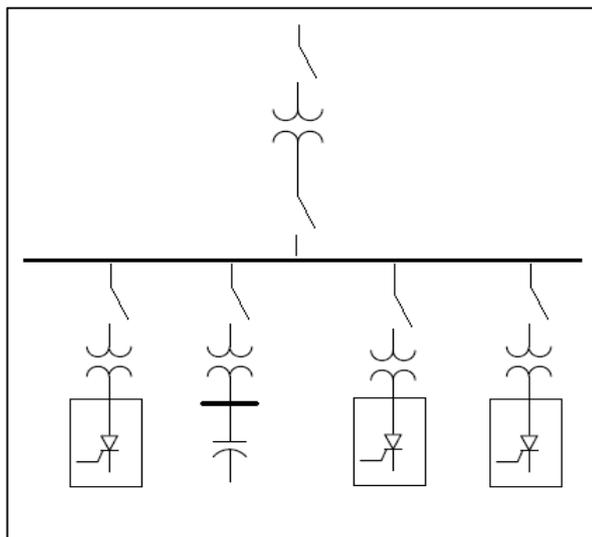


Ilustración 3. Esquema unifilar de un sistema resonante serie.

- **Resonancia paralelo.**

Este efecto se puede dar cuando el condensador equivalente está en paralelo con la reactancia equivalente del sistema, lo cual hace que la fuente vea una impedancia muy grande y tiene el efecto de producir una distorsión en la tensión y un aumento de magnitud de la corriente.

### **2.2.8. Factor de calidad Q.**

Según (Wildi, 2007) el factor Q, también denominado factor de calidad o factor de selectividad, es un parámetro que mide la relación entre la energía reactiva que almacena y la energía que disipa durante un ciclo completo de la señal.

Los sistemas resonantes responden a una frecuencia determinada, llamada frecuencia de resonancia. El rango de frecuencias a las que el sistema responde significativamente es el ancho de banda, y la frecuencia central es la frecuencia de resonancia eléctrica.

El factor de calidad de circuitos pasivos formados con resistencias bobinas y condensadores es bajo, inferior a 100, por el efecto de la resistividad del hilo de las bobinas, principalmente, ya que para valores elevados de inductancia se necesitan grandes longitudes de hilo. El uso de circuitos activos, que funcionan como multiplicadores de inductancia o capacidad puede mejorar el Q.

### **2.2.9. Filtros pasivos sintonizados.**

Según (Vásquez, 2003) define a los componentes principales del filtro pasivo como los inductores y capacitores, conectados en una configuración de circuito resonante serie, sintonizados en el orden de las frecuencias armónicas a ser eliminadas. Estos dispositivos se conectan en paralelo con la carga que me genera distorsión armónica. Este circuito paralelo absorberá las corrientes armónicas creando una impedancia muy baja a una frecuencia determinada a las cual normalmente se la denomina frecuencia de sintonía, evitando su circulación en el circuito de alimentación. Un equipo puede incluir varios dispositivos para eliminar los armónicos según el orden del armónico que quiera eliminarse.

Las funcionalidades son satisfactorias en la mayoría de los casos, pero esta tecnología permite solo una reducción parcial de las corrientes armónicas. Además, la acción se limita solo a unos pocos órdenes (típicamente: 3, 5, 7, y 11).

Adicionalmente, la corriente nominal del filtro es muy dependiente de la distorsión existente, dado que el filtro presenta una baja impedancia en su frecuencia de resonancia.

Así, la implementación de filtros pasivos requiere un análisis detallado de las características de la instalación, ósea de la carga no lineal que me esté generando dicha distorsión.

#### **2.2.10. Regulación No. CONELEC – 004/01.**

Mediante la resolución (CONELEC, 2001), se establece que: los valores eficaces de los voltajes armónicos individuales y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límites señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA  V  o  THD  (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 KV (otros puntos)	V ≤ 40 KV (trafos de distribución)
<b>Impares no múltiplos de 3</b>		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
<b>Impares múltiplos de tres</b>		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
<b>Pares</b>		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
<b>THD</b>	<b>3</b>	<b>8</b>

## **CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

### **3.1. ELABORACIÓN Y APROBACIÓN DEL DISEÑO.**

Para la elaboración del diseño del banco de pruebas en primer lugar se tomó en consideración la selección de las cargas no lineales la primera será 01 variador de frecuencias y la segunda 03 reguladores de iluminación electrónicos, las cuales serán las encargadas de suministrar los armónicos para su respectivo análisis.

Ya con las cargas ya definidas anteriormente se selecciona la alimentación trifásica necesaria para el sistema, una vez la alimentación definida se dimensiona la protección adecuada para el banco de pruebas un breaker de 30 amperios tres polos seleccionada a partir de la máxima corriente de 01 motor trifásico y las 03 luces incandescentes instaladas en el banco de pruebas.

Para poder realizar la visualización y el análisis de las cargas no lineales se seleccionó un analizador de redes, el cual nos permitan obtener los diferentes parámetros eléctricos así como los porcentajes de distorsión armónicos necesarios para el estudio del banco.

Para la mitigación de los armónicos inducidos se emplearan filtros pasivos sintonizados, los cuales serán los encargados de la reducción de la distorsión armónica generada por las cargas no líneas, es importante recalcar que los filtros estarán destinados en cuanto a su diseño para las cargas ya delimitadas.

Ya definidos los filtros pasivos y su correcto dimensionamiento se procede a realizar el control, el mando por medio de contactores para efectuar las comparaciones de porcentajes de armónicos en la red trifásica sin filtro y un análisis de la neutralización de los mismos con el respectivo filtro ingresado a la red trifásica.

Para el montaje de los componentes del banco de prueba se procede a elaborarlo en lámina de acero de 3mm de espesor, se tomó en cuenta la importancia de movilización del banco de pruebas para el proceso de formación.

Para la aprobación del diseño del banco de pruebas se pasó por una fase de experimentación en la cual se determinaron cada una de las cargas no lineales que formarían parte del banco de pruebas, las cuales deben cumplir con los fundamentos principales respecto al orden armónico, ya que con cada una de las cargas no lineales ya delimitadas se procede a la selección de los elementos de control y protección para las mismas.

Una vez definidos los elementos que formarían parte del banco de pruebas, se efectuó un diseño el cual fue sujeto de revisión, corrección y aprobación por parte de los docentes encargados.

Finalmente el diseño aprobado fue empleado para la construcción del banco de pruebas.

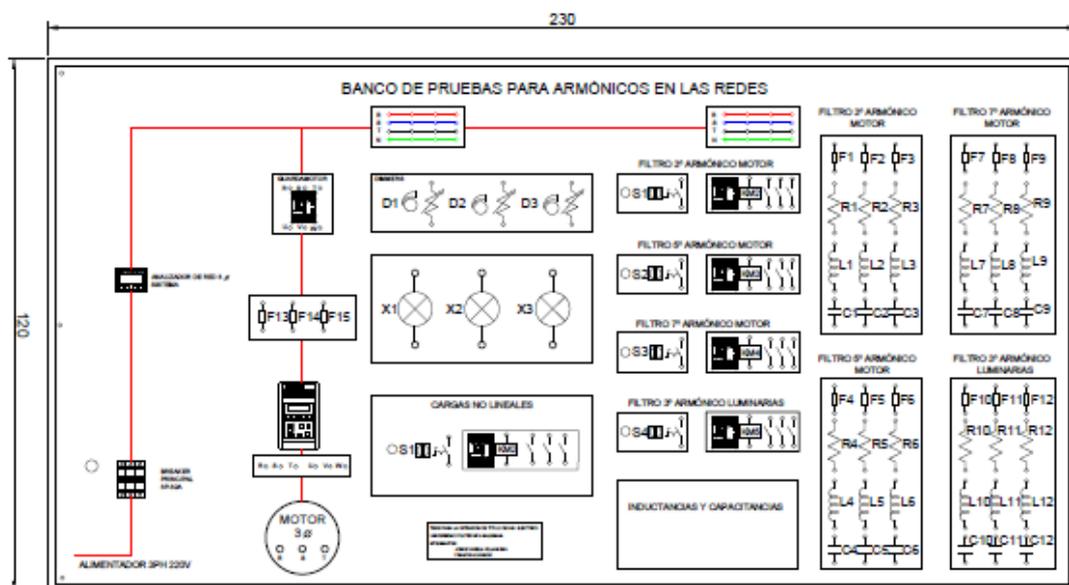


Ilustración 4. Diseño del banco de pruebas.

### 3.2. CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.

En base al diseño aprobado, descrito anteriormente se procedió a la construcción del banco de pruebas. Este período estuvo dividido en las siguientes etapas:

### 3.2.1. Construcción del tablero.

El tablero fue construido de una lámina de acero de 3 mm, permite más rigidez y evita sufrir alguna alteración al momento de ser manipulada como por ejemplo al momento de utilizar soldadura para ajustarla a la estructura metálica que previamente se realizó de acuerdo al diseño presentado.

Se toma en consideración la lámina de acero de 3 mm ya que al momento de realizar perforaciones no quedaría con imperfecciones como por ejemplo: bordes deformados que tienden a ser peligro al momento de manipular el banco de prueba.

Para la elaboración de la estructura se tomó en consideración los elementos a colocar en la lámina de acero, así soportando el peso que dichos elementos presenten y de acuerdo al diseño previamente aprobado construirlo para su correcta movilización.



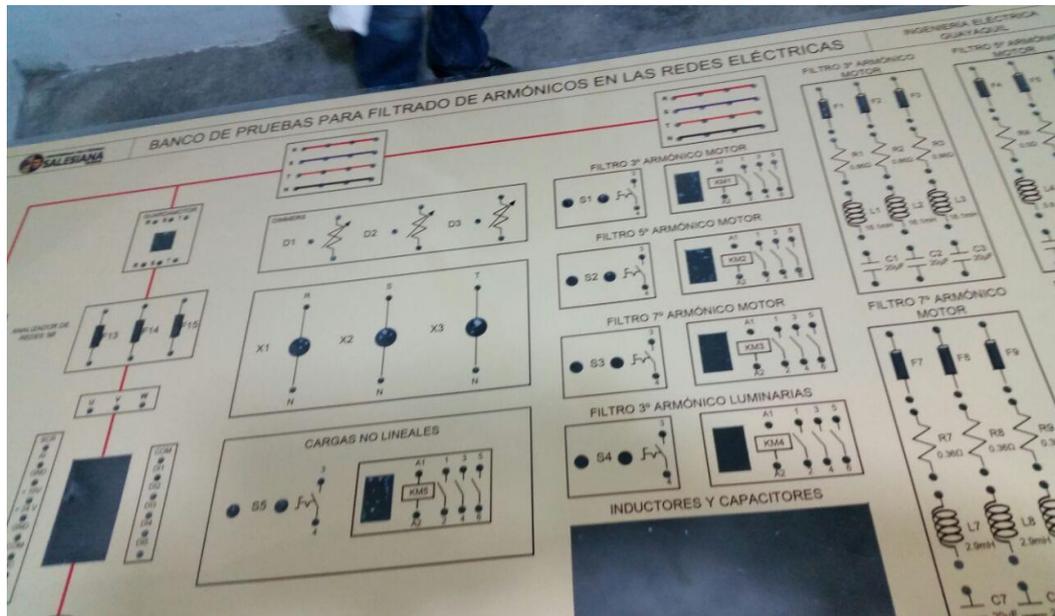
Fotografía 1. Lámina de acero perforada para la adecuación de los elementos.

### 3.2.2. Pintado y rotulación.

El proceso de pintado fue estrictamente llevado, el motivo fue encontrar el tono de color adecuada para realizar el proceso. Se realizaron varios pintados buscando la tonalidad establecida para el banco de pruebas.

En el proceso de pintado también se tomó la decisión se darle un acabado perfecto realizando el mismo proceso en la parte posterior de la lámina de acero con un color negro, así puedan resaltar los equipos y el cableado de los mismos.

Para el proceso de rotulación se consideró una herramienta que es útil para este proceso usar un vinil transparente, ya que permite conservar el color de fondo previamente pintado y adornando la lámina pintada con las simbología de los elementos a colocar.



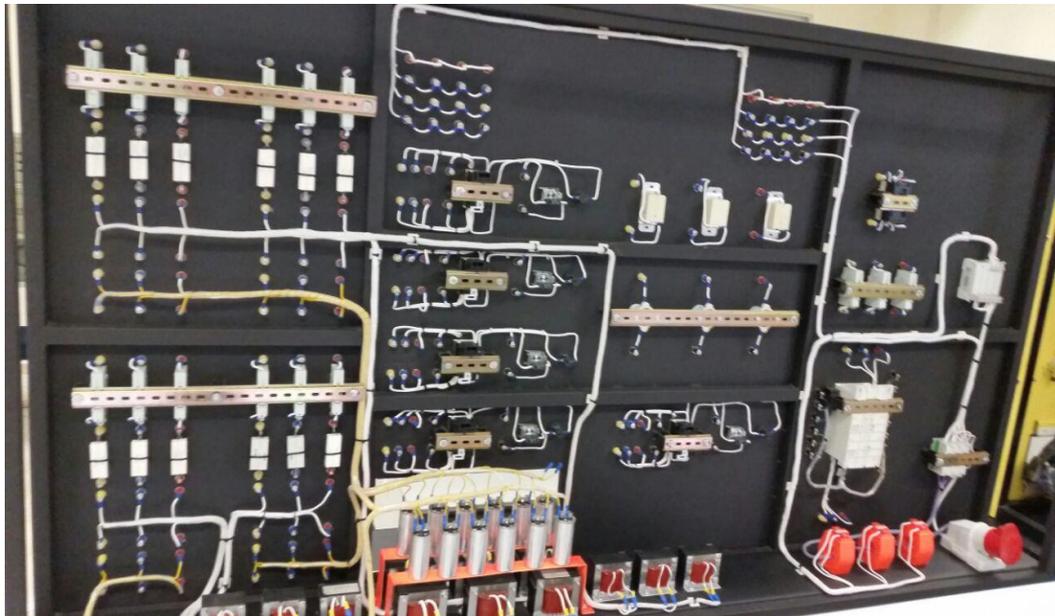
Fotografía 2. Pintado y rotulación del banco de la lámina de acero.

### 3.2.3. Instalación y conexión de los componentes.

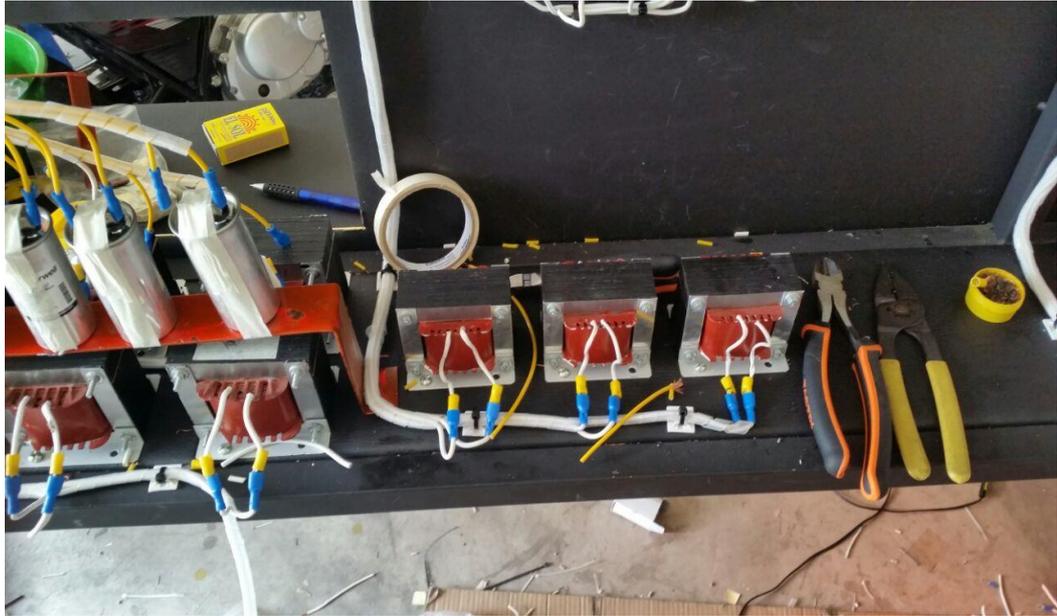
Primeramente se colocaron los elementos en la lamina de acero ya rotula y pintada, teniendo en cuenta respectivamente donde va cada elemento.

Para el soporte de los elementos que conforman el banco de pruebas se consideró unos tubos cuadrados de acero, los cuales podrían ser soldados para el soporte de cada elemento.

Para el cableado de cada elemento se procedió a diferenciar las líneas de alimentación de diferentes colores tanto para la línea R, S y T.



Fotografía 3. Conexión elementos del tablero



Fotografía 4. Cableado de los inductores

### **3.3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.**

#### **3.3.1. Tomacorriente.**

La toma de alimentación trifásica del banco de pruebas para armónicos de la redes eléctricas es uno de los componentes fundamentales del sistema, ya que este la encargada de suministrar la energía para el funcionamiento de los diferentes dispositivos utilizados en el banco de pruebas.



Fotografía 5. Toma de alimentación trifásica del banco.

### 3.3.2. Analizador de redes trifásico

Este dispositivo sirve para visualizar diferentes parámetros eléctricos (Tensión, Corriente, potencia activa, reactiva aparente, entre otras), para nuestro banco de pruebas se hizo indispensable la colocación de un instrumento que nos permita la medición de los porcentajes de distorsión armónica, así como la onda de corriente de la misma.



Fotografía 5. Analizador de redes Lovato DMG 800

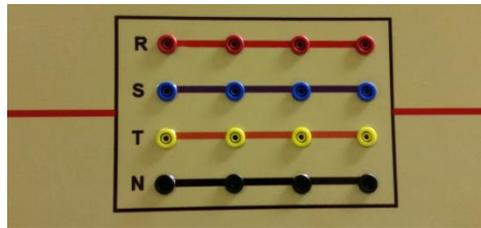


Fotografía 7. Cableado del analizador de redes

### 3.3.3. Barra de alimentación.

La alimentación trifásica es la encargada de distribuir la alimentación a todos los dispositivos del banco de pruebas. Ya que la distribución la hace por medio de borneras por seguridad se recomienda no meter en estos ningún otro objeto que los respectivos terminales de conexión, ya que si no es así podría provocar un choque eléctrico; poner mucha atención a no realizar una conexión entre dos líneas de

diferente potencial líneas R-S-T ocasionaría daños a la red trifásica. Todas las borneras tienen continuidad y están listas para hacer utilizadas.



Fotografía 8. Alimentación trifásica

### 3.3.4. Control.

Elementos eléctricos de señalización, todas las luces piloto funcionan a una alimentación de 220 VAC, los cuales se utilizan para indicar cuando el contactor de cada filtro es alimentado.

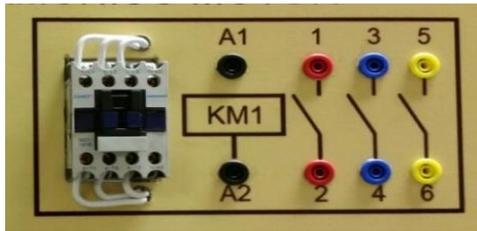


Fotografía 9. Luces pilotos

- **Contactores.**

El control de los filtros armónicos se realiza por medio de contactores, los cuales estarán comandados a través de selectores estos se encargan de permitir o cortar la alimentación a la bobina de dicho elemento.

El contactor es un elemento electromecánico de control, cuando se energiza la bobina se cierran o se abren sus contactos dependiendo del caso. Consta de contactos de fuerza y auxiliares.



Fotografía 10. Contactor a 220Vac.

El cableado del contactor se realizara con cable calibre #14 AWG ya que admite la corriente máxima que va a circular por sus contactos.



Fotografía 11. Cableado del contactor.

### 3.3.5. Elementos de protección.

- **GUARDAMOTOR**

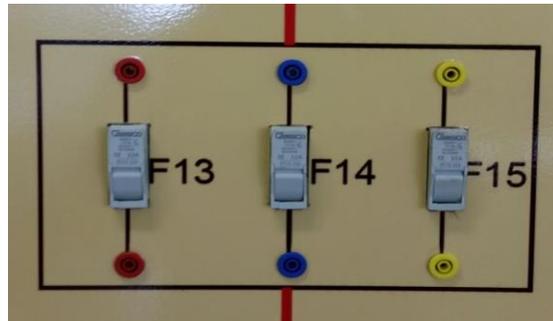
Este elemento sirve para la protección magneto-térmica de un motor trifásico de 3Hp el cual se encuentra ubicado para las prácticas respectivas del banco de pruebas.



Fotografía 12. Guardamotor

- **Portafusibles para fusibles tipo cilindro**

Los fusibles son elementos de protección utilizados para la protección de los diferentes dispositivos contra sobre corrientes, los fusibles empleados son de cerámica de tipo cilindro.



Fotografía13. Portafusiles para fusibles tipo cilindro

### 3.3.6. Cargas no lineales.

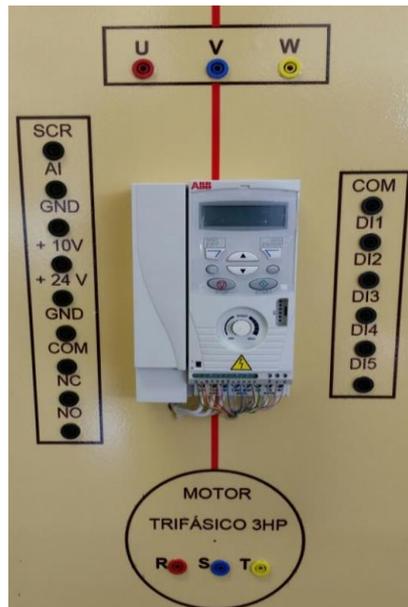
Está compuesta por dos cargas la primera es un variador de frecuencia que controla a un motor trifásico, dicha carga es la encargada de inyectar armónicos de tercer, quinto y séptimo orden. Como siguiente carga tenemos 3 dimmers que están conectados a tres luminarias incandescentes y son las responsables de generar armónicos de tercer orden.

Esta carga no lineal está compuesta por los siguientes elementos:

- **Variador de frecuencia**

El variador de velocidad es un equipo capaz de modificar su frecuencia de salida y de esta manera poder variar la velocidad de un motor, es un equipo muy usado a nivel industrial y consecuentemente es un gran aportador de distorsión armónica en las redes eléctricas, esta carga permite inyectar armónicos de diferente orden y poder variar en función de la frecuencia o la velocidad del motor trifásico.

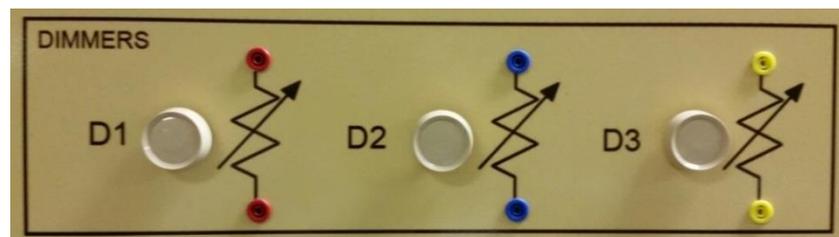
Lo cual permite observar cual es el efecto de una carga no lineal y los diferentes porcentajes de armónicos que estos generan.



Fotografía 14. Variador de frecuencia

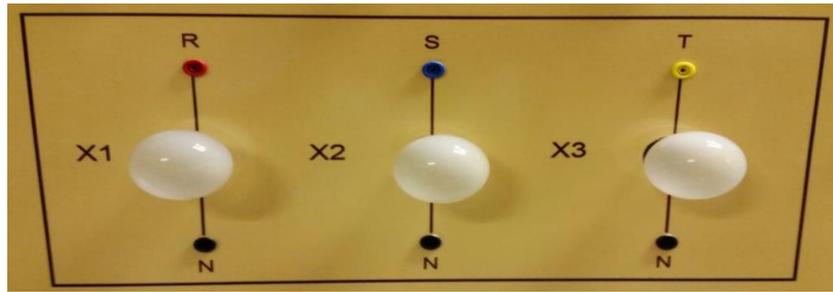
- **Dimmer**

El Dimmer es un elemento eléctrico que sirve para regular la energía en uno o varios focos, con el propósito de variar la luminosidad que estos emiten. Para motivo de tesis se utilizó este tipo de control el cual tiene la particularidad de generar gran porcentaje de distorsión de 3° orden y permite variar según su luminosidad.



