

**EQUIPOS PARA SOPORTE DE ENERGÍA (UPS Y BANCO DE
BATERÍAS) DE LA SEDE PRINCIPAL UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER, INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, SELECCIÓN
Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
CORRECTIVO**

**CÉSAR AUGUSTO CATALÁN CANTILLO
FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
2008**

**EQUIPOS PARA SOPORTE DE ENERGÍA (UPS Y BANCO DE
BATERÍAS) DE LA SEDE PRINCIPAL UNIVERSIDAD INDUSTRIAL
DE SANTANDER, INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, SELECCIÓN
Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y
CORRECTIVO**

**CÉSAR AUGUSTO CATALÁN CANTILLO
FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS**

**Trabajo de grado para optar al título de:
Ingeniero Electrónico**

**Director:
Ing. JOSÉ ALEJANDRO AMAYA PALACIO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
2008**

Dedico este trabajo a Dios, a mi madre Alida Cantillo, a mis hermanos César Arturo y César Armando, y en especial a mi padre César Catalán quienes siempre me apoyaron en los buenos y malos momentos para alcanzar esta meta.

CÉSAR AUGUSTO CATALÁN CANTILLO

Dedico este trabajo a Dios y a toda mi familia, en especial a mi Padre que desde el cielo me ha guiado para lograr este triunfo, a mi madre y hermanas quienes siempre me apoyaron y motivaron durante mi carrera.

FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirnos tantas oportunidades. A todas las personas que de una manera u otra participaron en el desarrollo de este trabajo de grado, especialmente a nuestro director José Alejandro Amaya Palacio por su compromiso y respaldo incondicional, además de los valiosos aportes académicos y de formación personal compartidos. Al personal de la División de Mantenimiento Tecnológico, por la ayuda y conocimientos brindados, así como también a las empresas locales que contribuyeron con su patrocinio. A nuestros familiares y amigos, por su compañía y motivación. A la Universidad Industrial de Santander y la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por las bases instauradas en nuestra formación personal y profesional.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. CALIDAD DE ENERGÍA	4
1.1 PROBLEMAS DE ENERGÍA	5
1.1.1 Transitorios	6
1.1.2 Variaciones de Corta Duración	8
1.1.3 Variaciones de larga duración	11
1.1.4 Desbalance del Voltaje	14
1.1.5 Distorsión de la Forma de Onda	15
1.1.6 Fluctuaciones de Voltaje	18
1.1.7 Variación de Frecuencia (Frequency Variation)	19
1.1.8 Síntesis de los problemas de la energía	19
1.2 CONTINUIDAD DE LA ENERGÍA Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA	20
1.3 OTRAS SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA	22
1.3.1 Acondicionadores de energía	23
1.3.2 Estabilizadores Automáticos del Voltaje (AVS)	24
1.3.3 Supresores de Subidas y Transitorios de Voltaje (TVSS)	24
2. EQUIPOS PARA SOPORTE DE ENERGÍA – UPS COMPONENTES Y TOPOLOGÍAS	26
2.1 ETAPAS DE LA UPS	27
2.1.1 Inversores	27
2.1.2 Rectificadores	28
2.1.3 Banco de Baterías	30
2.1.4 Filtros	32
2.1.5 Bypasses (puentes)	32
2.2 TOPOLOGÍAS DE LA UPS	44
2.2.1 UPS Sencilla	44
2.2.2 UPS- Distribución de Capacidad en Paralelo	50
2.2.3 UPS Redundantes	52
3. BANCO DE BATERÍAS	55

3.1	EL BANCO DE BATERÍAS DE LA UPS	56
3.1.1	Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cads)	56
3.1.2	Baterías de Ácido-Plomo	57
3.2	INSTALACIÓN DE UN PACK DE BATERÍAS EN UPS	58
3.2.1	Banco de Baterías Interno	60
3.2.2	Banco de Baterías Externo	61
3.2.3	Baterías en Estantes.....	61
3.2.4	Sistemas montados sobre rack.....	62
3.3	TIEMPOS DE RESPALDO DE LAS BATERÍAS.....	63
4.	UPS EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.....	66
4.1	INVENTARIO DE UPS Y BANCO DE BATERÍAS	67
4.2	HOJAS DE VIDA DE LAS UPS.....	73
4.2.1	Equipo.....	74
4.2.2	S.N. y Modelo	74
4.2.3	Marca.....	74
4.2.4	U.A.A	75
4.2.5	Inventario No.	75
4.2.6	Voltaje de Entrada	75
4.2.7	Voltaje de Salida.....	75
4.2.8	Corriente de Salida	76
4.2.9	Potencia.....	76
4.2.10	THD	76
4.2.11	Frecuencia.....	76
4.2.12	Factor de Potencia	76
4.2.13	Otras Descripciones	77
4.2.14	Información de la Baterías.....	77
4.3	INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	78
4.3.2	Tipo de Mantenimiento	79
4.3.3	U.A.A.	79
4.3.4	Inventario No.	80
4.3.5	Inspecciones Eléctricas	80
4.3.6	Mediciones Realizadas.....	81
4.3.7	Baterías	81
4.3.8	Observaciones.....	82

4.3.9 Herramientas y Equipos Utilizados	82
4.3.10 Técnico	82
4.3.11 Fecha de entrega del Informe.....	82
4.3.12 Revisó	83
4.4 PLANO DE LOCALIZACIÓN DE UPS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UIS	83
4.4.1 Plano de localización de UPS por edificios.....	84
4.4.2 Plano de Localización de UPS por Cargas Críticas	86
5. CARACTERIZACIÓN DE UPS	89
5.1 CONSIDERACIONES GENERALES.....	90
5.1.1 Objetivo del Test.....	90
5.1.2 Diversidad de UPS.....	90
5.1.3 Condiciones Eléctricas.....	91
5.2 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA EN CONDICIONES ESTÁTICAS.....	91
5.2.2 Modo Normal – Con Carga	91
5.2.3 Modo Batería – Con Carga	96
5.3 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA – SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITO.....	99
5.4 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA EN CONDICIONES DINÁMICAS.....	99
5.4.1 Cambio del Modo de Operación – Modo Normal a Modo Batería	99
5.4.2 Cambio del Modo de Operación – Modo Normal a Modo Bypass	101
5.5 TEST DE DESCARGA DE BATERÍAS	104
6. SELECCIÓN DE UPS	106
6.1 TIPOS DE CARGA	107
6.2 SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL RANGO DE CAPACIDAD	108
6.2.1 Aplicaciones en Sistemas de Información y Comunicaciones de 300VA a 3kVA	109
6.2.2 Aplicaciones en Redes de 3 a 80kVA.....	110

6.2.3	Aplicaciones en Procesos Industriales y Empresariales de 10 a 800kVA.....	112
6.2.4	Aplicaciones en Sistemas Montados Sobre Rack de 700VA a 30kVA ...	113
6.3	SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL GRADO DE PROTECCIÓN.....	114
6.4	SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL CONSUMO DE LA CARGA	116
6.5	SELECCIÓN DE UPS SEGÚN LA AUTONOMÍA.	119
6.6	PROCESO DE SELECCIÓN DE UNA UPS	120
6.6.