Fotografía 15. Dimmers.

Las luminarias incandescentes es el elemento que va a ser controlado mediante los dimmer, aunque cabe recalcar que el que verdaderamente es el responsable de inyectar los armónicos del 3° orden a la red son los dimmer.



Fotografía 15. Luces incandescentes

### 3.3.7. Filtros de armónicos.

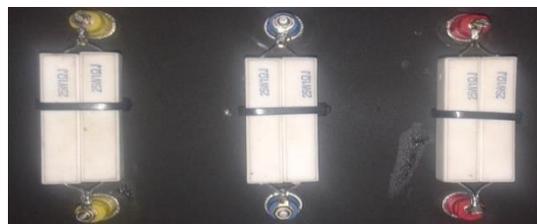
- **Filtros pasivos sintonizados.**

El banco de pruebas está compuesto de cuatro filtros pasivos, tres están destinados para la mitigación de la corriente armónica de tercer, quinto y séptimo orden generada por el variador de frecuencia, adicionalmente se contara con un filtro de tercer orden para la corrección del tercer armónicos inducido por el dimmer que comanda a las luminarias incandescentes.

Los filtros diseñados constan de los siguientes elementos:

- **Resistencias**

La resistencia eléctrica es la oposición de la corriente al paso por un circuito eléctrico, las resistencias utilizadas para nuestro tablero son de tipo cerámica, los terminales como se aprecian en la parte inferior no se encuentran aislados así que es de suma importancia mantenerse alejado de sus terminales en la parte inferior.



Fotografía16. Resistencias tipo cerámica.

- **Inductores**

El inductor es un elemento pasivo que a través del fenómeno de autoinducción almacena energía en forma de campo magnético, es de suma importancia no manipular los terminales cuando este esté energizado ya que existe el riesgo de choque eléctrico. Los inductores fueron diseñados por la compañía **Celeco Tech**.



Fotografía 17. Inductores instalados en el banco de pruebas

- **Capacitores**

El capacitor es un dispositivo pasivo capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico, ya que en este equipo almacena energía y se descarga después de unos minutos es fundamental no manipular sus contactos.



Fotografía 18. Capacitores de marcha.

A continuación se presenta el banco de prueba con sus respectivos elementos.



Fotografía 19. Banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas

Se montaron cuatro filtros de armónicos, con la finalidad de neutralizar los originados por las cargas no lineales. El dimensionamiento de los mismos se puede apreciar en el punto 3.4.

### 3.4. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS FILTROS PASIVOS.

Un filtro pasivo como ya se mencionó con anterioridad es un elemento el cual presenta una impedancia baja ante una corriente de frecuencia determinada, esto significa que los elementos del filtro entran en resonancia serie, ocasionando la circulación de esta corriente.

En primera instancia se deberá diseñar un banco de capacitores el cual aporte un valor determinado de compensación reactiva a la carga, para que de esta manera a partir de un valor del banco de capacitores obtener el valor del reactor del filtro:

$$X_{CAP} = \frac{KV^2}{MVAR_{CAP}} \quad (3.1)$$

Donde:

$X_{CAP}$  = Reactancia capacitiva.

V = Voltaje nominal del sistema.

$VAR_{CAP}$  = La compensación reactiva del banco de capacitores expresada en VAR.

La reactancia capacitiva es un cálculo necesario para saber el valor de la reactancia inductiva la cual está dado en ohmios y se define por la siguiente formula.

$$X_{IND} = \frac{X_{CAP}}{h_s^2} \quad (3.2)$$

Donde:

$X_{IND}$  = Reactancia inductiva.

$X_{CAP}$  = Reactancia capacitiva.

$h_s$  = Armónico de sintonía.

El armónico de sintonía es el orden del armónico a la cual el filtro se desea sintonizar para realizar el filtrado, la frecuencia armónica según la norma IEEE 1531 2008[8], establece que este se deberá sintonizar a un valor de 6% menos del valor para evitar las resonancias típicas del sistema y que este pueda generar problemas posteriormente.

El resistor se utilizara en serie al filtrado el cual tendrá la función de evitar el sobrecalentamiento del filtro, en muchas ocasiones la resistencia es la propia del inductor por lo que no es necesario una resistencia adicional.

$$R = \frac{X_{CAP}(h_s)}{Q_f} \quad (3.3)$$

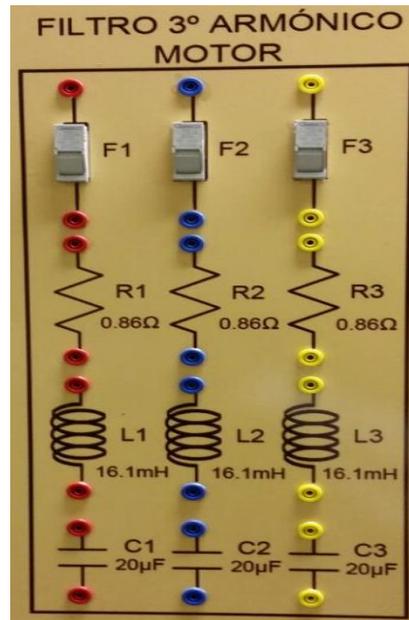
Donde:

$Q_f$ =Factor de calidad.

El factor de calidad se determina por el valor de resistencia del filtro y determina la nitidez a la que el filtro esta sintonizado. Este valor está entre 20 y 30.

Un filtro pasivo sintonizado es utilizado para eliminar en forma individual las armónicas más del orden del 3°, 5° y 7° de armónicos. Por el contrario se emplea el uso de filtro pasa altas para eliminar un rango de armónicas las cuales tienen un valor pequeño de corriente, usualmente se emplean para eliminar de la armónicas 11° en adelante.

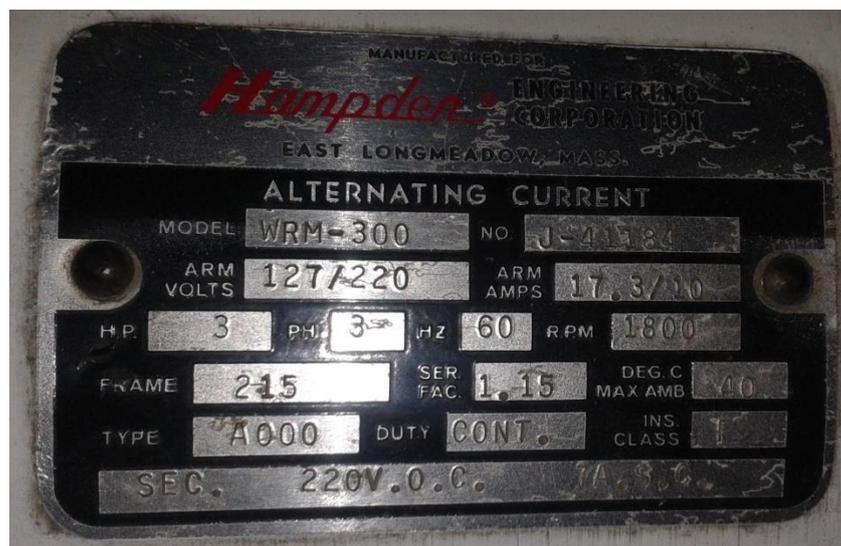
### 3.4.1. Diseño de un filtros pasivos de 3° orden motor.



Fotografía 19. Elementos del filtro pasivo de 3° orden.

El primer paso para el dimensionamiento de un filtro pasivo es el cálculo de la compensación reactiva o el banco de capacitores necesarios el cual se hará de la siguiente manera:

- Carga no lineal empleada



Fotografía 20. Datos de placa motor trifásico.

Tipo: Motor trifásico

Corriente: 10Amp.

Tensión: 120Vac

Potencia activa: 2786W

Potencia reactiva: 1725Var

Factor de potencia: 0.85

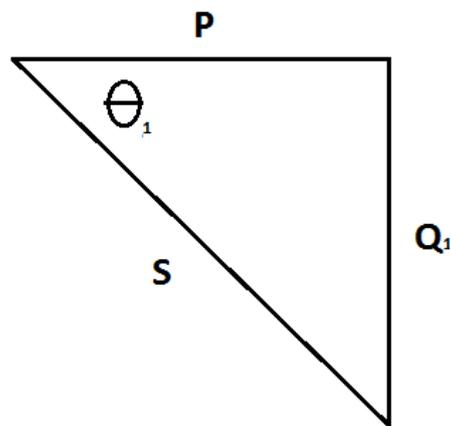


Ilustración 6. Triángulo de potencia sin compensación.

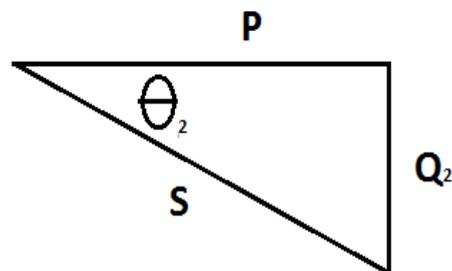


Ilustración 7. Triángulo de potencia compensado.

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}fp1$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}0.85$$

$$\theta_1 = 31.78$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}fp2$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}0.98$$

$$\theta_2 = 11.47$$

$$Q_2 = \sqrt{3}(220)(10)\text{Sen}11.47$$

$$\theta_2 = 651.6$$

$$Q_c = 1725 - 651.6$$

$$\theta_c = 1073.3\text{Var}$$

**Armónico de sintonía:** 2.82 (armónico de 3° orden) -6% de la frecuencia armónica de acuerdo con la norma IEEE 1531 2003[3].

**Tensión de línea:** 220Vac

**Banco de capacitores:** 1Kvar

**Factor de calidad:**  $20 < Q < 30$

$$X_c = \frac{V^2}{VAR} = \frac{220^2}{1000} = 48.4\Omega$$

$$X_L = \frac{X_{CAP}}{h_s^2} = \frac{48.4\Omega}{2.82^2} = 6.086\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi(60)48.4} = 54.8\mu f$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{6.086\Omega}{2(\pi)(60)} = 16.14mH$$

$$R = \frac{X_L(h_s)}{Q} = \frac{6.086(2.82)}{20} = 0.86\Omega$$

Corriente del banco de capacitores.

$$I_c = \frac{VAR_c}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1000}{\sqrt{3}(220)} = 2.62 \text{ Amp}$$

Corriente en el filtro pasivo de 3° orden

$$I_{f3} = \frac{VAR_f}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1143}{\sqrt{3}(220)} = 2.99 \text{ Amp}$$

Corriente fundamental del filtro pasivo de 3° orden

$$I_f = \frac{V}{\sqrt{3}(X_{CAP} - X_{IND})} = \frac{220}{\sqrt{3}(48.4 - 6.08)} = 3 \text{ Amp}$$

Valores de corriente armónica respecto a la fundamental, el porcentaje máximo de corriente en nuestras pruebas fue del 85%

$$I_3 = 85\%I_f = 2.55 \text{ Amp}$$

La corriente RMS del filtro:

$$I_{RMS} = \sqrt{I_3^2 + I_{f3}^2} = \sqrt{2.55^2 + 2.99^2} = 3.92 \text{ Amp}$$

La corriente pico es el máximo valor de corriente que puede circular por este filtro pasivo de 3° orden:

$$I_{pico} = I_3 + I_{f3} = 2.55 + 2.99 = 5.54 \text{ Amp}$$

Valor de voltaje en el banco de capacitores:

$$V_c = \sqrt{3}I_{f3}X_C = \sqrt{3}(2.99)(48.4) = 250.65V$$

Valor de tensión armónico de 3° orden

$$V_{c3} = \sqrt{3}I_{f3} \frac{X_C}{3} = \sqrt{3}(2.99) \frac{48.4}{3} = 83.83V$$

La tensión RMS del banco de capacitores será:

$$V_{C_{RMS}} = \sqrt{V_c^2 + V_{c3}^2} = \sqrt{250.65^2 + 83.83^2} = 264.29$$

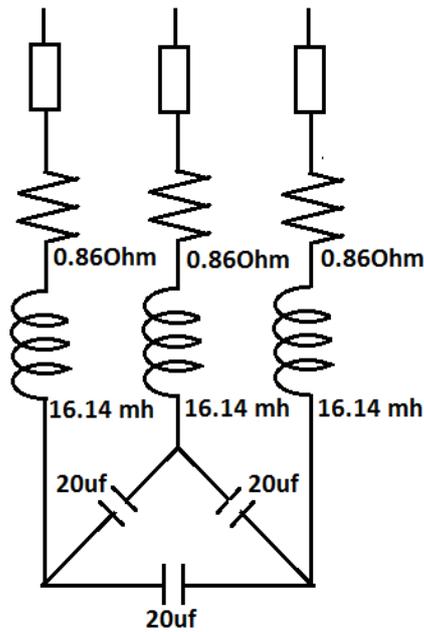
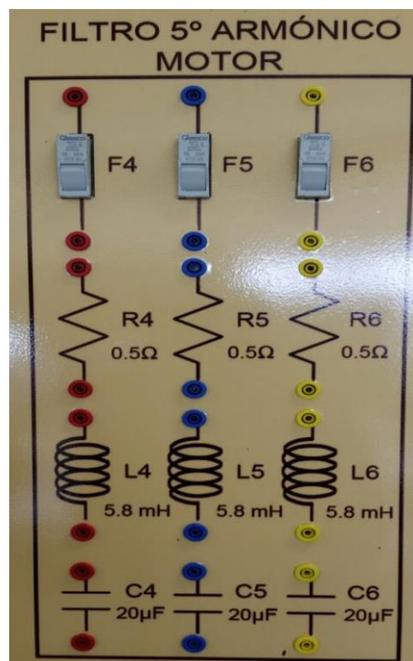


Ilustración 8. Arreglo del filtro pasivo de 3° orden motor.

### 3.4.2. Diseño de un filtros pasivos de 5° orden motor.



Fotografía 21. Elementos del filtro pasivo de 5° orden.

El primer paso para el dimensionamiento de un filtro pasivo de 5 orden es el cálculo de la compensación reactiva o el banco de capacitores, ya que las carga para los filtros de 3°, 5° y 7° es la misma, será la misma compensación reactiva para los tres filtrados

- Carga no lineal empleada

Tipo: Motor trifásico

Corriente: 10Amp.

Tensión: 120Vac

Potencia activa: 2786W

Potencia reactiva: 1725Var

Factor de potencia: 0.85

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}fp1$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}0.85$$

$$\theta_1 = 31.78$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}fp2$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}0.98$$

$$\theta_2 = 11.47$$

$$Q_2 = \sqrt{3}(220)(10)\text{Sen}11.47$$

$$\theta_2 = 651.6$$

$$Q_c = 1725 - 651.6$$

$$\theta_c = 1073.3\text{Var}$$

**Armónico de sintonía:** 4.7 (armónico de 5º orden) -6% de la frecuencia armónica de acuerdo con la norma IEEE 1531 2003[3].

**Tensión de línea:** 220Vac

**Banco de capacitores:** 1Kvar

**Factor de calidad:**  $20 < Q < 30$

$$X_C = \frac{V^2}{VAR} = \frac{220^2}{1000} = 48.4\Omega$$

$$X_L = \frac{X_C}{h_s^2} = \frac{48.4\Omega}{4.7^2} = 2.19\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2\pi(60)48.4} = 54.8\mu f$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{2.19\Omega}{2(\pi)(60)} = 5.8mH$$

$$R = \frac{X_L(h_s)}{Q} = \frac{2.19(4.7)}{20} = 0.5\Omega$$

Corriente del banco de capacitores.

$$I_C = \frac{VAR_C}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1000}{\sqrt{3}(220)} = 2.62 \text{ Amp}$$

Corriente en el filtro pasivo de 5° orden

$$I_{f5} = \frac{VAR_f}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1047}{\sqrt{3}(220)} = 2.74 \text{ Amp}$$

Corriente fundamental del filtro pasivo de 5° orden

$$I_f = \frac{V}{\sqrt{3}(X_C - X_L)} = \frac{220}{\sqrt{3}(48.4 - 2.19)} = 2.74 \text{ Amp}$$

Valores de corriente armónica respecto a la fundamental, el porcentaje máximo de corriente en nuestras pruebas fue del 85%

$$I_5 = 90\%I_f = 2.47 \text{ Amp}$$

La corriente RMS del filtro:

$$I_{RMS} = \sqrt{I_5^2 + I_{f5}^2} = \sqrt{2.47^2 + 2.74^2} = 3.69 \text{ Amp}$$

La corriente pico es el máximo valor de corriente que puede circular por este filtro pasivo de 5° orden:

$$I_{\text{pico}} = I_5 + I_{f5} = 2.47 + 2.74 = 5.21 \text{ Amp}$$

Valor de voltaje en el banco de capacitores:

$$V_c = \sqrt{3} I_{f5} X_C = \sqrt{3}(2.74)(48.4) = 229.69V$$

Valor de tensión armónico de 5° orden

$$V_{c5} = \sqrt{3} I_{f5} \frac{X_C}{5} = \sqrt{3}(2.74) \frac{48.4}{5} = 45.93V$$

La tensión RMS del banco de capacitores será:

$$V_{CAP \text{ RMS}} = \sqrt{V_C^2 + V_{C5}^2} = \sqrt{229.69^2 + 45.93^2} = 234.23$$

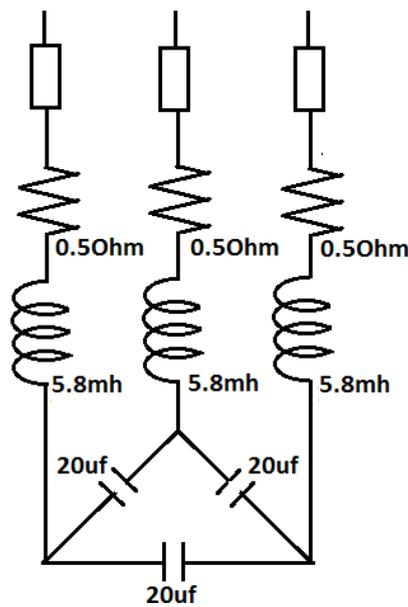
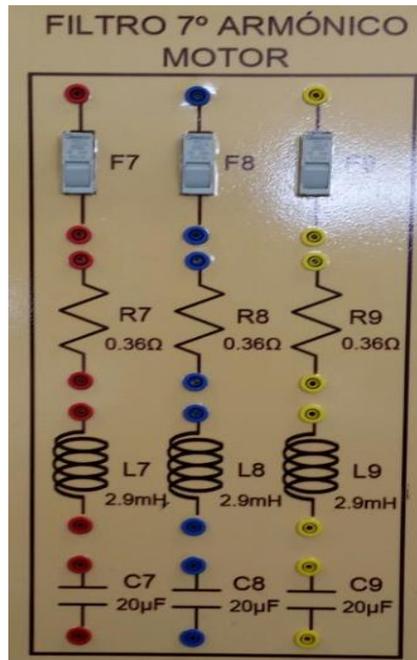


Ilustración 9. Arreglo del filtro pasivo de 5° orden motor.

### 3.4.3. Diseño de un filtros pasivos de 7° orden motor.



Fotografía 22. Elementos del filtro pasivo de 7° orden.

El primer paso para el dimensionamiento de un filtro pasivo de 7 orden es el cálculo de la compensación reactiva o el banco de capacitores, ya que las carga para los filtros de 3°, 5° y 7° es la misma, será la misma compensación reactiva para los tres filtrados

- Carga no lineal empleada

Tipo: Motor trifásico

Corriente: 10Amp.

Tensión: 120Vac

Potencia activa: 2786W

Potencia reactiva: 1725Var

Factor de potencia: 0.85

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}fp1$$

$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1}0.85$$

$$\theta_1 = 31.78$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}fp2$$

$$\theta_2 = \text{Cos}^{-1}0.98$$

$$\theta_2 = 11.47$$

$$Q_2 = \sqrt{3}(220)(10)\text{Sen}11.47$$

$$\theta_2 = 651.6$$

$$Q_c = 1725 - 651.6$$

$$\theta_c = 1073.3\text{Var}$$

**Armónico de sintonía:** 6.58 (armónico de 7° orden) -6% de la frecuencia armónica de acuerdo con la norma IEEE 1531 2003[3].

**Tensión de línea:** 220Vac

**Banco de capacitores:** 1Kvar

**Factor de calidad:** 20<Q<30

$$X_c = \frac{V^2}{VAR} = \frac{220^2}{1000} = 48.4\Omega$$

$$X_L = \frac{X_c}{h_s^2} = \frac{48.4\Omega}{6.58^2} = 1.118\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = \frac{1}{2\pi(60)48.4} = 54.8\mu f$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{1.118\Omega}{2(\pi)(60)} = 2.96mH$$

$$R = \frac{X_L(h_s)}{Q} = \frac{1.118(6.58)}{20} = 0.36\Omega$$

Corriente del banco de capacitores.

$$I_c = \frac{VAR_c}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1000}{\sqrt{3}(220)} = 2.62 \text{ Amp}$$

Corriente en el filtro pasivo de 7° orden

$$I_{f7} = \frac{VAR_f}{\sqrt{3}(220)} = \frac{1023}{\sqrt{3}(220)} = 2.69 \text{ Amp}$$

Corriente fundamental del filtro pasivo de 7° orden

$$I_f = \frac{V}{\sqrt{3}(X_C - X_L)} = \frac{220}{\sqrt{3}(48.4 - 1.118)} = 2.68 \text{ Amp}$$

Valores de corriente armónica respecto a la fundamental, el porcentaje máximo de corriente en nuestras pruebas fue del 90%

$$I_7 = 90\%I_f = 2.41 \text{ Amp}$$

La corriente RMS del filtro:

$$I_{RMS} = \sqrt{I_7^2 + I_{f7}^2} = \sqrt{2.41^2 + 2.69^2} = 3.61 \text{ Amp}$$

La corriente pico es el máximo valor de corriente que puede circular por este filtro pasivo de 7° orden:

$$I_{pico} = I_7 + I_{f7} = 2.41 + 2.69 = 5.1 \text{ Amp}$$

Valor de voltaje en el banco de capacitores:

$$V_c = \sqrt{3}I_{f7}X_C = \sqrt{3}(2.69)(48.4) = 225.5V$$

Valor de tensión armónico de 7° orden

$$V_{c7} = \sqrt{3}I_{f7} \frac{X_C}{7} = \sqrt{3}(2.69) \frac{48.4}{7} = 32.21V$$

La tensión RMS del banco de capacitores será:

$$V_{C\ RMS} = \sqrt{V_C^2 + V_{C7}^2} = \sqrt{225.5^2 + 32.21^2} = 227.78$$

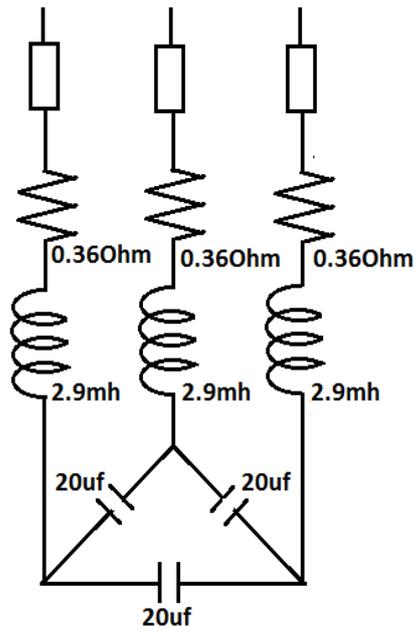


Ilustración 10. Arreglo del filtro pasivo de 7º orden motor.

## **CAPÍTULO IV PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.**

### **4.1. GUÍA DE PRÁCTICAS**

Se elaboran 10 guías de prácticas de laboratorio, las cuales se explican a continuación:

**PRÁCTICA 1:** Mantenimiento y seguridad del módulo de pruebas.

Esta práctica está orientada a la elaboración de las normas de seguridad que se deben tener presentes en las prácticas de laboratorio al emplear el banco de pruebas, como por ejemplo: Emplear las protecciones necesarias para los elementos del banco de pruebas con miras a proteger la integridad de los estudiantes y los elementos de mayor sensibilidad.

En el anexo A se muestran mencionadas normas.

**PRÁCTICA 2:** Comprobación de funcionamiento de elementos.

La practica No. 2 tiene como propósito probar el correcto y adecuado funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el banco de pruebas. Para lo cual se han elaborado unos protocolos que permitirán verificar la operatividad de estos elementos (Ver anexo B).

**PRÁCTICA 3:** Armónicos generados por reguladores de iluminación electrónicos.

El propósito de esta práctica, es generar armónicos del tercer orden por medio de la conexión de cargas no lineales, como son los dimmer.

Estos armónicos originados son medidos a través del analizador de redes el DMG 800 LOVATO. Mediante este elemento se puede visualizar el comportamiento de los parámetros eléctricos del sistema, al momento de conectarse este tipo de cargas.

**PRÁCTICA 4:** Empleo de filtros pasivos para 3° armónico en reguladores de iluminación electrónicos.

Esta práctica se diseña con la finalidad del visualizar y experimentar de manera práctica los porcentajes de mitigación al emplear filtros pasivos los cuales se sintonizados al tercer orden, ademas de reconocer los elementos que conforman un filtro pasivo y analizar su principio de funcionamiento.

**PRÁCTICA 5:** Porcentajes de distorsión armónica generados por carga trifásica.

El análisis de los porcentajes de distorsión armónicas generados por un variador de frecuencia es el objetivo principal de la practica 5, comprender como una carga no lineal afecta de manera directa a los armoncos inducidos en las redes eléctricas e identificar los esquemas de diseño y funcionamiento del banco de pruebas.

**PRÁCTICA 6:** Empleo de filtros de 3° orden para corrección de armónicos en carga trifásica.

Esta práctica tiene como finalidad la de analizar el efecto del uso de un filtro pasivo de tercer orden, en la mitigación de las corrientes armónicas que que mi carga no lineal me esta induciendo a la red eléctrica.

**PRÁCTICA 7:** Empleo de filtros de 5° orden para filtrado de armónicos en carga trifásica.

Analizar que efecto conlleva el ingreso de un filtro pasivo de quinto orden es el objetivo principal de la práctica, ademas de estudiar el comportamiento de una señal senoidal con y sin presencia de armonicos.

**PRÁCTICA 8:** Empleo de filtros de 3°, 5° y 7° orden para filtrado de armónicos en carga trifásica.

En esta practica se analiza la efectividad del emplear filtros dedicados para la mitigacion de los armonicos de tercero, quinto y séptimo orden y ver el grado de eficiencia de los mismos.

**PRÁCTICA 9:** Efecto de perdida de fase en filtros de 5° orden para corrección de armónicos.

Una vez analizado el funcionamiento de un filtro pasivo de quinto orden y cuales son sus porcentajes de mitigación, observaremos que efecto que conlleva la pérdida de una línea de un filto pasivo.

**PRÁCTICA 10:** Efecto de la conexión estrella-delta de un transformador con armónico de 3° orden inducido en la red.

La conexión estrella-delta que efecto tiene cuando en su sistema tiene una predominancia de armónicos de tercer orden, el objetivo de la práctica es analizar los valores obtenidos de corrientes armónicas de tercer orden, dentro y fuera del bobinado del transformador.

#### **4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

De la ejecución de las prácticas realizadas en el banco de pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Práctica No. 1: Mantenimiento y seguridad del módulo de pruebas.**

Las normas de seguridad desarrolladas aseguran que las actividades a realizarse en el mismo serán ejecutadas de una manera confiable, asegurando el correcto funcionamiento del banco de pruebas. Adicionalmente contará de un manual de mantenimiento de cada uno de los equipos que componen el banco de pruebas, los cuales se detallan en el anexo A.

- **Práctica 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.**

De las pruebas realizadas se pudo comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes del banco de pruebas. A través de un protocolo de pruebas de cada uno de los elementos que componen el banco de pruebas, para mantener los elementos en optimas condiciones.

Estos protocolos de pruebas estan detallados en el anexo A.

- **Práctica 3: Armónicos generados por reguladores de iluminación electrónicos.**

Al ejecutar la práctica No. 3, se pudo apreciar que al conectar los reguladores de iluminación (dimmers), se originaron armónicos de tercer orden, como se puede apreciar en la tabla No. IV-1.

A través de los datos obtenidos en la práctica llegamos a la conclusión que conforme se aumenta el valor del voltaje inducido por los dimmers, disminuye el armónico generado por el mismo. Por tal motivo, se evidencia que la variación de voltaje es inversamente proporcional al armónico de tercer orden inducido.

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>60VAC</b>	76%	77.5%	81.2%	83%	83.8%	87.7%
<b>80VAC</b>	60.9%	60.2%	64.2%	68.2%	65%	70.6%
<b>100VAC</b>	42%	40.5%	44.6%	51.4%	49.8%	54%
<b>110VAC</b>	30%	28%	32%	38.2%	36.4%	41.4%

Tabla 1. Valores de distorsión armónica inducidos por los reguladores de iluminación electrónicos

- **Práctica 4: Empleo de filtros pasivos para 3° armónico en reguladores de iluminación electrónicos.**

Esta práctica se realiza con el objetivo de mitigar los porcentajes de distorsión armónica inducido por los dimmers de los diferentes valores de voltaje de la práctica No. 3.

En la tabla IV-2 se muestran los valores de distorsión armónica inducido por los dimmers los cuales alcanzan valores sobre el 80%, al momento de ingresar el filtro de tercer orden dicho porcentaje de filtrado disminuye por debajo del 14%.

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>60VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>	76%	77.5%	81.2%	73.8%	90.2%	92.2%
<b>Con filtrado</b>	14.7%	12%	9%	17.5%	13%	14%

Tabla 2. Valores de distorsión armónica inducido por los dimmers a 60Vac.

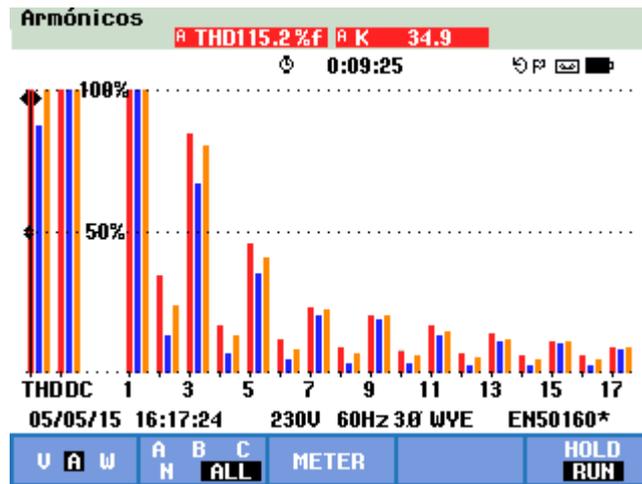


Ilustración IV- 11. Gráfica del comportamiento de los armónicos medidos de los dimmers a 60Vac.

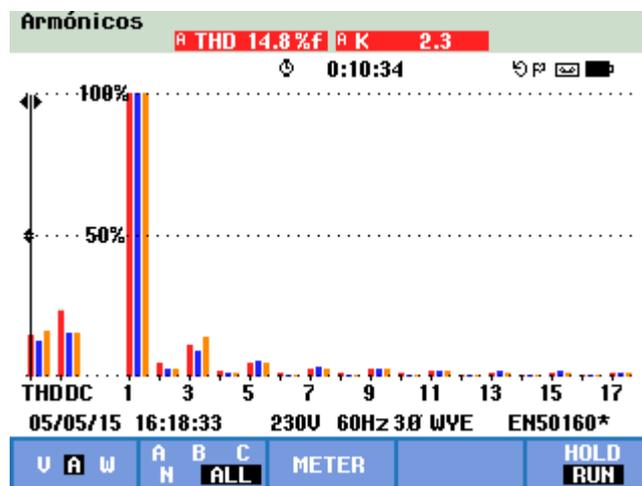


Ilustración IV- 12. Gráfica del comportamiento del filtrado de los dimmers a 60Vac.

En la ilustración IV-56 se puede visualizar los valores de armónicos inducidos por los reguladores de iluminación electrónicos, posteriormente con el ingreso el filtro pasivo sintonizado al armónico del tercer orden donde se puede apreciar la mitigación de las corrientes armónicas de la ilustración IV-57.

- **Práctica 5: Porcentajes de distorsión armónica generados por carga trifásica.**

En la práctica No. 5 se analizan los diferentes porcentajes de distorsión armónica de tercer, quinto y séptimo orden inducidos por el variador de velocidad el cual comandará a un motor trifásico de 3Hp, en las propuestas de laboratorio se extraen dichos resultados a cuatro valores de frecuencia diferentes 30, 40, 50 y 60Hz.

A continuación en la tabla IV-3 muestras los valores armónicos de quinto orden inducidos por el variador de frecuencia los cuales superan los 95%.

Los resultados totales de la practica 5 se podra tomar del anexo A.

FRECUENCIA	5° ARMONICO		
	L1	L2	L3
30 HZ	99%	77%	88%
40 HZ	95%	76%	87%
50 HZ	93%	75%	84%
60 HZ	90%	78%	89%

Tabla 3. Porcentajes de quinto armónico inducido por en variador de frecuencia

- **Práctica 6: Empleo de filtros de 3° orden para corrección de armónicos en carga trifásica.**

Para esta práctica en primer lugar se extraen los datos de los porcentajes de distorsión armónicos de tercer, quinto y séptimo orden inducidos por el variador de velocidad que controla el motor trifásico como lo muestra la tabla IV- 4, donde los valores superan los 90% de distorsión armónico posteriormente se ingresa el filtro de tercer orden obteniendo una reducción del 80% de su valor como lo muestra la tabla IV-5. En el anexo A se muestra el análisis de los resultados de la práctica del filtrado de tercer orden a 30, 40, 50 y 60Hz.

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	131	133	138	132	141	180
<b>3°</b>	68	42	41	60	42	42
<b>5°</b>	88	87	105	77	78	100
<b>7°</b>	75	85	80	67	80	74

Tabla 4. Porcentajes de armónicos obtenidos mediante el variador de frecuencia a 30 hz sin filtro.

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	12	18.1	15	13	19.8	12
<b>3°</b>	6	5.5	9.1	7	5.4	10
<b>5°</b>	5.5	11.3	8.7	6	12	8
<b>7°</b>	6	10.9	7.3	6.1	11	8

Tabla 5. Porcentajes de armónicos obtenidos de variador de frecuencia a 30 hz con filtrado.

- **Práctica 7: Empleo de filtros de 5° orden para filtrado de armónicos en carga trifásica.**

La práctica No. 7 se enfoca en analizar efecto que tiene el ingreso de un filtro pasivo de quinto orden en una carga no lineal que para este caso será el variador de frecuencia el cual controla un motor trifásico de 3 Hp. En la ilustración 29 se observan todos los valores de distorsión armónico inducidos por la carga no lineal que superan los 95%, mientras que en la ilustracion 30 se logra evidenciar los valores de mitigacion al momento de ingresar el filtro pasivo de quinto orden.

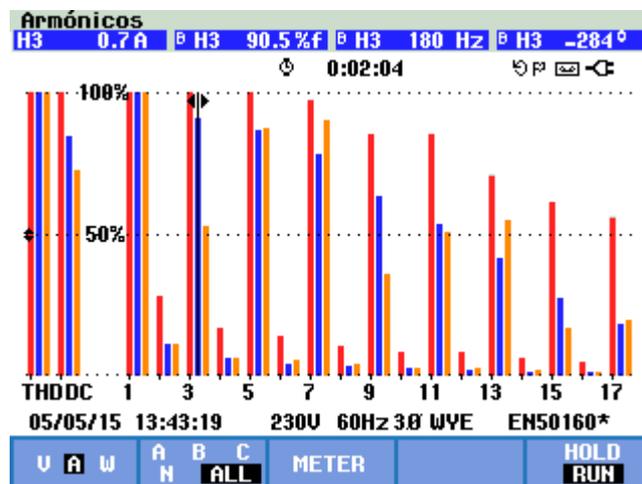


Ilustración 13. Grafico del comportamiento de los armónicos de un motor a 30Hz.

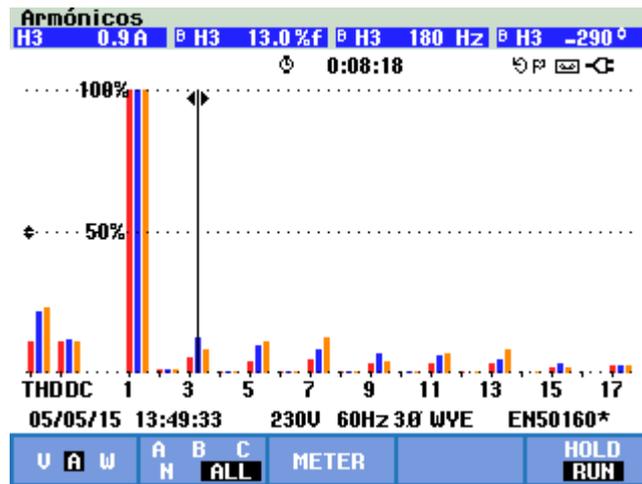


Ilustración 14. Gráfico del comportamiento armónico del filtrado de 5° orden de un motor a 30Hz.

- **Práctica 8: Empleo de filtros de 3°, 5° y 7° orden para filtrado de armónicos en carga trifásica.**

Con el empleo de los filtros pasivos sintonizados de tercer, quinto, séptimo orden armónico generado por el variador de frecuencia, se logra una reducción de los porcentajes de armónicos con la combinación de los mismos, se obtienen resultados de filtrado de mayor eficiencia con respecto al empleo de filtros individuales con una reducción del 5% de su valor con filtrado. En las tablas IV-5 y IV-6 se hace una comparativa de los valores con y sin filtrado.

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	160	148	210	160	136	193
<b>3°</b>	85	48	69	84	47	44
<b>5°</b>	89	83	60	85	76	67
<b>7°</b>	74	85	92	72	77	57

Tabla 5: Variador de frecuencia a 30 hz sin filtro.

VALORES CON FILTRADO 3°, 5 y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	8	15	16	13	14	14
<b>3°</b>	6.2	5	9	7	5.1	5.1
<b>5°</b>	5.7	9	8.1	6	7	4
<b>7°</b>	6	6.9	4.6	5.8	10	6

Tabla 6: Variador de frecuencia a 60 hz con filtrado.

- **Práctica 9: Efecto de pérdida de fase en filtros de 5° orden para corrección de armónicos.**

Con el desarrollo desarrollo de la practica 9 en la que se realiza la simulacion de la perdida de una fase del filtrado del quinto armónico se logran evidenciar en la ilustracion 31 como se pierde el filtrado de la línea la cual sufre la desconexion.

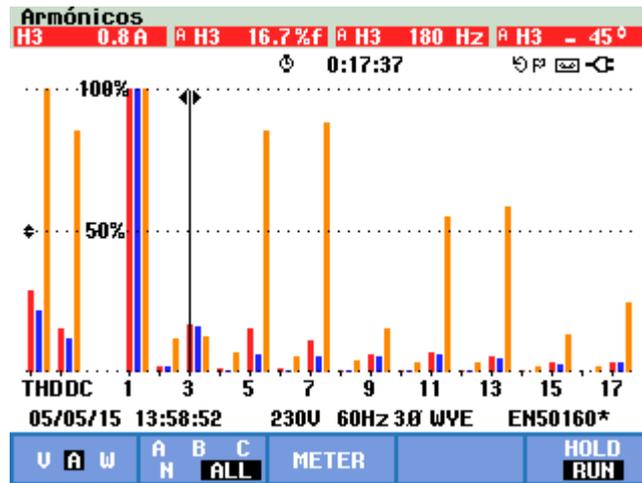


Ilustración 15. Grafico del comportamiento del filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 30Hz.

- **Práctica 10: Efecto de la conexión estrella-delta de un transformador con armonico de 3° orden inducido en la red.**

La conexión estrella-delta que efecto tiene cuando en su sistema tiene una predominancia de armónicos de tercer orden, el objetivo de la práctica es analizar los valores obtenidos de corrientes armónicas de tercer orden, dentro y fuera del bobinado del transformador.

## **CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. CONCLUSIONES**

La construcción del banco de pruebas para filtrado de armónicos permite observar el efecto que tienen diferentes cargas lineales en los sistemas eléctricos y su respectivo filtrado.

Los formatos de prácticas de laboratorios permiten analizar y visualizar el efecto tanto de las cargas no lineales como el filtrado de las mismas.

Los filtros utilizados previamente dimensionados y realizado su respectivo cálculo para su correcto funcionamiento el cual permite la neutralización de los armónicos.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Promover el empleo del banco de prueba construido, para el estudio práctico del efecto de los armónicos en las redes eléctricas.
- Utilizar los formatos de prácticas de los laboratorios en las asignaturas relacionadas a esta temática.
- Demostrar el efecto de la neutralización de los armónicos a través del uso de los filtros que tiene el banco.

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**DESARROLLO DE PRACTICAS PROPUESTAS DE LABORATORIO**

## **Práctica No. 1: Normas de seguridad del módulo de pruebas.**

### **DATOS INFORMATIVOS.**

- **PRÁCTICA N° 1**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

### **DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Normas de seguridad del Módulo de pruebas.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Comprender cada una de las normas de seguridad que deben ejecutarse, para el uso de los componentes instalados en el Banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes eléctricas.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Implementar normas de seguridad para cada uno de los equipos instalados en el Banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de los componentes instalados en el Banco de pruebas, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO PROCEDIMENTAL**

Verificar cada uno de los elementos que componen el banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes trifásicas.

Revisar el correcto funcionamiento de los equipos del Banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes trifásicas, por medio de los parámetros y normas de seguridad descritas en este capítulo.

Tomar las medidas de seguridad en caso que falle algún dispositivo.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Introducción al funcionamiento del banco de pruebas.

Conocer todas las posibles aplicaciones para el funcionamiento del banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes trifásicas.

Conocer las normas de seguridad para este banco de pruebas.

Identificar los equipos a utilizar en el mismo.

Reconocer los símbolos eléctricos y aplicar los conocimientos adquiridos en la materia.

- **RECURSOS UTILIZADOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes eléctricas.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.



Fotografía 23. Banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas

## **NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS.**

La toma de alimentación trifásica del banco de pruebas para armónicos de la red eléctrica es uno de los componentes fundamentales del sistema, ya que esta es encargada de suministrar la energía para el funcionamiento de los diferentes dispositivos utilizados en el banco de pruebas.

Las normas de seguridad que se deben tener en cuenta son:

- a) El banco de pruebas posee un breaker de protección 3 polos 32 Amp, el cual es la protección principal del sistema en caso de realizarse algún tipo de trabajo en el mismo es de suma importancia mantener éste en posición off.
- b) En caso de constantes disparos en el breaker principal, revisar todo el sistema en búsqueda de alguna anomalía en caso de no encontrar ningún problema y se confirme que el mismo se encuentra averiado se recomienda desconectar todas las cargas y retirar la toma de alimentación trifásica para proceder a la sustitución de breaker.
- c) Es de suma importancia utilizar tanto materiales como herramientas adecuadas al momento de realizar cualquier tipo de manipulación ya que si no se usa la protección adecuada se podría sufrir una descarga eléctrica.

Verificar que no exista ningún cable sin conectarse ya que esto podría ocasionar accidentes.

Este dispositivo sirve para visualizar diferentes parámetros eléctricos (Tensión, Corriente, potencia activa, reactiva aparente, entre otras), para nuestro banco de pruebas se hizo indispensable la colocación de un instrumento que nos permita la medición de los porcentajes de distorsión armónica, así como la onda de corriente de la misma.

Para la medición de corriente el dispositivo lleva conectado 3 transformadores de corriente de 30A/5A. La utilización de los T/C se utiliza para reducir la corriente a un valor inferior admisible para el analizador, ya que este elemento electrónico soporta corrientes bajas.

Verificar que esté conectado correctamente por la parte posterior del banco de pruebas.

El variador de velocidad en un equipo capaz de modificar su frecuencia de salida y de esta manera poder variar la velocidad de un motor, ya que este equipo estará conectado a un motor trifásico, es de suma importancia el mantener en buen estado su cableado de fuerza y evitar manipularlos al momento de su arranque ya que el motor en funcionamiento o su corriente inicial podrían provocarnos un choque eléctrico. Este motor tiene una alimentación de 220Vac. y una corriente nominal de 10 Amp, por este motivo no se debe tocar las conexiones cuando el equipo este en marcha.

La alimentación trifásica es la encargada de distribuir la alimentación a todos los dispositivos del banco de pruebas. Ya que la distribución la hace por medio de borneras por seguridad se recomienda no meter en estos ningún otro objeto que los respectivos terminales de conexión, ya que si no es así podría provocar un choque eléctrico; poner mucha atención a no realizar una conexión entre dos líneas de diferente potencial líneas R-S-T ocasionaría daños a la red trifásica. Todas las borneras tienen continuidad y están listas para hacer utilizadas.

El contactor es un elemento electromecánico de control, cuando se energiza la bobina se cierran o se abren sus contactos dependiendo del caso. Consta de contactos de fuerza y auxiliares.

Nota: Revisar datos técnicos del contactor adjuntos en el banco de pruebas.

El cableado del contactor se realizara con cable calibre #14 AWG ya que admite la corriente máxima que va a circular por sus contactos.

El Dimmer es un elemento eléctrico que sirve para regular la energía en uno o varios focos, con el propósito de variar la luminosidad que estos emiten. Las luminarias empleadas en el elemento deben estar especialmente diseñadas para él para su correcto funcionamiento.

El guardamotor es un interruptor magneto térmico diseñado para la protección de motores, la marca utilizado en nuestro banco de pruebas es Ebasee.

Elementos eléctricos de señalización, todas las luces piloto funcionan a una alimentación de 220 VAC, los cuales se utilizan para indicar cuando el contactor de cada filtro es alimentado.

Los fusibles son elementos de protección utilizados para la protección de los diferentes dispositivos contra sobre corrientes, los fusibles empleados son de cerámica de tipo cilindro.

Luces incandescentes 120VAC a 100 vatios, utilizados para su uso con los dimmers los cuales nos aportan una generación de 3º armónico.

El Transformadores de corriente es un elemento encargado de reducir la corriente inducida a un nivel a un nivel admisible para los elementos de medición. Los T.C. utilizados en nuestro tablero son de relación de 30 a 5 Amp.

El inductor es un elemento pasivo que a través del fenómeno de autoinducción almacena energía en forma de campo magnético, es de suma importancia no manipular los terminales cuando este esté energizado ya que existe el riesgo de choque eléctrico. Los inductores fueron diseñados por la compañía **Celeco Tech**.

El capacitor es un dispositivo pasivo capaz de almacenar energía sustentando un campo eléctrico, ya que en este equipo almacena energía y se descarga después de unos minutos es fundamental no manipular sus contactos.

La resistencia eléctrica es la oposición de la corriente al paso por un circuito eléctrico, las resistencias utilizadas para nuestro tablero son de tipo cerámica, los terminales como se aprecian en la parte inferior no se encuentran aislados así que es de suma importancia mantenerse alejado de sus terminales en la parte inferior.

## **NORMAS DE SEGURIDAD CON LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS**

Antes de manipular los elementos electromecánicos tome todas las medidas de precaución que el docente le indique.

No utilizar cables de conexión en mal estado.

Los contactores poseen todos sus contactos por medio de borneras es indispensable tener cuidado al momento de manipular sus contactos, los terminales de alimentación trabaja a 220 Vac si se conecta los terminales de manera incorrecta el equipo podría sufrir problemas.

No manipular los equipos que le indique el docente.

Si algún cable de los dispositivos está suelto indique al docente.

Antes de energizar el banco de pruebas asegúrese que todo esté correctamente conectado.

Nunca manipular ninguno de los elementos del banco de Pruebas para filtrado de armónicos en las redes eléctricas sin la protección adecuada

No utilizar cables parchados o rotos, ya que podría haber accidentes durante las pruebas.

Verificar que las borneras del banco de control industrial electromecánico no estén golpeadas ni rotas.

Antes de comenzar a realizar prácticas en el banco de pruebas primero revisar circuitos de control y fuerza.

Si va a realizar cambios a un circuito hágalo des energizado el centro de carga.

En caso de falla, se accionan los breakers tanto el del banco de pruebas como el del panel de distribución.

Tener en cuenta que los terminales en la parte inferior no se encuentran aislados y existe el riesgo de choque eléctrico.

El tablero de pruebas dispone de compensación reactiva por medio de capacitores los cuales almacenan energía, si el tablero es energizado los capacitores estarían cargados así que no es recomendado manipularlo hasta después de unos minutos.

Si no entiende la conexión de algún elemento pedir ayuda al docente.

## **NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO.**

No ingresar alimentos al laboratorio.

No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no le autoriza.

No desconectar ningún cable del banco de pruebas.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Indique que seguridad debe tener con los elementos del banco de pruebas?

¿Indique que se debe hacer si sale humo de uno de los elementos electromecánicos?

¿Por qué no se debe usar cables rotos?

¿Cuáles son las normas básicas de seguridad industrial?

¿Qué es una descarga eléctrica y explique si esto se puede dar en el laboratorio?

## **Práctica No. 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.**

### **DATOS INFORMATIVOS.**

- **PRÁCTICA N° 2**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

### **DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Comprobación de funcionamiento de elementos.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer el funcionamiento del banco de pruebas utilizado para realizar las correspondientes prácticas.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas en cada uno de los elementos que forman cada bloque.

Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos, Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Verificar la operatividad de todos los elementos del banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas, verificar continuidad en todas las borneras, verificar que no existan cables dañados y dispositivos en mal estado.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos en las redes eléctricas.

Instrumentación de medición.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico Hampder 3HP.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Protocolo de pruebas de fuentes de alimentación.

Protocolo de pruebas de analizadores de red.

Protocolo de pruebas de borneras y conectores.

Protocolo de pruebas de cables de pruebas.

Protocolo de pruebas de contactores.

Protocolo de pruebas de luces pilotos.

Protocolo de pruebas de pulsadores.

Protocolo de pruebas de estructura mecánica.

Protocolo de pruebas de fusibles.  
Protocolo de pruebas de protecciones.  
Protocolo de pruebas del breaker.  
Protocolo de pruebas del guarda-motor.  
Protocolo de pruebas del motor.  
Protocolo de pruebas del inductores.  
Protocolo de pruebas del capacitores.  
Protocolo de pruebas del resistencias.  
Protocolo de pruebas de analizador de redes Lovato DMG 800.  
Protocolo de pruebas del variador de frecuencia.

- **ANEXOS**

Guía de prácticas.  
Prácticas para el banco.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué es un variador de frecuencia?  
¿Para qué sirven los motores?  
¿Qué es un inductor?  
¿Qué son los Armónicos?  
¿Qué tipos de arranques conoce?  
¿Conclusiones del banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas?

Tabla 1 Protocolo de pruebas de la fuente fija

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>EQUIPO : FUENTE FIJA</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA A REALIZAR : MEDICIONES DE TENSIÓN</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON (V)</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Medición de voltaje en la línea R-S	215		
2	Medición de voltaje en las líneas S-T	217		
3	Medición de voltaje en las líneas T-R	216		
<b>RECOMENDACIONES:</b>		<b>PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:</b>		<b>REALIZADO POR :</b>
<b>RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO</b>		<b>RECIBIDO POR :</b>		<b>APROBADO POR :</b>

Fuente: Los Autores

Tabla 2 Protocolo de pruebas del analizador de redes DMG 800 Lovato

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED / FLUKE 376 /LOVATO</b> <b>MODELO: DMG 800</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR CON VARIADOR A 60HZ 220VAC L-L</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
1	Medición de tensión de las líneas R-S	214		el analizador mide a partir de los 40vac
2	Medición de tensión de las líneas S-T	215		
3	Medición de tensión de las líneas T-R	215		
4	Medición línea neutro línea R-N	125		
5	Medición línea neutro línea S-N	124		
6	Medición línea neutro línea T-N	124		
7	Corriente en la línea R	6		
8	Corriente en la línea S	5.5		
9	Corriente en la línea T	6.8		
10	Potencia activa trifásica (W)	1590		
11	Potencia reactiva trifásica (VAR)	397		

12	Potencia aparente trifásica (VA)	1639		
13	Factor de potencia trifásica	0.65		
RECOMENDACIONES		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR		APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 3 Protocolo de pruebas de las borneras y conectores

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>ELEMENTOS / BORNERAS Y CONECTORES</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : VERIFICAR EL ESTADO DEL ELEMENTO</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESTADO</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Estado del aislador externo de la bornera	OK				
2	Estado del machinado de terminal	OK				
3	Estado del aislador de terminal	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 4 Protocolo de pruebas de cables de prueba

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>ELEMENTOS / CABLES DE PRUEBA</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y CONDICION EXTERNA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESTADO</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad	OK				
2	Estado de aislamiento de plug	OK				
3	Agarre del cable	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 5 Protocolo de pruebas del contactor K1-K2-K3-K4

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE PRUEBAS						
EQUIPO / CONTACTOR K1-K2-K3-K4 / MARCA CHINT MODELO NC1 09				FECHA : 15/03/15		
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Tensión de la bobina del contactor	240V				
2	Continuidad de contactos de fuerza	OK				
3	Continuidad en contactos auxiliares nc	OK				
4	Continuidad en contactos auxiliares no	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 6 Protocolo de pruebas de la estructura mecánica

						
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPO / ESTRUCTURA MECÁNICA</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN Y ACABADO ESTETICO DE LA MESA DE TRABAJO</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESTADO</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Estado de las ruedas de movilización	OK				
2	Perfil de protección	OK				
3	Rotulación	OK				
4	Soldadura	OK				
5	Estado de la pintura	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 7 Protocolo de pruebas de los fusible.

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 6 AMP / MARCA: CAMSCO</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD</b>						
ITEM	VARIABLE	ESTADO		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Medición de continuidad en fusibles del filtro de 3° orden motor.	OK				
2	Medición de continuidad en fusibles del filtro de 5° orden motor.	OK				
3	Medición de continuidad en fusibles del filtro de 7° orden motor.	OK				
4	Medición de continuidad en fusibles del filtro de 3° orden motor.	OK				
5	Medición de continuidad en fusibles del filtro de 3° orden luminarias.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 8 Protocolo de pruebas del fusible de 10 Amp.

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE PRUEBAS						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 10 AMP / MARCA: CAMSCO				FECHA : 15/03/15		
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	ESTADO		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Medición de continuidad en fusibles de la alimentación del variador de frecuencia.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 9 Protocolo de pruebas de las luces piloto H1-H2-H3-H4-H5-H6

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / LUZ PILOTO H1 / LOVATO</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : FUNCIONAMIENTO</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESTADO</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad en contacto X1	OK				
2	Continuidad en contacto X2	OK				
3	Tensión de alimentación	240V				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 10 Protocolo de pruebas del transformador de corriente

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA:</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>CAMSCO RELACION 30/5</b>						
<b>PRUEBA REALIZADA: ESTADO DEL ELEMENTO Y CONTINUIDAD CON LAS BORNERAS.</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>ESTADO</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad de sus borneras.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 11 Protocolo de pruebas del dimmer D1

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>EQUIPOS / DIMMER D1 / EAGLE ELECTRIC</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD –RESISTENCIA</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Variación de tensión.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 12 Protocolo de pruebas del dimmer D2

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>EQUIPOS / DIMMER D2 / EAGLE ELECTRIC</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD –RESISTENCIA</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Variación de tensión.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 13 Protocolo de pruebas del dimmer D3

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>EQUIPOS / DIMMER D3 / EAGLE ELECTRIC</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD –RESISTENCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Variación de tensión.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 14 Protocolo de prueba de luz incandescente X1

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / LUZ INCANDESCENTE – MARCA OSRAM 100W</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Tensión de trabajo	120V				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 15 Protocolo de pruebas de luz incandescente X2

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / LUZ INCANDESCENTE – MARCA OSRAM 100W</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Tensión de trabajo	120V				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 16 Protocolo de pruebas de luz incandescente X3

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / LUZ INCANDESCENTE – MARCA OSRAM 100W</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CONTINUIDAD</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad en borneras del contacto 1.	OK				
2	Continuidad en borneras del contacto 2.	OK				
3	Tensión de trabajo	120V				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 17 Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 3° armónico motor R1-R2-R3

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / RESISTENCIAS CERAMICA VALOR: 0.86OHM</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON OHM</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R1).	OK				
3	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R2).	OK				
4	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R3).	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 18 Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 5° armónico motor R4-R5-R6

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / RESISTENCIAS CERAMICA VALOR: 0.5OHM</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>		
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON OHM		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R4).	OK				
3	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R5).	OK				
4	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R6).	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 19 Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 7° armónico motor R7-R8-R9

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / RESISTENCIAS CERAMICA VALOR: 0.36OHM</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>		
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON OHM		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R7).	OK				
3	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R8).	OK				
4	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R9).	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 20 Protocolo de pruebas de resistencia de filtro de 3° armónico luminaria R10-R11-R12

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / RESISTENCIAS CERAMICA VALOR: 0.77OHM</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE RESISTENCIA</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON OHM		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R1).	OK				
3	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R2).	OK				
4	Resistencia en borneras del contacto 1-2 (R3).	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 21 Protocolo de pruebas de los inductores de filtro de 3° armónico motor L1-L2-L3

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / INDUCTORES 16.1 MH</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE INDUCTANCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON MH</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L1)	OK				
2	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L2)	OK				
3	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L3)	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 22 Protocolo de pruebas de inductores de filtro de 5° armónico motor L4-L5-L6

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / INDUCTORES 5.8 MH</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE INDUCTANCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON MH</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L4)	OK				
2	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L5)	OK				
3	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L6)	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 23 Protocolo de pruebas del inductores de filtro de 7° armónico motor L7-L8-L9

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / INDUCTORES 2.9 MH</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE INDUCTANCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON MH</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L7)	OK				
2	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L8)	OK				
3	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L9)	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 24 Protocolo de pruebas de inductores de filtro de 3° armónico luminaria L10-L11-L12

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPOS / INDUCTORES 14.5 MH</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE INDUCTANCIA</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON MH</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L10)	OK				
2	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L11)	OK				
3	Inductancia en borneras del contacto 1-2 (L12)	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 25 Protocolo de pruebas del breaker 32A 3P

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPO / PROTECCIONES / : BREAKER 3Ø - 32AMP / SCHNEIDER</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE CONTINUIDAD</b>						
ITEM	VARIABLE	PATRON		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BUENO	MALO	BUENO	MALO	
1	Continuidad en contacto 1-3.	OK				
2	Continuidad en contacto 2-4.	OK				
3	Continuidad en contacto 3-6.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 26 Toma de valores – guardamotor

						
<b>INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>						
<b>EQUIPO / PROTECCIONES / : GUARDAMOTOR / EBASEE 6.3-10A</b>					<b>FECHA : 15/03/15</b>	
<b>PRUEBA REALIZADA : PRUEBA CONTINUIDAD</b>						
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>		<b>DIAGNOSTICO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	<b>BUENO</b>	<b>MALO</b>	
1	Continuidad en contacto 1-3.	OK				
2	Continuidad en contacto 2-4.	OK				
3	Continuidad en contacto 3-6.	OK				
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

Tabla 27 Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 3° armónico motor C1-C2-C3

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>EQUIPO / CAPACITORES/ MODELO: EVERWEL 20 MICROFARADIOS</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CAPACITANCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>MICROFARADIOS</b>		
1	Capacitancia en contacto 1-2 (C1)	20		
2	Capacitancia en contacto 1-2 (C2)	20		
3	Capacitancia en contacto 1-2 (C3)	20		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 28 Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 5° armónico motor C4-C5-C6

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>EQUIPO / CAPACITORES/ MODELO: EVERWEL 20 MICROFARADIOS</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CAPACITANCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>MICROFARADIOS</b>		
1	Capacitancia en contacto 1-2 (C4)	20		
2	Capacitancia en contacto 1-2 (C5)	20		
3	Capacitancia en contacto 1-2 (C6)	20		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 29 Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 7° armónico motor C7-C8-C9

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>EQUIPO / CAPACITORES/ MODELO: EVERWEL 20 MICROFARADIOS</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CAPACITANCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>MICROFARADIOS</b>		
1	Capacitancia en contacto 1-2 (C7)	20		
2	Capacitancia en contacto 1-2 (C8)	20		
3	Capacitancia en contacto 1-2 (C9)	20		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 30 Protocolo de pruebas de capacitores de filtro de 3° armónico luminaria C7-C8-C9

				
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>				
<b>EQUIPO / CAPACITORES/ MODELO: EVERWEL 20 MICROFARADIOS</b>				<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : MEDICIÓN DE CAPACITANCIA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>PATRON</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
		<b>MICROFARADIOS</b>		
1	Capacitancia en contacto 1-2 (C10)	20		
2	Capacitancia en contacto 1-2 (C11)	20		
3	Capacitancia en contacto 1-2 (C12)	20		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

Tabla 31 Protocolo de pruebas de variadores de frecuencia

						
<b>INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>						
<b>PROTOCOLO DE PRUEBAS</b>						
<b>EQUIPO / VARIADOR DE FRECUENCIA ABB / MODELO: ACS150</b>						<b>FECHA : 15/03/15</b>
<b>PRUEBA REALIZADA : VARIACION DE VELOCIDAD DE MOTOR TRIFASICO 3HP</b>						
ITEM	VARIABLE	FUNCIONAMIENTO		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
		BIEN	MAL	BIEN	MAL	
1	VARIACION DEL MOTOR A 30HZ	OK				
2	VARIACION DEL MOTOR A 40HZ	OK				
3	VARIACION DEL MOTOR A 50HZ	OK				
4	VARIACION DEL MOTOR A 60HZ	OK				
RECOMENDACIONES		PORCENTAJE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR:
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

### **Práctica No. 3: Armónicos generados por reguladores de iluminación electrónicos.**

#### **DATOS INFORMATIVOS**

- **PRÁCTICA N° 3**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Horas

#### **DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Armónicos generados por reguladores de iluminación electrónicos (Dimmer).
- **OBJETIVO GENERAL:**

Visualizar los diferentes porcentajes de distorsión armónica así como sus porcentajes individuales.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar como una carga no lineal genera armónicos en las redes eléctricas.

Visualizar los diferentes valores de distorsión armónica generados por la carga no lineal y compararlos entre el analizador DMG 800 de Lovato y el analizador de redes fluke.

Comprender los diferentes valores reflejados en el analizador de redes.

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control y de montaje para el análisis de armónicos de los reguladores de iluminación electrónica:

El breaker de alimentación principal se encarga de la distribución de energía a través de las borneras de distribución R-S-T-N.

Inmediatamente se va a alimentar el analizador de redes trifásico el cual se encargara de la medición.

Se procede a realizar la alimentación de las bombillas incandescentes a través de los dimmer, uno por cada bombilla.

Las luces incandescentes se alimentan a 110 Vac.

El analizador de redes DMG800 se encargara de la medición de armónicos en las redes eléctricas inducidas por las luminarias controladas por dimmer.

Montar el circuito, alimentar el banco de trabajo con una tensión trifásica de 220Vac y comprobar su funcionamiento.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas.

Analizador de redes DMG 800.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 para la prueba No. 1: Armónicos inducidos por reguladores de iluminación electrónica a diferentes niveles de tensión.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Cómo se llaman los esquemas que presentan los circuitos eléctricos?

¿Qué se entiende por alimentación trifásica de 4 hilos?

¿Qué es un dimmer?

¿Cuál es el armónico predominante en el sistema?

¿Qué efecto tiene en los porcentajes de armónicos el reducir la tensión con el dimmer?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: ARMÓNICOS GENERADOS POR REGULADORES DE ILUMINACIÓN ELECTRÓNICA.**

**TABLA No. 1: PORCETAJES DE DISTORCIÓN ARMÓNICA A DIFERENTES NIVELES DE TENSIÓN.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>60VAC</b>	76%	77.5%	81.2%	83%	83.8%	87.7%
<b>80VAC</b>	60.9%	60.2%	64.2%	68.2%	65%	70.6%
<b>100VAC</b>	42%	40.5%	44.6%	51.4%	49.8%	54%
<b>110VAC</b>	30%	28%	32%	38.2%	36.4%	41.4%

Fuente: Los Autores

## **Práctica No. 4: Empleo de filtros pasivos para 3° armónico en reguladores de iluminación electrónica.**

### **DATOS INFORMATIVOS**

- **PRÁCTICA N° 4**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**
- **TIEMPO ESTIMADO: 2**

### **DATOS DE LA PRÁCTICA**

- **TEMA:** Empleo de filtros pasivos para 3° armónico en reguladores de iluminación electrónica.
  
- **OBJETIVO GENERAL:**

Emplear filtros pasivos para la corrección de armónicos inducidos por luminarias controladas por dimmers a diferentes niveles de tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Observar los diferentes elementos que componen un filtro pasivo.

Comprender qué efecto tiene el variar la luminosidad o tensión de las luminarias con respecto al 3° armónico inducido.

Comprender el funcionamiento de los filtros pasivos.

Verificar los diferentes porcentajes de filtrado del filtro pasivo de 3° armónico.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de los filtros pasivos de 3 armónico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Realizar el cableado de las 3 luces incandescentes cada una con su control por medio de dimmer conectadas a 120 VAC y uno por cada línea.

Se procede a la conexión del filtro de 3° armónico.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control y de montaje para la alimentación de las luminarias controladas por dimmer con su respectivo filtrado de 3° armónico:

El circuito de control comprende de un selector de 2 posiciones, tres dimmer, un contactor, y una luz piloto de señalización.

Las luminarias estarán controladas dimmer y conectadas una por cada línea de alimentación diferente con un neutro en común a 110VAC.

Se conecta la alimentación del contactor del filtrado del 3° armónico (K4) de tal manera que este sea controlado por su respectivo selector (S4).

Posteriormente de los terminales de fuerza del contactor K4 la entrada a las líneas de alimentación y la salida se conectara al filtro pasivo de 3° armónico.

Montar el circuito el circuito de filtrado de 3° armónico con sus diferentes elementos protecciones, resistencias inductancias y capacitancia.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónico en las redes eléctricas.

Analizador de redes DMG 800.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué efecto tiene variar la luminosidad por los dimmer en la distorsión armónica?

¿Cuál es el armónico predominante inducido en el sistema por el control de los dimmer?

¿Cuál es el principio de funcionamiento de un filtro pasivo de armónico?

¿Cuáles son los elementos que componen un filtro pasivo?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 1: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 1: DIMMER A 60VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>60VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>	76%	77.5%	81.2%	73.8%	90.2%	92.2%
<b>Con filtrado</b>	14.7%	12%	9%	17.5%	13%	14%
<b>% de filtrado</b>	80.6%	84.5%	88.9%	80.35%	85.58%	84.81%

Fuente: Los Autores

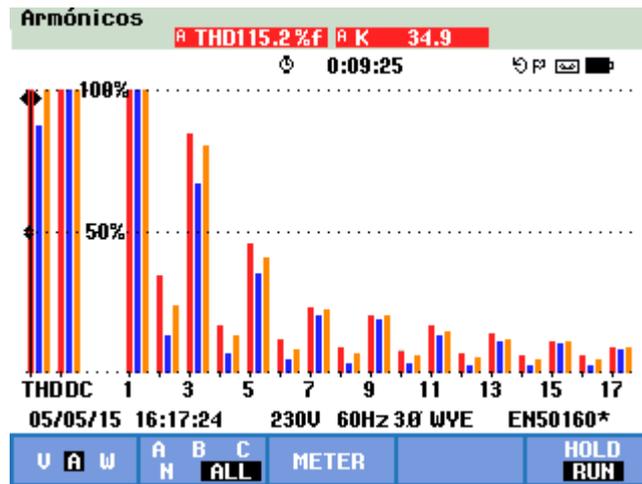


Ilustración 16. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 60Vac.

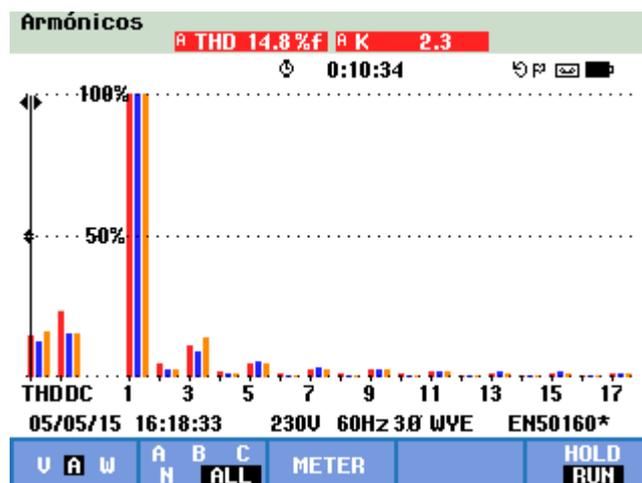


Ilustración 17. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 60Vac.

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 2: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 2: DIMMER A 80VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>	48.7%	61%	59%	61.8%	80%	77%
<b>Con filtrado</b>	13.1%	13.5%	11.2%	17%	16.5%	15%
<b>% de filtrado</b>	73.1%	77.8%	81%	72.49%	79.37%	80.5%

Fuente: Los Autores

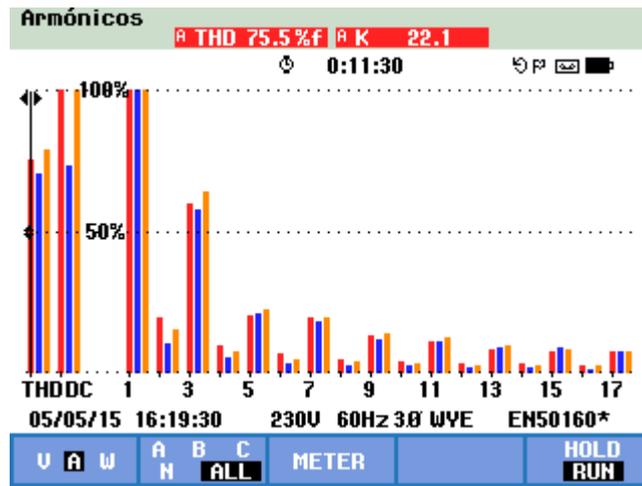


Ilustración 18. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 80Vac.

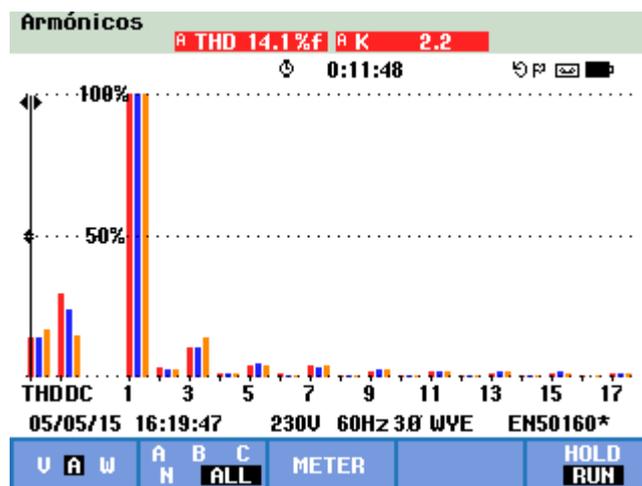


Ilustración 19. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 80Vac.

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 3: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 3: DIMMER A 100VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>	35%	43.8%	45.6%	45%	55.8%	57.6%
<b>Con filtrado</b>	10.1%	11.6%	10.8%	13.1%	15.1%	13.7%
<b>% de filtrado</b>	71.1%	73.5%	76.3%	70.8%	72.93%	76.2%

Fuente: Los Autores

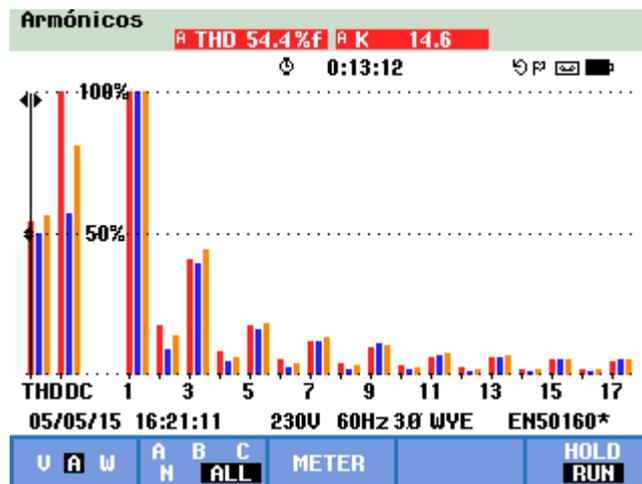


Ilustración 20. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 100Vac.

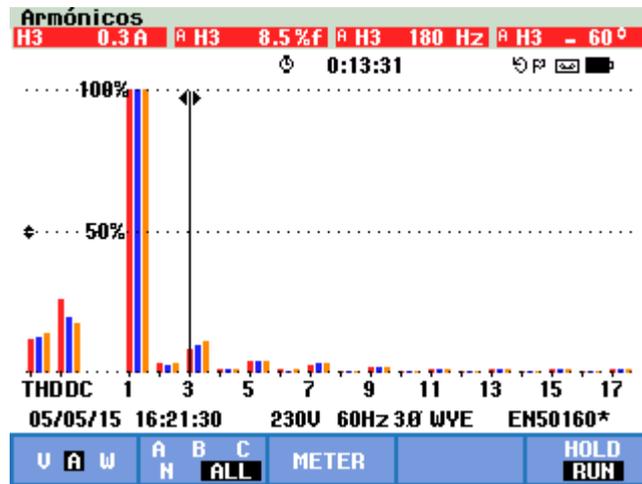


Ilustración 21. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 100Vac.

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 4: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 4: DIMMER A 110VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>	30%	28%	32%	38%	37%	41%
<b>Con filtrado</b>	9%	10.1%	9.6%	12.1%	13.2%	10.6%
<b>% de filtrado</b>	70%	63.9%	70%	68.16%	64.3%	74.1%

Fuente: Los Autores

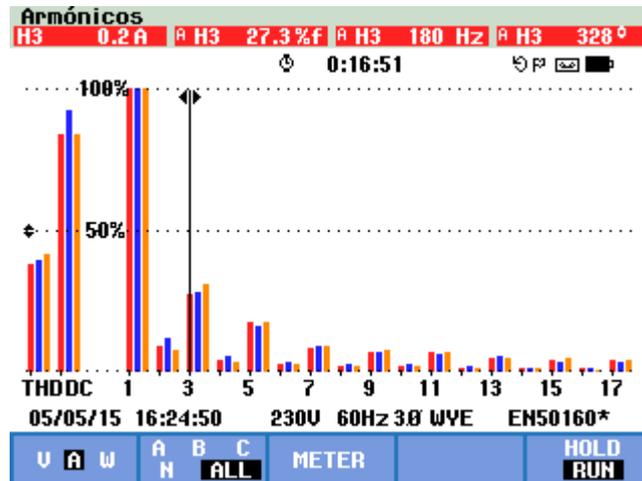


Ilustración 22. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido por dimmers a 110Vac.

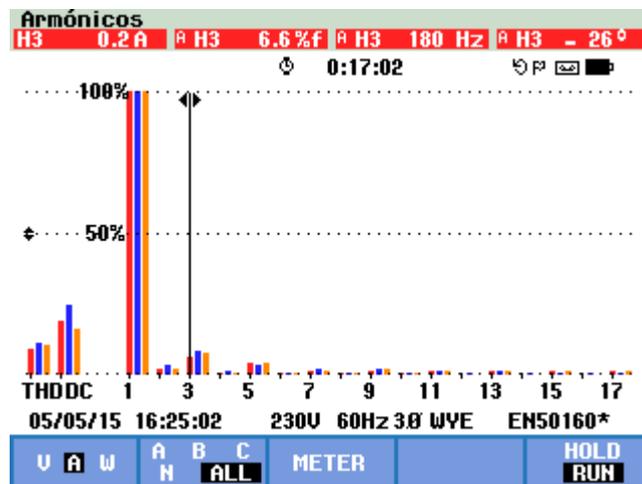


Ilustración 23. Gráfico obtenido del analizador de redes del armónico inducido con filtrado a 110Vac.

**Práctica No.5: Porcentajes de distorsión armónica generada por cargas trifásicas.**

**DATOS INFORMATIVOS.**

**PRÁCTICA N° 5**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas**

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Porcentajes de distorsión armónica generada por cargas trifásicas.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Analizar los porcentajes de distorsión armónica generados por un motor trifásico controlado por un variador de velocidad.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprender como una carga no lineal afecta a los armónicos en las redes eléctricas.

Analizar como modificar la frecuencia de un variador de velocidad afecta la distorsión armónica generada.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de variador de velocidad.

Esquema de un circuito de fuerza para motor trifásico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar los datos de los armónicos inyectados en el banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control y montaje para el análisis de armónicos de un motor trifásico controlado por un variador de velocidad:

El circuito de control comprende un selector de dos posiciones, un contactor y una luz piloto de señalización.

En primer lugar se deberá activar la alimentación principal del banco de pruebas por medio del breaker principal de 32Amp.

Al energizar el circuito se activa una luz piloto y se encenderá el medidor de energía.

Se deberá activar el guardamotor para permitir el paso de la alimentación hasta el variador de frecuencia.

El variador de frecuencia se encargará de dar arranque al motor trifásico de 3 hp y además de permitirnos variar la velocidad del mismo, lo cual nos permitirá observar los efectos de la variación de frecuencia con respecto a distorsión armónica generada. En el medidor de energía se podrán visualizar los diferentes parámetros tanto de energía como armónicos inducidos por esta carga no lineal.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos de las redes eléctricas.

Analizador de redes fluke 435.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 1 para la prueba No. 1: porcentajes de 3ºarmónico del motor a diferentes valores de frecuencia.

Tabla No. 2 para la prueba No. 2: porcentajes de 5ºarmónico del motor a diferentes valores de frecuencia.

Tabla No. 3 para la prueba No. 2: porcentajes de 7ºarmónico del motor a diferentes valores de frecuencia.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es la función del medidor de energía?

¿Cuáles son las protecciones para un motor trifásico?

¿Para qué sirve el guardamotor?

¿Cuál es la función del variador de frecuencia?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA.**

**TABLA No. 1: PORCENTAJES DE 3° ARMÓNICO DEL MOTOR A DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>3° ARMÓNICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>	51%	35%	71%
<b>40 HZ</b>	50%	30%	70%
<b>50 HZ</b>	30%	30%	50%
<b>60 HZ</b>	55%	30%	55%

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA.**

**TABLA No. 2: PORCENTAJES DE 5° ARMÓNICO DEL MOTOR A DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>5° ARMONICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>	99%	77%	88%
<b>40 HZ</b>	95%	76%	87%
<b>50 HZ</b>	93%	75%	84%
<b>60 HZ</b>	90%	78%	89%

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA.**

**TABLA No. 3: PORCENTAJES DE 7° ARMÓNICO DEL MOTOR A DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>7° ARMONICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>	83%	78%	68%
<b>40 HZ</b>	80%	75%	67%
<b>50 HZ</b>	75%	74%	65%
<b>60 HZ</b>	74%	74%	70%

Fuente: Los Autores

**Práctica No.6: Empleo de filtros de 3° orden para corrección de armónicos en cargas trifásicas.**

**DATOS INFORMATIVOS.**

**PRÁCTICA N° 6**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas**

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Empleo de filtro de 3° orden para corrección de armónicos en cargas trifásicas.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizar filtros pasivos de 3 orden en motor para corrección de armónicos en motor controlado por variador de frecuencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprender el funcionamiento de un filtro pasivo.

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un temporizador con sus respectivos contactos.

Esquema de un circuito de control y fuerza del motor trifásico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control, montaje y filtrado de un motor trifásico controlado por un variador de frecuencia:

El circuito de fuerza y control del motor comprende la protección del mismo por medio del guardamotor, pasa posteriormente por el variador de velocidad el cual es el encargado de variar la velocidad del motor trifásico de 3HP.

Realizar el esquema de control para el filtro pasivo de 3° orden el cual esta comandado por un selector que se encarga de permitir y cerrar el paso a la alimentación de la bobina del contactor, de los terminales de fuerza se conectara, a la entrada las 3 líneas procedentes de la alimentación y a la salida se conectara los terminales de entrada del filtro.

El sistema de filtrado por medio de filtro pasivo de 3° orden estará compuesto por los siguientes elementos su protección, resistencia, inductancias y capacitancia.

El variador de frecuencia se encargara del control de motor tanto el arranque la parada y su variación de velocidad.

Montar el circuito, alimentar el banco de trabajo con una tensión trifásica de 120 Vac y comprobar su funcionamiento.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos de las redes eléctricas.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla no. 1: Variador de frecuencia a 30 Hz sin filtro.

Tabla no. 2: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado.

Tabla no. 3: Variador de frecuencia a 40 Hz sin filtro.

Tabla no. 4: Variador de frecuencia a 40 Hz con filtrado.

Tabla no. 5: Variador de frecuencia a 50 Hz sin filtro.

Tabla no. 6: Variador de frecuencia a 50 Hz con filtrado.

Tabla no. 7: Variador de frecuencia a 60 Hz sin filtro.

Tabla no. 8: Variador de frecuencia a 60 Hz con filtrado.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el funcionamiento de un variador de velocidad?

¿Cuál es el armónico predominante en el sistema?

¿Qué efecto tiene el 3º armónico en las redes eléctricas?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

<b>VALORES SIN FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	131	133	138	132	141	180
<b>3°</b>	68	42	41	60	42	42
<b>5°</b>	88	87	105	77	78	100
<b>7°</b>	75	85	80	67	80	74

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

<b>VALORES CON FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	12	18.1	15	13	19.8	12
<b>3°</b>	6	5.5	9.1	7	5.4	10
<b>5°</b>	5.5	11.3	8.7	6	12	8
<b>7°</b>	6	10.9	7.3	6.1	11	8

Fuente: Los Autores

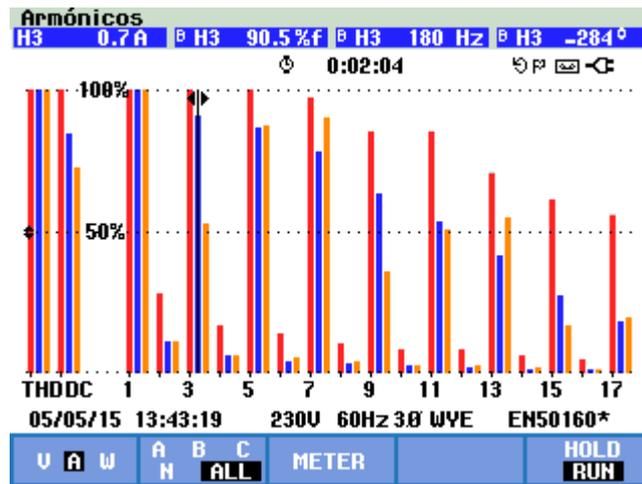


Ilustración 24. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz práctica No. 6.

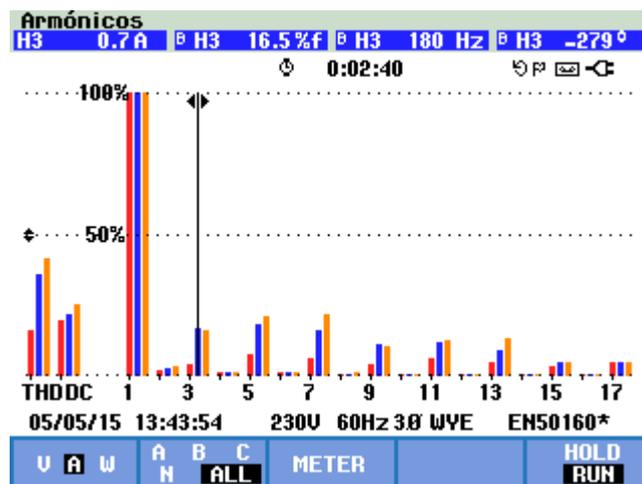


Ilustración 25. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 3° orden.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	150	139	118	136	135	124
<b>3°</b>	74	37	39	63	37	43
<b>5°</b>	86	80	62	78	76	62
<b>7°</b>	70	82	57	61	80	56

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13.9	21.4	18	13	19.8	18
<b>3°</b>	6.9	4.8	9.3	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	12.5	10	6	15	12
<b>7°</b>	6.4	12.8	6.5	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

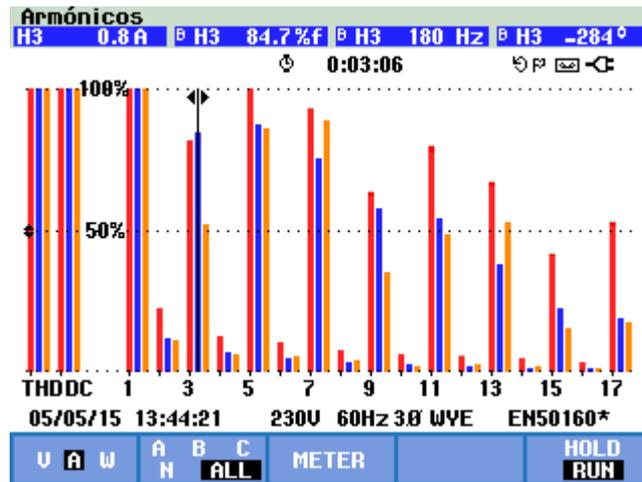


Ilustración 26. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz práctica No. 6

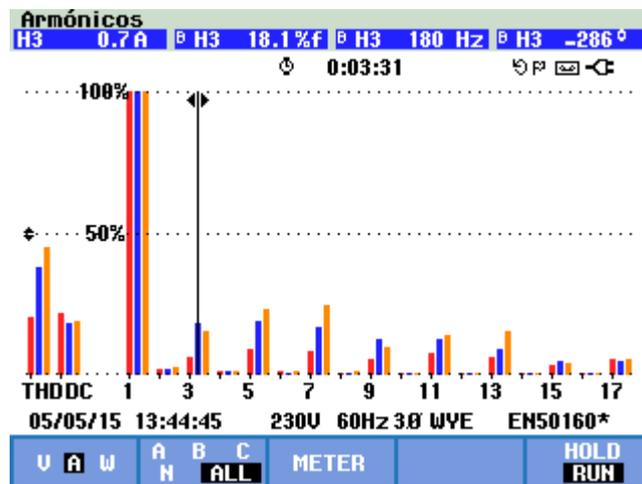


Ilustración 27. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz con filtrado de 3º orden.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	138	142	170	127	135	158
<b>3°</b>	56	44	18	47	42	23
<b>5°</b>	85	82	103	78	78	97
<b>7°</b>	72	81	75	66	77	72

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13.9	21.4	18	13	19.8	18
<b>3°</b>	5	4.2	6.8	5	4.8	7.1
<b>5°</b>	5.1	11.6	9.6	5.5	12.2	10.1
<b>7°</b>	6.4	12.8	6.5	6	12	5.8

Fuente: Los Autores

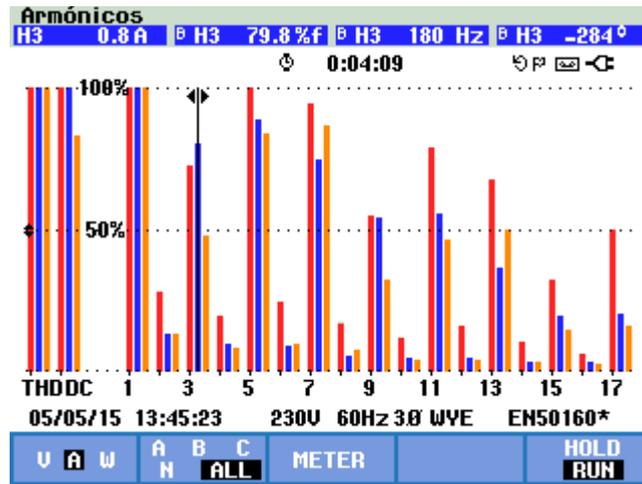


Ilustración 28. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz.

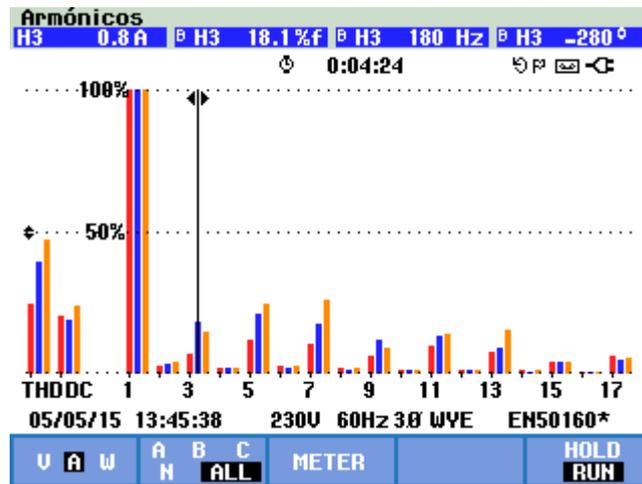


Ilustración 29. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz con filtrado de 3° orden.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	145	145	166	130	137	166
<b>3°</b>	50	35	38	52	39	35
<b>5°</b>	80	85	95	78	80	97
<b>7°</b>	74	85	80	65	78	73

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13.9	21.4	18	13	19.8	18
<b>3°</b>	6.9	4.8	9.3	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	12.5	10	6	15	12
<b>7°</b>	6.4	12.8	6.5	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

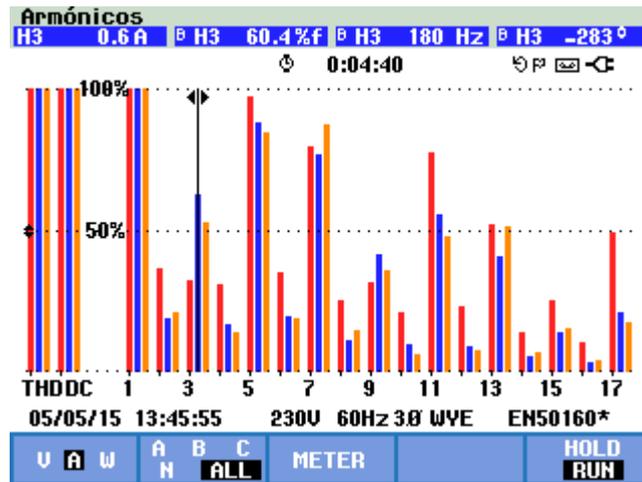


Ilustración 30. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz práctica No. 6

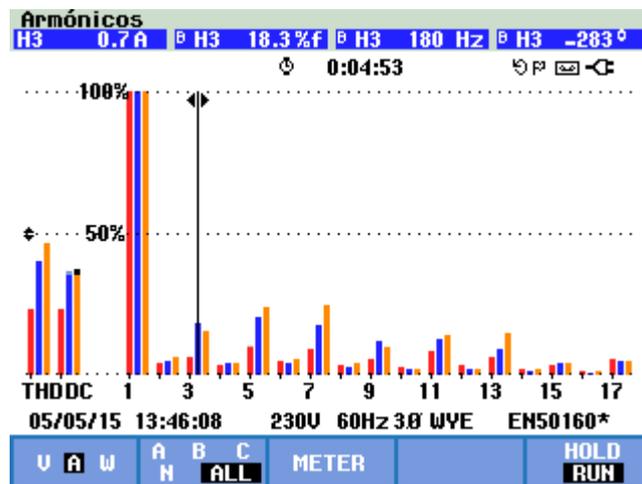


Ilustración 31. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz con filtrado de 3° orden.

**Práctica No.7: Empleo de filtros de 5° orden para corrección de armónicos en cargas trifásicas.**

**DATOS INFORMATIVOS.**

**MATERIA:** Instalaciones Industriales

**PRÁCTICA N° 7**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20

**NOMBRE DOCENTE:**

**TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Empleo de filtro de 5° orden para corrección de armónicos en cargas trifásicas.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizar filtros pasivos de 5° orden en motor para corrección de armónicos en motor controlado por variador de frecuencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprender el funcionamiento de un filtro pasivo.

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un temporizador con sus respectivos contactos.

Esquema de un circuito de control y fuerza del motor trifásico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control, montaje y filtrado de un motor trifásico controlado por un variador de frecuencia:

El circuito de fuerza y control del motor comprende la protección del mismo por medio del guardamotor, pasa posteriormente por el variador de velocidad el cual es el encargado de variar la velocidad del motor trifásico de 3HP.

Realizar el esquema de control para el filtro pasivo de 5° orden el cual esta comandado por un selector que se encarga de permitir y cerrar el paso a la alimentación de la bobina del contactor, de los terminales de fuerza se conectara, a la entrada las 3 líneas procedentes de la alimentación y a la salida se conectara los terminales de entrada del filtro.

El sistema de filtrado por medio de filtro pasivo de 5° orden estará compuesto por los siguientes elementos su protección, resistencia, inductancias y capacitancia.

El variador de frecuencia se encargara del control de motor tanto el arranque la parada y su variación de velocidad.

Montar el circuito, alimentar el banco de trabajo con una tensión trifásica de 120Vac y comprobar su funcionamiento.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos de las redes eléctricas.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla no. 1: Variador de frecuencia a 30 Hz sin filtro.

Tabla no. 2: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado.

Tabla no. 3: Variador de frecuencia a 40 Hz sin filtro.

Tabla no. 4: Variador de frecuencia a 40 Hz con filtrado.

Tabla no. 5: Variador de frecuencia a 50 Hz sin filtro.

Tabla no. 6: Variador de frecuencia a 50 Hz con filtrado.

Tabla no. 7: Variador de frecuencia a 60 Hz sin filtro.

Tabla no. 8: Variador de frecuencia a 60 Hz con filtrado.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el funcionamiento de un variador de velocidad?

¿Cuál es el armónico predominante en el sistema?

¿Qué efecto tiene el 5º armónico en las redes eléctricas?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	160	148	210	160	136	193
<b>3°</b>	85	48	69	84	47	44
<b>5°</b>	89	83	60	85	76	67
<b>7°</b>	74	85	92	72	77	57

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13	15	16	13	14	14
<b>3°</b>	6.2	5	9	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	11	10.1	6	10	11
<b>7°</b>	6	11	6	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

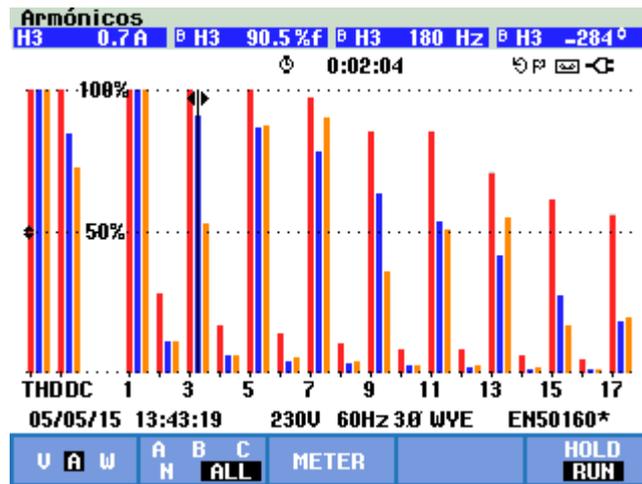


Ilustración 32. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 30Hz.

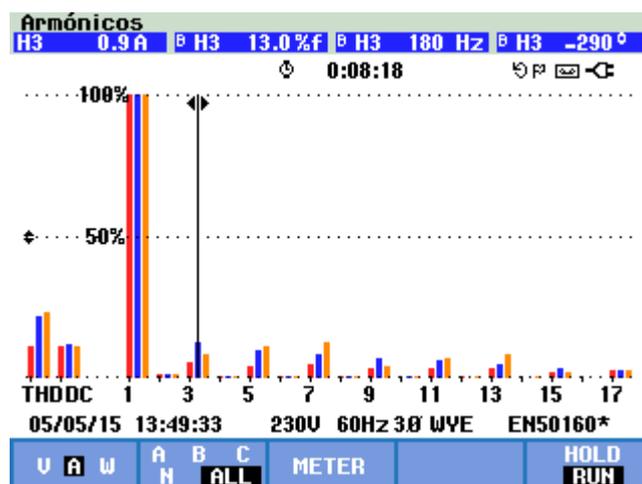


Ilustración 33. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 30Hz.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	144	132	135	146	134	139
<b>3°</b>	71	49	51	74	45	36
<b>5°</b>	87	80	80	84	73	75
<b>7°</b>	72	86	70	71	80	58

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13.9	21.4	18	13	19.8	18
<b>3°</b>	6.9	4.8	9.3	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	12.5	10	6	15	12
<b>7°</b>	6.4	12.8	6.5	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

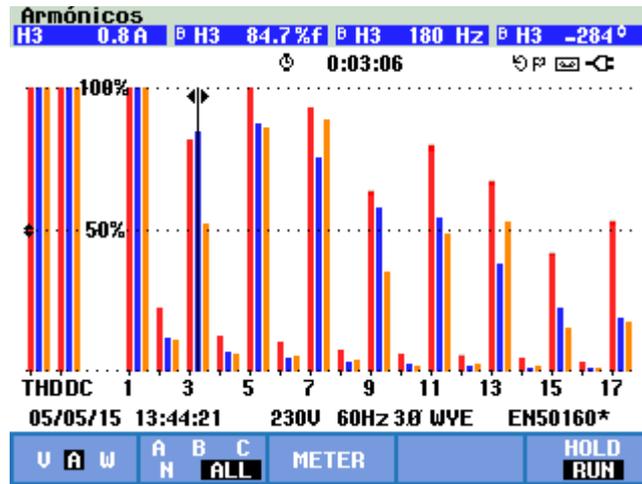


Ilustración 34. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 40Hz.

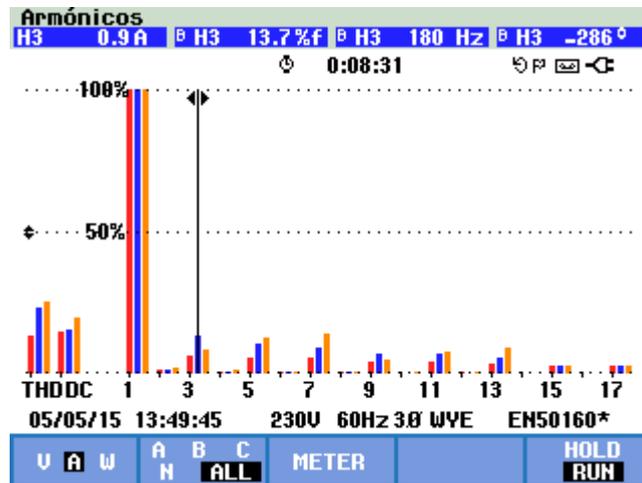


Ilustración 35. Gráfico de comportamiento de los Armónicos a 60Hz con filtrado de 5° orden a 40Hz.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

<b>VALORES SIN FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	140	140	170	137	132	135
<b>3°</b>	59	41	33	56	36	23
<b>5°</b>	89	89	100	82	74	83
<b>7°</b>	73	87	70	69	77	58

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

<b>VALORES CON FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	11	12	13	13	13	14
<b>3°</b>	6.8	5.2	9	7	5.9	10
<b>5°</b>	5	6.4	10.1	6	6.2	11
<b>7°</b>	6.3	7	6	6.8	5	6

Fuente: Los Autores

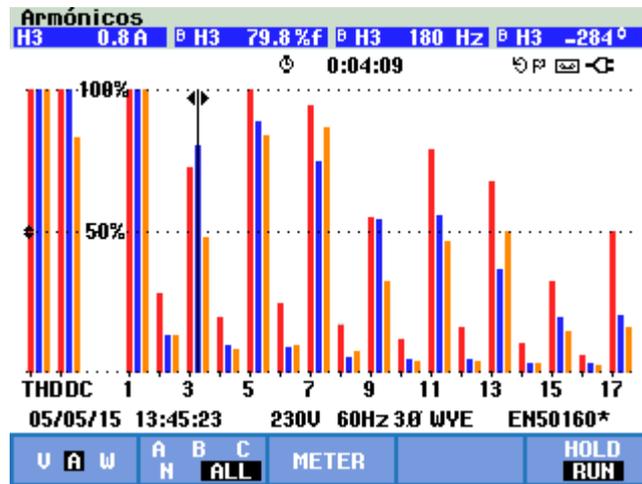


Ilustración 36. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 50Hz.

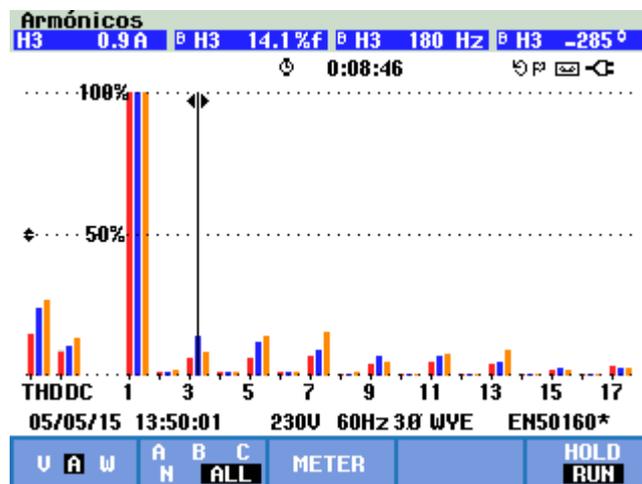


Ilustración 37. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 50Hz.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	140	154	190	140	135	143
<b>3°</b>	70	37	15	59	43	17
<b>5°</b>	89	82	90	83	75	82
<b>7°</b>	77	86	71	70	77	56

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13	15	16	13	14	14
<b>3°</b>	6.2	5	9	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	11	10.1	6	10	11
<b>7°</b>	6	11	6	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

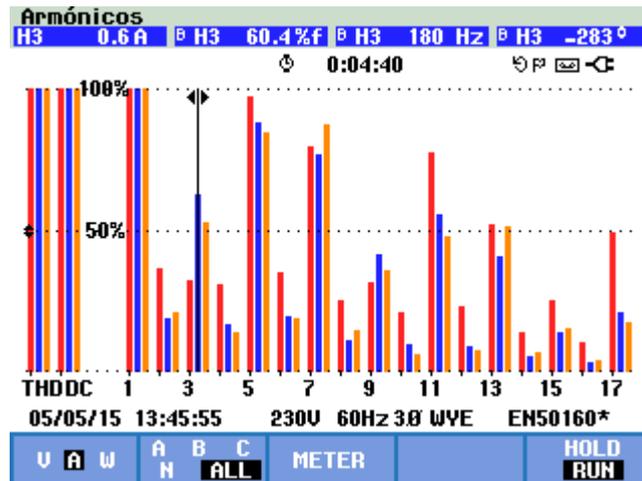


Ilustración 38. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con variador a 60Hz.

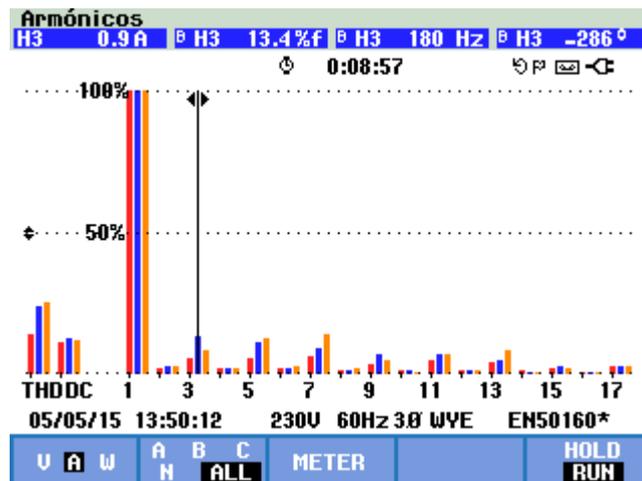


Ilustración 39. Gráfico de comportamiento de los Armónicos con filtrado de 5° orden a 60Hz.

**Práctica No.8: Empleo de filtros de 3°, 5° y 7° orden para corrección de armónicos en cargas trifásicas.**

**DATOS INFORMATIVOS.**

- **PRÁCTICA N° 8**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**
- **TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas**

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Empleo de los filtros pasivos de 3, 5 y 7 orden en carga trifásica.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizar filtros pasivos de 3°, 5° y 7° orden para corrección de distorsión armónica en motor trifásico controlado con variador de frecuencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprender el funcionamiento de los filtros pasivos.

Diferenciar los efectos de cada armónico inducido en las redes eléctricas.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de un circuito de fuerza para motor trifásico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de fuerza para arrancar un Motor Trifásico mediante el variador de frecuencia.

El circuito de fuerza está compuesto por los fusibles de protección, guardamotor, el control de motor por medio del variador de frecuencia y el motor trifásico.

El Motor es activador mediante el variador de frecuencia y mediante el mismo se podrá modificar la velocidad.

Montar el circuito de filtrado para el filtrados de los armónicos inducidos por el motor trifásico mediante los filtros pasivos de 3°, 5° y 7°.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para el filtrado de armónico en las redes eléctricas.

Analizador de redes.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla no. 1: Variador de frecuencia a 30 Hz sin filtro.

Tabla no. 2: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado.

Tabla no. 3: Variador de frecuencia a 40 Hz sin filtro.

Tabla no. 4: Variador de frecuencia a 40 Hz con filtrado.

Tabla no. 5: Variador de frecuencia a 50 Hz sin filtro.

Tabla no. 6: Variador de frecuencia a 50 Hz con filtrado.

Tabla no. 7: Variador de frecuencia a 60 Hz sin filtro.

Tabla no. 8: Variador de frecuencia a 60 Hz con filtrado.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuáles son las frecuencias de sintonía de los filtros utilizados?

¿Qué efecto tiene un variador de frecuencia en cuanto a la distorsión armónica generada?

¿Qué efecto tiene un filtro pasivo?

¿Cuántos terminales tiene el motor de la práctica?

¿Cuál es el efecto de los armónicos de 5° y 7° orden?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTROS DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	160	148	210	160	136	193
<b>3°</b>	85	48	69	84	47	44
<b>5°</b>	89	83	60	85	76	67
<b>7°</b>	74	85	92	72	77	57

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5 y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	8	15	16	13	14	14
<b>3°</b>	6.2	5	9	7	5.1	5.1
<b>5°</b>	5.7	9	8.1	6	7	4
<b>7°</b>	6	6.9	4.6	5.8	10	6

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	144	132	135	146	134	139
<b>3°</b>	71	49	51	74	45	36
<b>5°</b>	87	80	80	84	73	75
<b>7°</b>	72	86	70	71	80	58

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	8.1	9	10.2	9	11	10
<b>3°</b>	5.2	5	7	6	6.1	6.4
<b>5°</b>	5.6	4.2	6	4.1	8	6
<b>7°</b>	8	6	5.8	4	5.1	5.2

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	140	140	170	137	132	135
<b>3°</b>	59	41	33	56	36	23
<b>5°</b>	89	89	100	82	74	83
<b>7°</b>	73	87	70	69	77	58

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	5	8	10	8	7	9.8
<b>3°</b>	3	6	8.4	6	5.1	5.6
<b>5°</b>	3.8	5.2	5.6	6.2	8.6	6
<b>7°</b>	5	4.9	6	6.8	11.6	8

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	140	154	190	140	135	143
<b>3°</b>	70	37	15	59	43	17
<b>5°</b>	89	82	90	83	75	82
<b>7°</b>	77	86	71	70	77	56

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	13	15	16	13	14	14
<b>3°</b>	6.2	5	9	7	5.1	10
<b>5°</b>	5.2	11	10.1	6	10	11
<b>7°</b>	6	11	6	6.8	11.6	6

Fuente: Los Autores

**Práctica No.9: Efecto de pérdida de fase en filtro de 5° orden para corrección de armónicos.**

**DATOS INFORMATIVOS.**

**PRÁCTICA N° 9**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas**

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Efecto de pérdida de fase en filtro de 5° orden para corrección de armónicos.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Verificar el efecto de la pérdida de una fase en un filtro pasivo de 5° orden.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comparar los datos de un filtrado de un filtro de 5° orden y los datos al momento de la pérdida de una fase.

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un temporizador con sus respectivos contactos.

Esquema de un circuito de control y fuerza del motor trifásico.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar los esquemas de control, montaje y filtrado de un motor trifásico controlado por un variador de frecuencia:

El circuito de fuerza y control del motor comprende la protección del mismo por medio del guardamotor, pasa posteriormente por el variador de velocidad el cual es el encargado de variar la velocidad del motor trifásico de 3HP.

Realizar el esquema de control para el filtro pasivo de 5° orden el cual esta comandado por un selector que se encarga de permitir y cerrar el paso a la alimentación de la bobina del contactor, de los terminales de fuerza se conectara, a la entrada las 3 líneas procedentes de la alimentación y a la salida se conectara los terminales de entrada del filtro.

El sistema de filtrado por medio de filtro pasivo de 5° orden estará compuesto por los siguientes elementos su protección, resistencia, inductancias y capacitancia.

El variador de frecuencia se encargara del control de motor tanto el arranque la parada y su variación de velocidad.

Simular la pérdida de una fase del filtro pasivo de 5° orden mediante la apertura de un portafusible y verificar los datos con los datos obtenidos en la práctica.

Montar el circuito, alimentar el banco de trabajo con una tensión trifásica de 120Vac y comprobar su funcionamiento.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para filtrado de armónicos de las redes eléctricas.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla no. 1: Variador de frecuencia a 30 Hz sin filtro.

Tabla no. 2: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado.

Tabla no. 3: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado y pérdida de fase.

Tabla no. 4: Variador de frecuencia a 40 Hz sin filtro.

Tabla no. 5: Variador de frecuencia a 40 Hz con filtrado.

Tabla no. 6: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado y pérdida de fase.

Tabla no. 7: Variador de frecuencia a 50 Hz sin filtro.

Tabla no. 8: Variador de frecuencia a 50 Hz con filtrado.

Tabla no. 9: Variador de frecuencia a 30 Hz con filtrado y pérdida de fase.

Tabla no. 10: Variador de frecuencia a 60 Hz sin filtro.

Tabla no. 11: Variador de frecuencia a 60 Hz con filtrado.

Tabla no. 12: Variador de frecuencia a 60 Hz con filtrado y pérdida de fase.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es efecto de la pérdida de fase en un filtro pasivo?

¿Cuál es el armónico predominante en el sistema?

¿Qué efecto tiene el 5º armónico en las redes eléctricas?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

<b>VALORES SIN FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	160	148	210	160	136	193
<b>3°</b>	85	48	69	84	47	44
<b>5°</b>	89	83	60	85	76	67
<b>7°</b>	74	85	92	72	77	57

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

<b>VALORES CON FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	61	75	60	70	80	59
<b>3°</b>	30	24	19	36	28	18
<b>5°</b>	32	46	30	38	45	31
<b>7°</b>	31	50	25	31	50	25

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO Y PERDIDA DE FASE.**

<b>VALORES CON FILTRADO</b>						
	<b>MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800</b>			<b>ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>THD</b>	65	87	205	70	87	190
<b>3°</b>	32	28	69	36	25	55
<b>5°</b>	35	44	60	35	40	67
<b>7°</b>	28	52	92	34	48	55

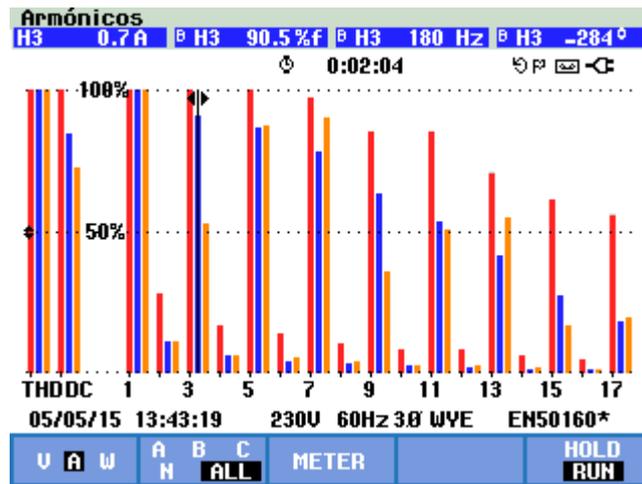


Ilustración 40. Valores medidos de un motor a 30Hz.

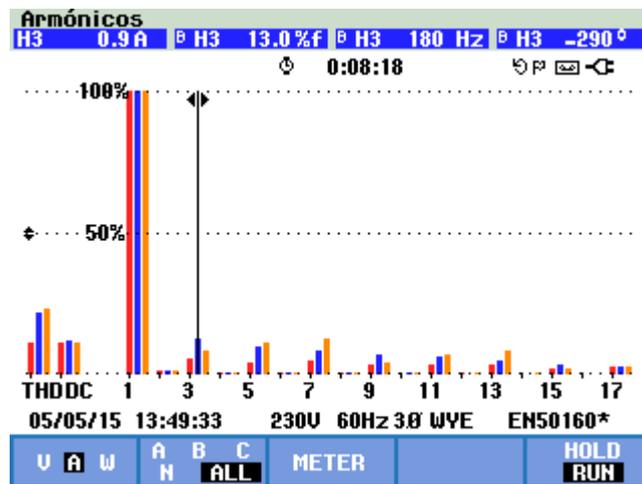


Ilustración 41. Valores medidos con filtrado de 5° orden de un motor a 30Hz.

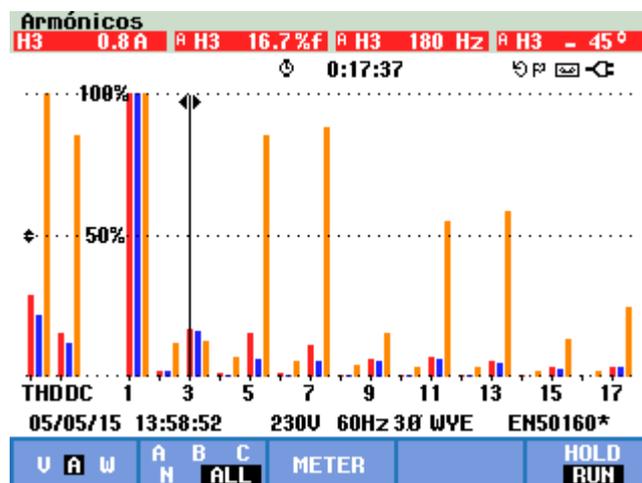


Ilustración 42. Valores medidos con filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 30Hz.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	144	132	135	146	134	139
<b>3°</b>	71	49	51	74	45	36
<b>5°</b>	87	80	80	84	73	75
<b>7°</b>	72	86	70	71	80	58

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	70	95	64	74	93	61
<b>3°</b>	30	32	8	34	28	13
<b>5°</b>	43	52	34	42	49	36
<b>7°</b>	35	57	24	36	54	24

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO Y PERDIDA DE UNA LINEA.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	70	95	135	74	93	139
<b>3°</b>	30	32	51	34	28	36
<b>5°</b>	43	52	80	42	49	75
<b>7°</b>	35	57	70	36	54	58

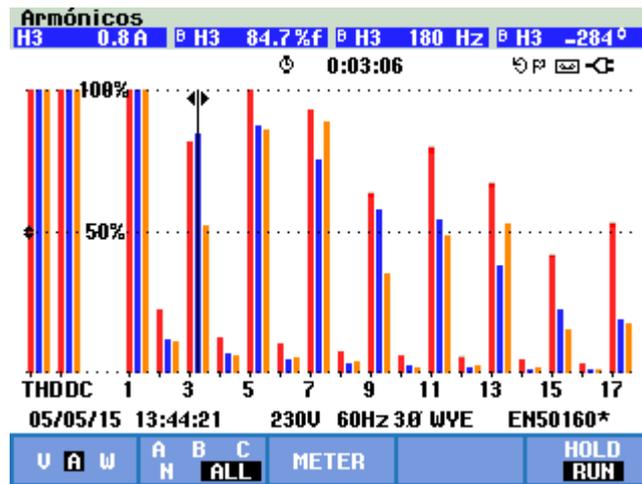


Ilustración 43. Valores medidos de un motor a 40Hz.

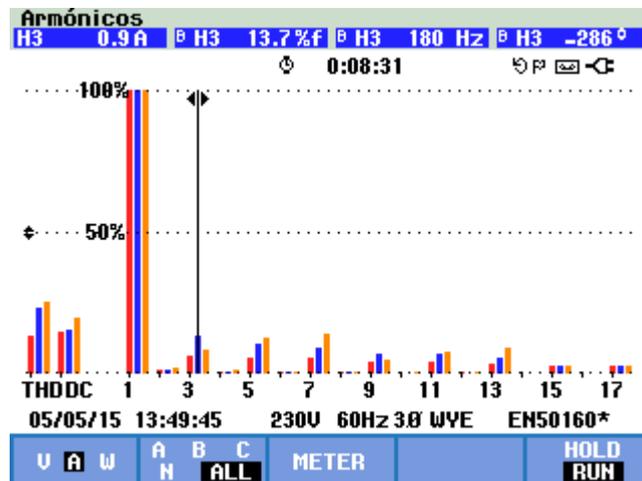


Ilustración 44. Valores medidos con filtrado de 5° orden de un motor a 40Hz.

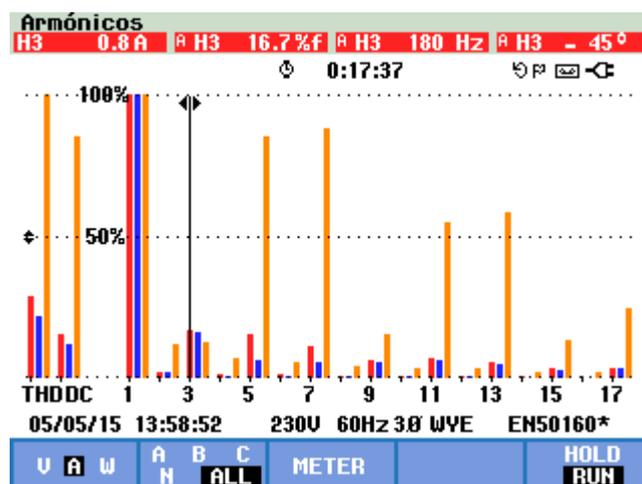


Ilustración 45. Valores medidos con filtrado de 5° orden y pérdida de fase de un motor a 40Hz.

**Práctica No 10: Efecto de la conexión estrella delta de un transformador con armónico de 3 orden inducido en la red.**

**DATOS INFORMATIVOS**

- **PRÁCTICA N° 10**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**
- **TIEMPO ESTIMADO: 2:00 Hora**

**DATOS DE LA PRÁCTICA.**

- **TEMA:** Efecto de la conexión estrella delta de un transformador cuando existe 3° armónico inducido en la red.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Observar que efecto tiene la conexión estrella delta con respecto al filtrado del 3° armónico.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprender el efecto de la conexión estrella delta en un transformador respecto al 3° armónico inducido.

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Diseñar el esquema de control y de fuerza para el control de tres luces incandescentes controladas mediante dimmers.

Mediante el dimmer se podrá controlar las diferentes luminarias, lo cual nos permitirá variar los porcentajes del tercer armónico inducido en la red.

Se colocara un transformador y realizar una conexión estrella delta para de esta manera observar el efecto de la conexión delta respecto al filtrado de tercer armónico.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para el filtrado de armónicos en las redes eléctricas.

Analizador de redes fluke 435.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla no. 1: Valores sin compensar dimmer a 70vac.

Tabla no. 2: Valores compensados mediante conexión del trafo estrella-delta dimmer a 70vac.

Tabla no. 3: Valores sin compensar dimmer a 90vac.

Tabla no. 4: Valores compensados mediante conexión del trafo estrella-delta dimmer a 90vac.

Tabla no. 5: Valores sin compensar dimmer a 100vac.

Tabla no. 6: Valores compensados mediante conexión del trafo estrella-delta dimmer a 100vac.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito de control.

Diagrama del circuito de fuerza.

Tablas para mediciones y resultados.

- **CUESTIONARIO**

¿Por qué la conexión estrella delta evita armónico de 3º orden?

¿Cuál es el efecto de un armónico de secuencia cero?

¿Qué cargas no lineales nos generan armónicos del 3º orden?

¿Conclusiones de esta práctica?

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MITIGACIÓN DEL 3° ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 1: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 70VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	140	154	190	140	135	143
<b>3°</b>	70	50	80	75	43	75

**TABLA No. 2: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 70VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	71	90	67	74	90	64
<b>3°</b>	25	27	30	29	25	25

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MITIGACIÓN DEL 3° ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 3: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 90VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	102	98	112	105	100	110
<b>3°</b>	50	45	47	45	40	52

**TABLA No. 4: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 90VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	50	48	51	48	51	51
<b>3°</b>	20	18	14	19	24	15

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: MITIGACIÓN DEL 3° ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 5: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 100VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	50	56	62	49	56	60
<b>3°</b>	35	39	33	30	35	39

**TABLA No. 6: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 100VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>	28	30	35	28	26	32
<b>3°</b>	15	10	9	12	10	11

Fuente: Los Autores

**ANEXO B**

**TABLA DE RESULTADOS PROPUESTAS PARA PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO**

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: ARMÓNICOS GENERADOS POR  
REGULADORES DE ILUMINACIÓN ELECTRÓNICA.**

**TABLA No. 1: PORCENTAJES DE DISTORSIÓN ARMÓNICA A  
DIFERENTES NIVELES DE TENSIÓN.**

VALORES MEDIDOS POR DMG 800						
	3° ARMÓNICO			THD		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>60VAC</b>						
<b>80VAC</b>						
<b>100VAC</b>						
<b>110VAC</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 1: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 1: DIMMER A 60VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>60VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>						
<b>Con filtrado</b>						
<b>% de filtrado</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 2: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 2: DIMMER A 80VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>						
<b>Con filtrado</b>						
<b>% de filtrado</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 3: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 3: DIMMER A 100VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>						
<b>Con filtrado</b>						
<b>% de filtrado</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA N° 4: ANÁLISIS Y FILTRADO DE 3° ARMÓNICO DE LUMINARIAS CONTROLADAS POR DIMMER.**

**TABLA No. 4: DIMMER A 110VAC.**

<b>VALORES MEDIDOS POR DMG 800</b>						
	<b>3° ARMÓNICO</b>			<b>THD</b>		
<b>80VAC</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>Sin filtrado</b>						
<b>Con filtrado</b>						
<b>% de filtrado</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN  
ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE  
FRECUENCIA.**

**TABLA No. 1: PORCENTAJES DE 3º ARMÓNICO DEL MOTOR A  
DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>3º ARMONICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>			
<b>40 HZ</b>			
<b>50 HZ</b>			
<b>60 HZ</b>			

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN  
ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE  
FRECUENCIA.**

**TABLA No. 2: PORCENTAJES DE 5º ARMÓNICO DEL MOTOR A  
DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>5º ARMONICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>			
<b>40 HZ</b>			
<b>50 HZ</b>			
<b>60 HZ</b>			

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: ANÁLISIS DE DISTORSIÓN  
ARMÓNICA DE UN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE  
FRECUENCIA.**

**TABLA No. 3: PORCENTAJES DE 7º ARMÓNICO DEL MOTOR A  
DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA.**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>3º ARMONICO</b>		
	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>L3</b>
<b>30 HZ</b>			
<b>40 HZ</b>			
<b>50 HZ</b>			
<b>60 HZ</b>			

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 3° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTROS DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5 y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: EMPLEO DE FILTRO DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 50 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: EMPLEO DE FILTRO DE 3°, 5° Y 7°  
ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR  
CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS  
VARIABLES.**

**TABLA No. 7: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**TABLA No. 8: VARIADOR DE FRECUENCIA A 60 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO 3°, 5° Y 7° ORDEN						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 1: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**TABLA No. 2: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**TABLA No. 3: VARIADOR DE FRECUENCIA A 30 HZ CON FILTRADO Y PERDIDA DE FASE.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
3°						
5°						
7°						

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: EMPLEO DE FILTRO DE 5° ORDEN PARA CORRECCIÓN DE ARMÓNICOS EN MOTOR CONTROLADO POR UN VARIADOR DE FRECUENCIA A FRECUENCIAS VARIABLES.**

**TABLA No. 4: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ SIN FILTRO.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 5: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**TABLA No. 6: VARIADOR DE FRECUENCIA A 40 HZ CON FILTRADO Y PERDIDA DE UNA LINEA.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						
<b>5°</b>						
<b>7°</b>						

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MITIGACIÓN DEL 3º ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 1: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 70VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3º</b>						

**TABLA No. 2: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 70VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3º</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MITIGACIÓN DEL 3° ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 3: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 90VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						

**TABLA No. 4: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 90VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						

Fuente: Los Autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: MITIGACIÓN DEL 3° ARMÓNICO  
GENERADOS POR DIMMER MEDIANTE LA CONEXIÓN DE UN  
TRANSFORMADOR EN ESTRELLA-DELTA.**

**TABLA No. 5: VALORES SIN COMPENSAR DIMMER A 100VAC.**

VALORES SIN FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						

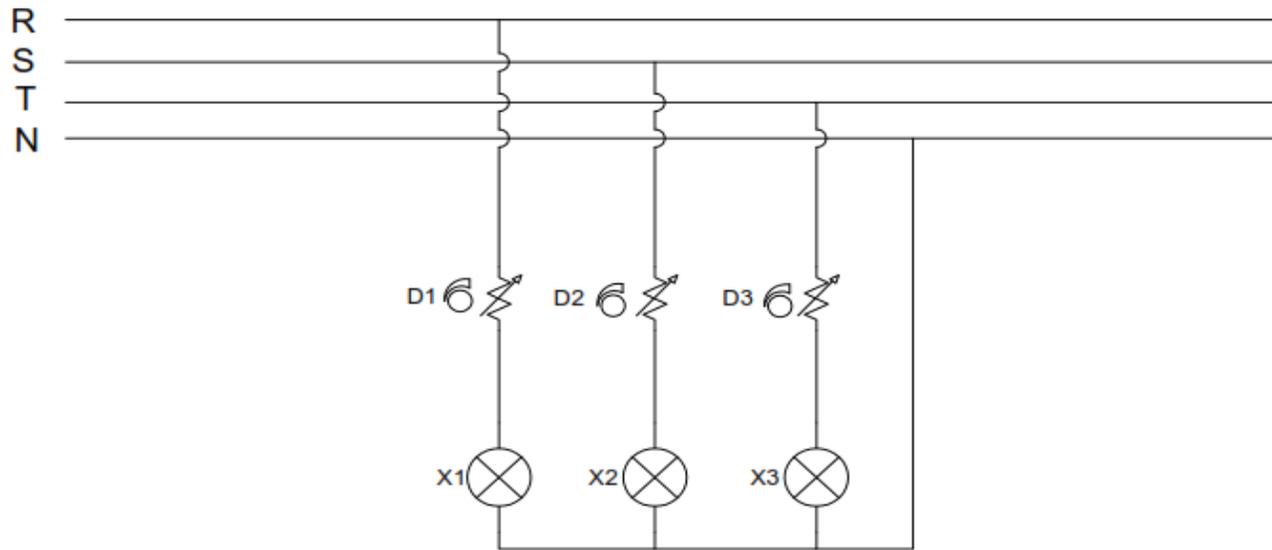
**TABLA No. 6: VALORES COMPENSADOS MEDIANTE CONEXIÓN DEL  
TRAFO ESTRELLA-DELTA DIMMER A 100VAC.**

VALORES CON FILTRADO						
	MEDIDOR DE ENERGIA DMG 800			ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
<b>THD</b>						
<b>3°</b>						

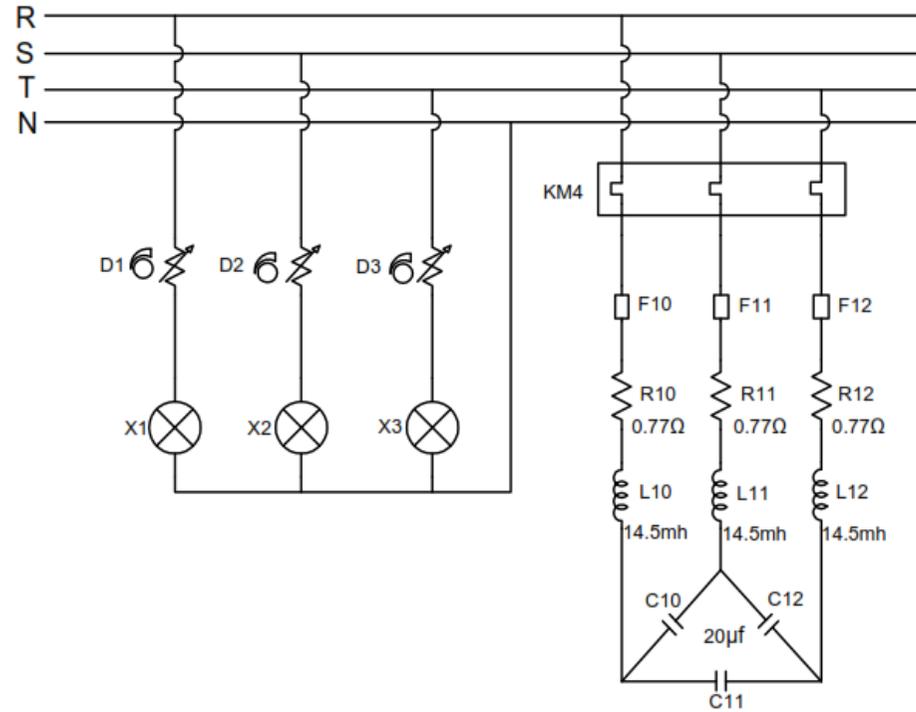
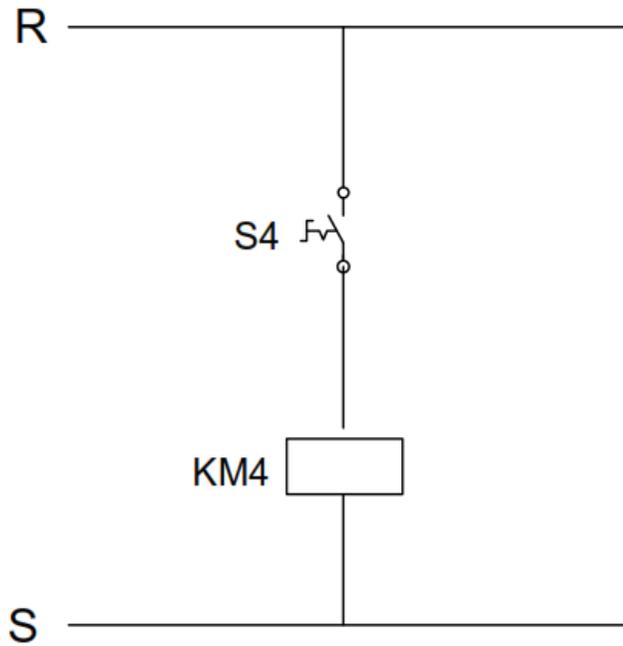
Fuente: Los Autores

**ANEXO C**

**DIAGRAMA ELECTRICO DEL BANCO DE CONTROL INDUSTRIAL  
ELECTROMECHANICO**

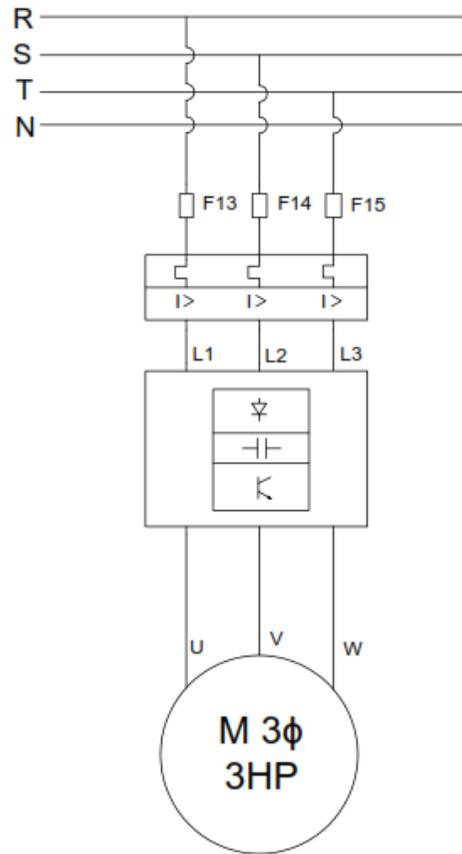


**Diagrama de conexiones práctica 3**



FILTRO DE 3° ORDEN LUMINARIAS

Diagrama de conexiones práctica 4



**Diagrama de conexiones práctica 5**

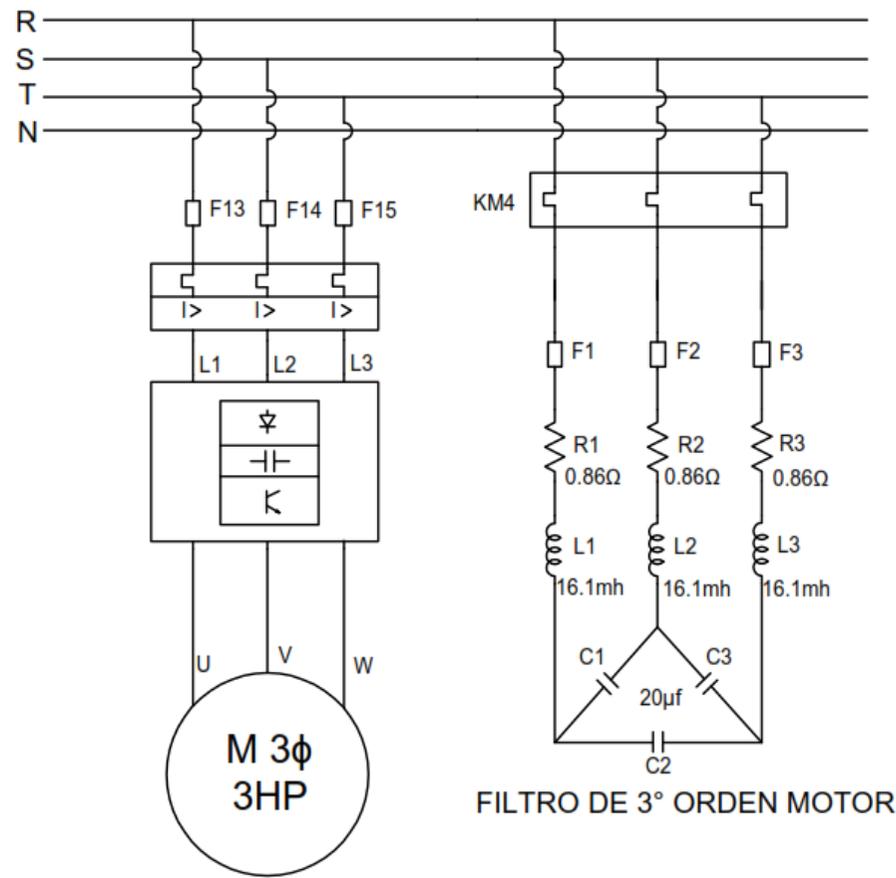
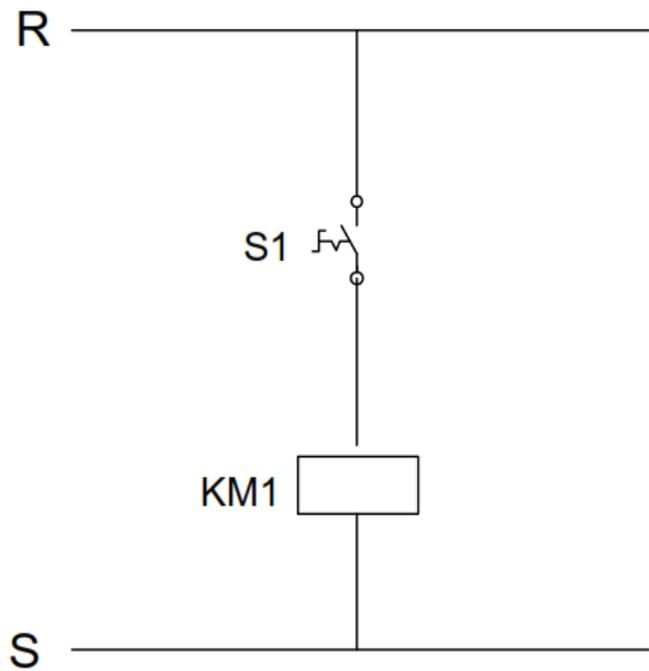


Diagrama de conexiones práctica 6

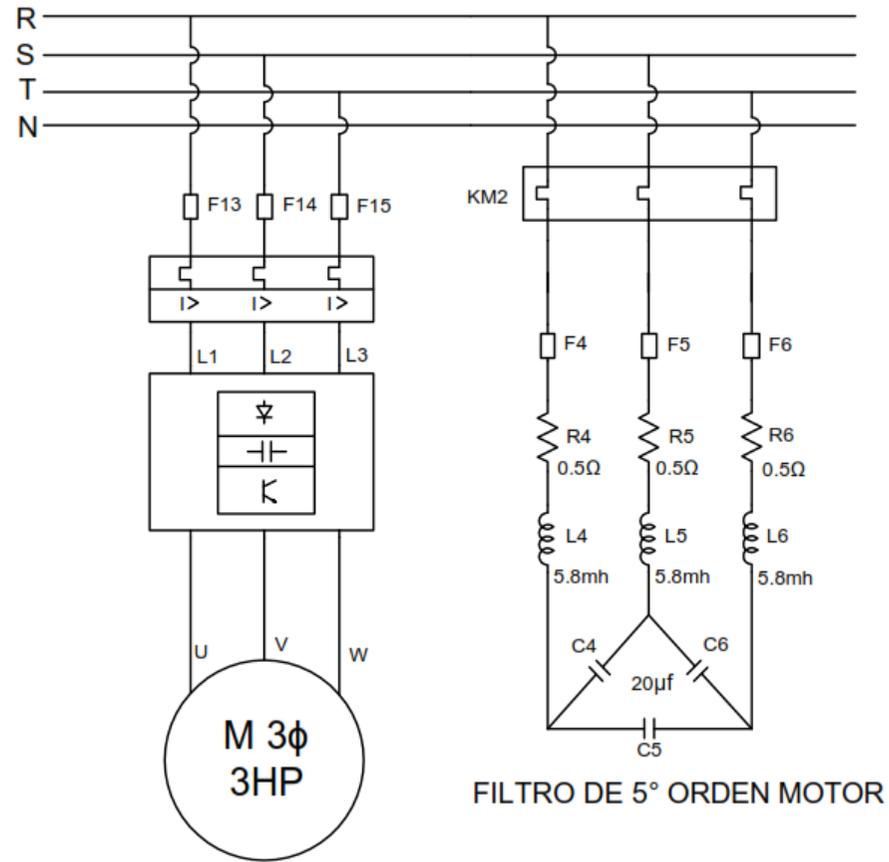
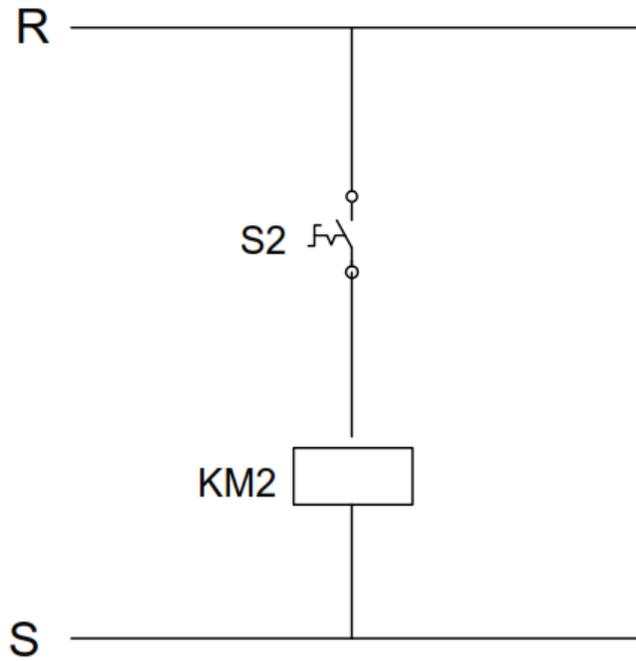
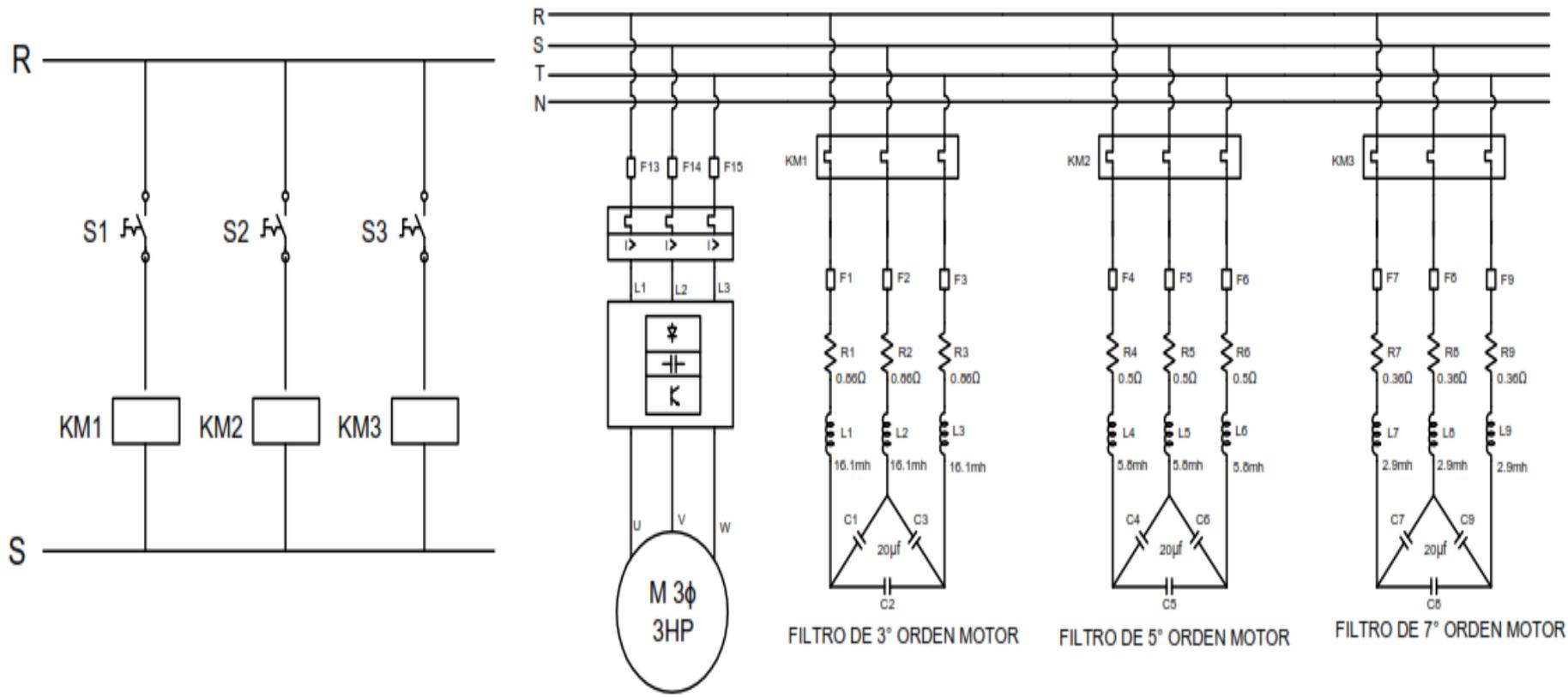


Diagrama de conexiones práctica 7



**Diagrama de conexiones práctica 8**

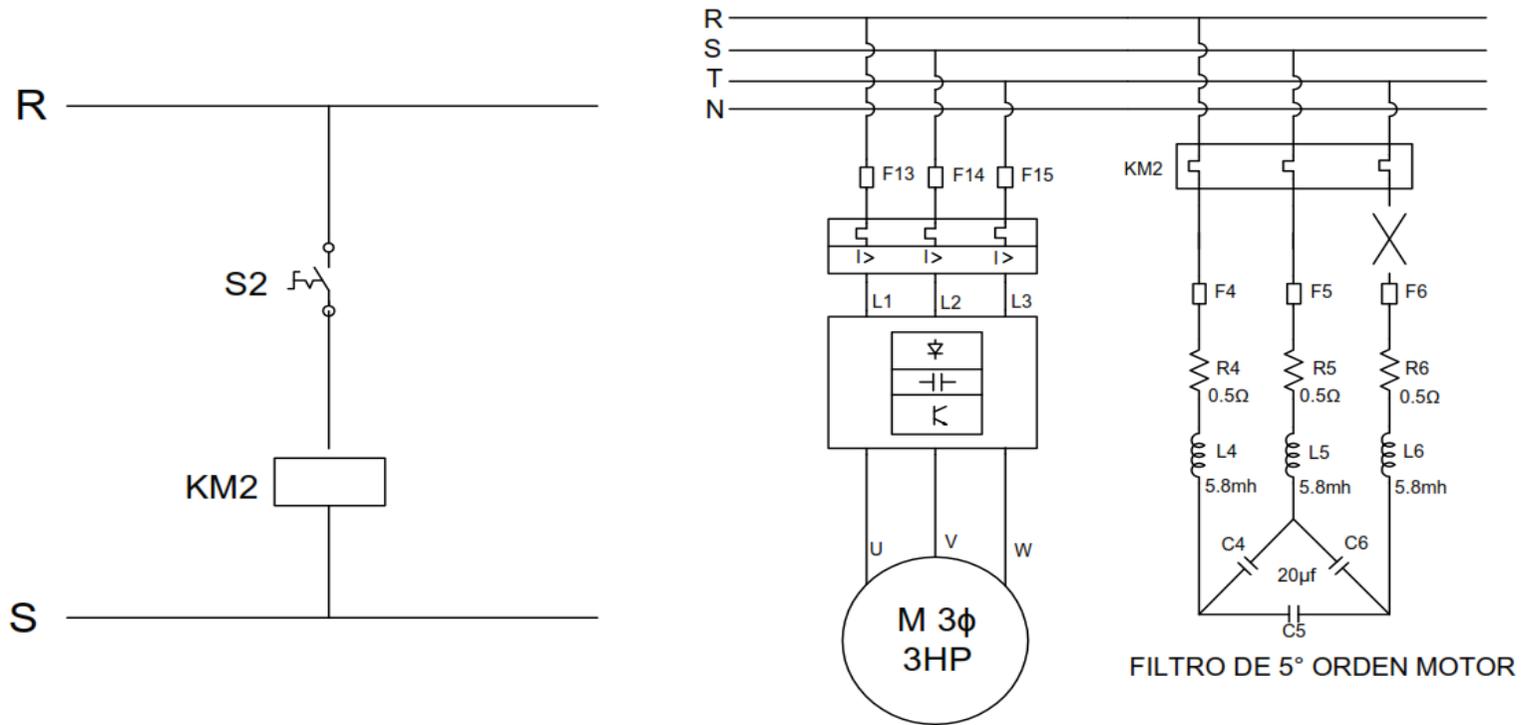
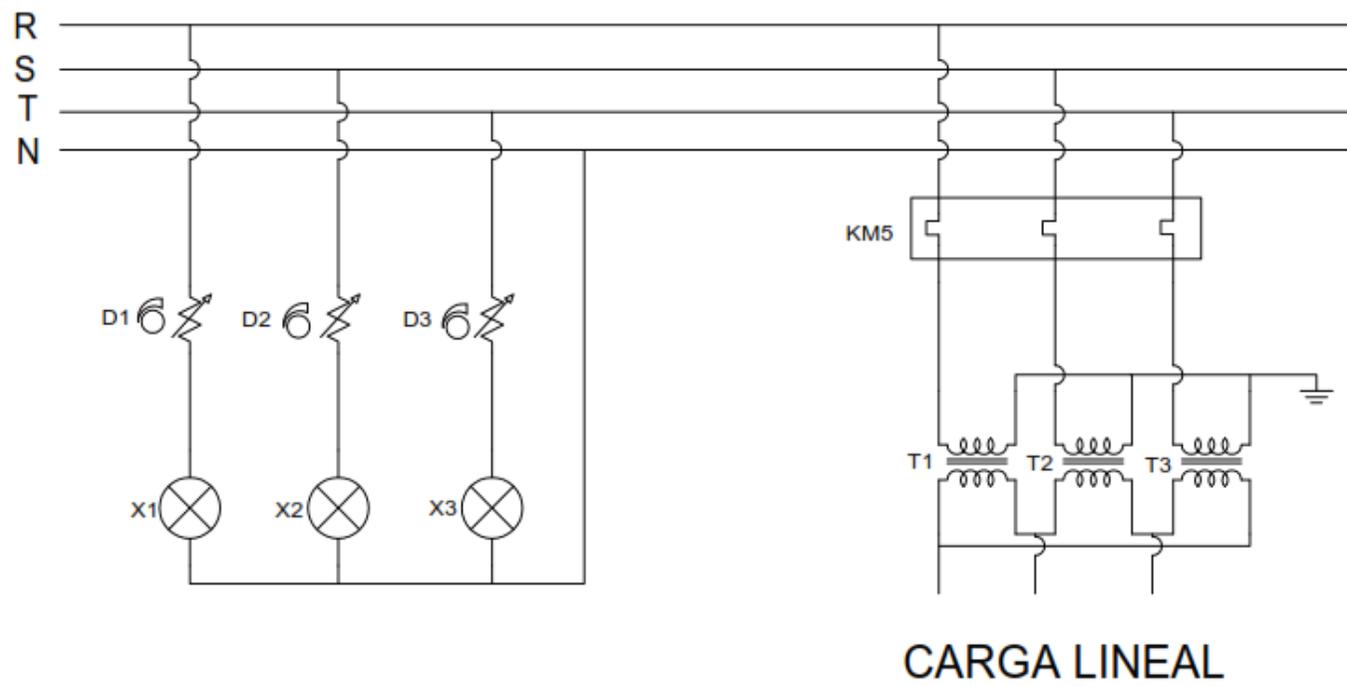


Diagrama de conexiones práctica 9



**Diagrama de conexiones práctica 10**

**ANEXO D.**

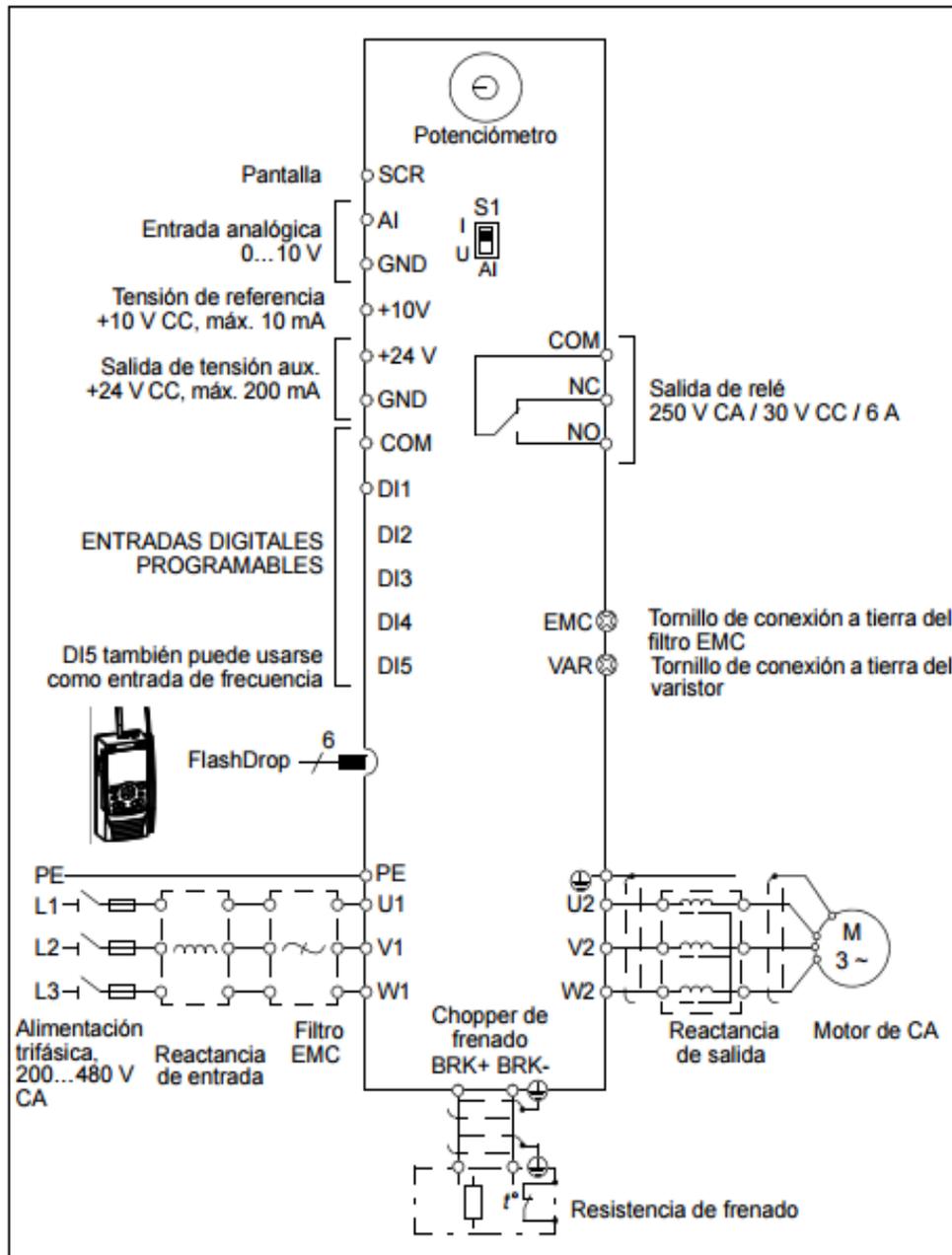
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS EN EL  
BANCO DE PRUEBA.**

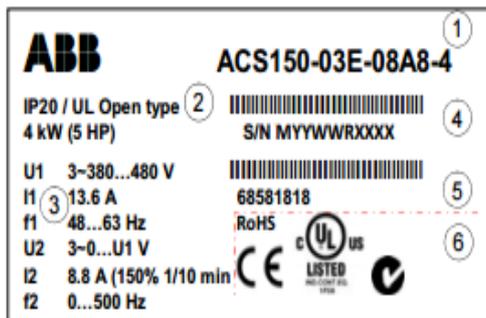
Hoja de especificaciones del Contactor

Características \ Modelo		NC1-09	NC1-12	NC1-18
Tamaños		Tamaños 1 (3P, 4P)		Tamaños 2 (3P)
				
Corriente térmica nominal (A) AC-1		20	20	32
Corriente de servicio nominal (A)	380/400V	AC-3	9	12
		AC-4	3.5	5
	660/690V	AC-3	6.6	8.9
		AC-4	1.5	2
Tensión de aislamiento nominal (Vca)		690	690	690
Potencia del motor de jaula, trifásico en categoría AC-3	kW	220/230V AC	2.2	3
		380/400V AC	4	5.5
		660/690V AC	5.5	7.5
	hp	200V AC	3	5
		240V AC	3	5
		460V AC	5	7.5
		600V AC	5	7.5
	Cidos de trabajo (operaciones/hora)	Eléctrico	AC-3	1,200
AC-4			300	300
Mecánico		3,600	3,600	
Vida eléctrica (X 10 <sup>3</sup> operaciones)	AC-3	1,000	1,000	
	AC-4	200	200	
Vida mecánica (X 10 <sup>6</sup> operaciones)		10	10	
Fusible de protección		RT16-20	RT16-20	

Fuente: Catálogo Chint electric, 2013

## HOJA TÉCNICA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA



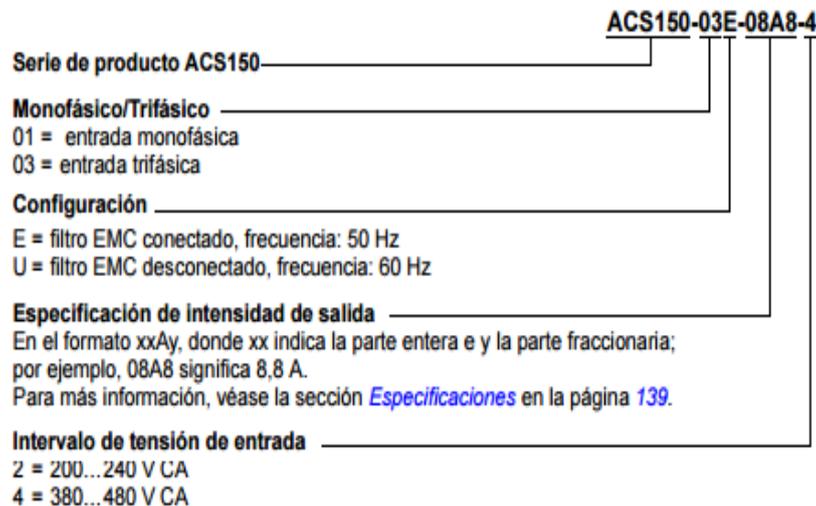


Etiqueta de designación de tipo

1	Designación de tipo, véase el apartado <i>Etiqueta de designación de tipo</i> en la página 22
2	Grado de protección según armario (IP y UL/NEMA).
3	Especificaciones nominales; véase el apartado <i>Especificaciones</i> en la página 139.
4	Número de serie en el formato MYYWWRXXXX, donde M: Fabricante YY: 09, 10, 11, ... para 2009, 2010, 2011, ... WW: 01, 02, 03, ... para semana 1, semana 2, semana 3, ... R: A, B, C, ... para el número de revisión del producto XXXX: Entero que se inicia cada semana a partir de 0001
5	Código MRP ABB del convertidor.
6	Marcado CE y marcado C-Tick y C-UL US y RoHS (la etiqueta de su convertidor muestra el marcado aplicable en su caso).

## Etiqueta de designación de tipo

La designación de tipo contiene información acerca de las especificaciones y la configuración del convertidor. Encontrará la etiqueta de designación de tipo adherida al convertidor. Los primeros dígitos, empezando por la izquierda, indican la configuración básica, por ejemplo ACS150-03E-08A8-4. Las explicaciones de las selecciones de las etiquetas de designación de tipo se describen a continuación.



Fuente: Manual Convertidores de frecuencia ABB ACS150, 2009

## HOJA TÉCNICA DEL MOTOR TRIFASICO

## Series 300 Rotating Machine System

### Purpose

The Hampden Series 300 Three Horsepower machines, controllers, and accessories provide a total coordinated program for the study of the operating characteristics of large motors and generators. All equipment is designed for compatible electrical and mechanical characteristics. This provides complete versatility in the selection of machines and accessories for specific training objectives.

### Description

All machines have double-ended shafts for fast and convenient coupling. Interconnecting leads plug into heavy-duty binding posts on silk-screened terminal panels. All machines are mounted on mobile bases. Each machine is equipped with either motor starter or circuit breaker protection.

### Machines

- SM-300 Synchronous Machine
- DM-300 DC Machine
- SRM-300 Synchronous Reluctance Motor
- DCM-300 DC Motor
- DYN-300 Electrodynamometer
- WRM-300 Wound Rotor Motor
- IM-300 Squirrel Induction Motor (Wye/Delta)
- IM-300-4 Induction Motor (4/6/8/12 poles)
- MFM-300 Two Value Capacitor Motor
- DCG-300 DC Generator
- DSDM-300 Dahlander Motor
- MPB-300 Magnetic Particle Brake
- RSIM-300 Repulsion Start Induction Motor

### Power & Instrumentation

- HMR-22016 AC/DC Power Supply
- ACVA-300 AC Voltmeter and Ammeter Module
- DCVA-300 DC Voltmeter and Ammeter Module
- ACWM-300A AC Wattmeter Module 1 $\phi$  & 3 $\phi$
- ACWM-3 $\phi$ -Y AC Wattmeter Module 3 $\phi$
- AC3A-300 AC Ammeter Module (3 meters)
- AC3V-300 AC Voltmeter Module (3 meters)
- H-PAM-300 Phase Angle Meter Module
- ACS-3 Synchroscope Module
- ACHZ-120/240 Frequency Meter Module (dual voltage)
- AC-VAR-3 Varmeter Module
- H-PFM-300 Power Factor Meter Module

### Starters - DC

- DC-MS-300 DC Manual Starter
- DC-AS-300B DC Automatic Starter

### Starters - AC

- MS-300-3A AC Magnetic Starter
- MS-300-YD Wye/Delta Starter
- MS-300-DS Drum Switch Manual Starter (AC and DC)
- ACAS-SM-300-2RA Synchronous Motor Starter
- ACRS-300-C Reduced Voltage Two-step Resistance Starter

### Loading

- HMRL-4.2 Resistance Load Cart, 1 $\phi$  & 3 $\phi$  4.2KW
- HMIL-4.2 Inductance Load Cart, 1 $\phi$  & 3 $\phi$  4.2KVA
- HMCL-4.2 Capacitance Load Cart, 1 $\phi$  & 3 $\phi$  4.2KVA
- RL-300-IM Resistance Load, 1 $\phi$  1200 Watts
- IL-300-IM Inductance Load, 1 $\phi$  1140 VAR
- CL-300-IM Capacitance Load, 1 $\phi$  1140 VAR
- PB-300 Prony Brake, 25 ft.lbs
- VIL-300 Variable Inertia Load (9 discs)

### Switches

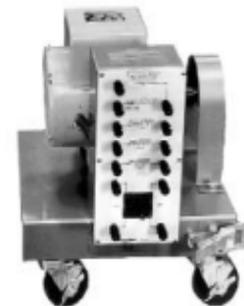
- H-SD-3PS Wye/Delta Switch
- H-RS-3PDTCO Reversing Switch
- H-LS-3PST Load Switch
- SYN-300-A Synchronizing Switch with lamps
- H-PSC-DM-3 Pole Changing Switch - Dahlander

### Miscellaneous

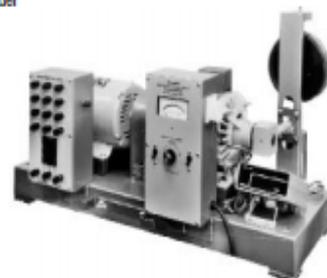
- DC-ARC-300A DC Armature Resistance Controller (Resistor Type)
- WRSC-300 Wound Rotor Speed Controller
- WRSC-300R Wound Rotor Speed Controller - Rheostat type
- SFR-300 Series Field Diverter
- SFR-300B Shunt Field Rheostat
- T/OS-300A Tachometer and Generator
- H-REM-LC-D Load Cell with digital readout and signal conditioner
- CS-300 Cord Set



DM-300 DC Machine



MFM-300 Two Value Capacitor Motor



IM-300 Induction Motor coupled to MPB-300 Magnetic Particle Brake

All Hampden units are available for operation at any voltage or frequency

**Hampden**  
ENGINEERING CORPORATION

Fuente: Catálogo HAMPDER, 2002

## HOJA TÉCNICA DEL MEDIDOR DE ENERGIA



### Introduction

The DMG800 multimeter has been designed to combine the maximum possible easiness of operation together with a wide choice of advanced functions. Thanks to its flush-mount 96x96mm housing, the DMG800 joins the modern design of the front panel with the tool-less mounting of the device body and the expansion capability of the rear panel, where it is possible to mount plug-in modules of EXP... series. The graphic LCD graphic display offers a user-friendly interface. The rich variety of functions, makes the DMG series multimeters the ideal choice for a wide range of applications.

### Description

- Flush-mount housing, 96x96mm
- Graphic LCD display, 128x80 pixels, white backlight, 4 grey levels.
- Keyboard with 4 keys for visualization and setting.
- Easy and fast navigation.
- Compatible with LV, MV, HV applications.
- Texts for measures, setup and messages in 5 languages.
- Reading of more than 300 electrical parameters.
- Harmonic analysis of voltage and current up to 31.st order.
- Expansion bus for maximum 4 plug-in modules EXP... series.
- Advanced programmable I/O functions.
- True RMS measurements.
- Continuous (gapless) sampling.
- High accuracy.
- Sealable terminal covers.
- Settings lock through sealable dip-switch.

### Keyboard functions

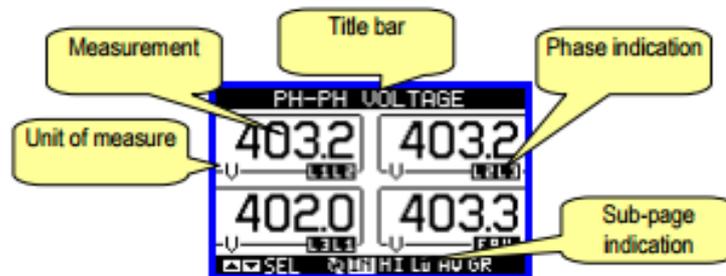
**MENU key** – Used to enter or exit from visualization and setting menus

**▲ and ▼ keys** – Used to scroll display pages, to select among possible choices and to modify settings (increment-decrement).

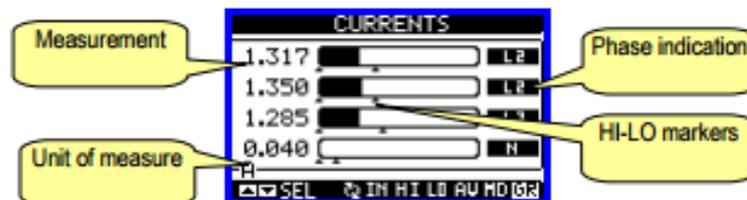
**↻ key** – Used to rotate through sub-pages, to confirm a choice, to switch between visualization modes.

### Viewing of measurements

- The ▲ and ▼ keys allow to scroll the pages of viewed measurements one by one. The page being viewed is written in the title bar.
- Some of the readings may not be shown, depending on the programming and the wiring of the device (for instance, if programmed-wired for a three-phase without neutral system, L-N voltage page is not shown).
- For every page, the ⤵ key allows to rotate through several sub-pages (for instance to show the highest/lowest peak for the selected readings).
- The sub-page viewed is indicated in the status bar on the bottom of the display by one of the following icons:
  - **IN = Instantaneous value** – Actual instantaneous value of the reading, shown by default every time the page is changed.
  - **HI = Highest peak** – Highest peak of the instantaneous value of the relative reading. The HIGH values are stored and kept even when auxiliary power is removed. They can be cleared using the dedicated command (see commands menu).
  - **LO = Lowest peak** – Lowest value of the reading, stored from the time the DMG powered-on. It is reseted using the same command used for HI values.
  - **AV = Average value** – Time-integrated value of the reading. Allows showing measurements with slow variations. See integration menu in setup chapter.
  - **MD = Maximum Demand** - Maximum peak of the integrated value. Stored in non-volatile memory and it is resettable with dedicated command.
  - **GR = Graphic bars** – Shows the measurements with graphic bars.



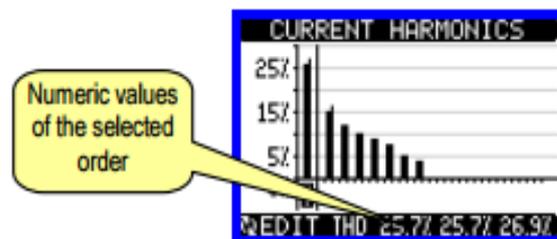
Example of display page with numeric indication



Example of display page with bar-graphs

### Harmonic analysis page

- The DMG800 provides the harmonic analysis up to the 31st order of the following measurements:
  - phase-to-phase voltages
  - phase-to-neutral voltages
  - currents
- For each of these measurements, there is a display page that graphically represents the harmonic content (spectrum) through a bar graph.
- Every column is related to one harmonic order, even and odd. The first column shows the total harmonic distortion (THD).
- Every histogram bar is then divided into three parts, one each phase L1, L2, L3.
- The value of the harmonic content is expressed as a percentage with respect to the fundamental (system frequency).
- It is possible to show the harmonic content in numeric format, pressing **U** button to activate the cursor and then selecting the required order through **▼ ▲**. The lower part of the screen will display a little arrow that points to the selected column, and the relative percentage value of the three phases. Press **U** once more to leave numeric mode.
- The vertical scale of the graph is automatically selected among four full-scale values, depending on the column with the highest value.



### Waveform page

- This page graphically views the waveform of the voltage and current signals read by the DMG800.
- It is possible to see one phase at a time, selecting it with **U** key.

Fuente: Catálogo LOVATO, 2010

## **BIBLIOGRAFÍA.**

Theodore Wildi. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

Ishida, T., & Hedderich, G. (2009). IEEE Std. 61000-2-2/4. Mayo 09, 2015, de IEEE  
Sitio web: <http://www.ieice.org/proceedings/EMC09/pdf/24R3-3.pdf>

Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL

Viloria, J. R. (2009). *Automatismo Industriales*. Madrid: Paraninfo.

Alvarado, H., & Ramírez, J. (2010). Metodología para el análisis de propagación y filtrado de armónicas en sistemas eléctricos. (Tesis de ingeniería Eléctrica). Instituto Politécnico Nacional. México.

Campos, J., Figueroa, E., Stand, L., Ospino, E., & Gómez, A. (2006). Corrección de factor de potencia y control de la demanda. Mayo 10, 2015, de Universidad autónoma de occidente Sitio web:  
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/factor.pdf>

Zapata, Y. (2010). Análisis electrónico de las soluciones que existen en calidad de energía eléctrica y eficiencia energética. (Tesis de ingeniería Eléctrica). Instituto Astral de Chile.

Calero, C. (2001). Calidad del servicio eléctrico de distribución. Mayo, 10, 2015, de CONELEC Sitio web:  
[http://www.elecgalapagos.com.ec/transparencia/files/2013/2.%20Informaci%F3n%20Legal/A2\)%20Regulaciones%20y%20Procedimientos/Calidad%20De%20Servicio.pdf](http://www.elecgalapagos.com.ec/transparencia/files/2013/2.%20Informaci%F3n%20Legal/A2)%20Regulaciones%20y%20Procedimientos/Calidad%20De%20Servicio.pdf).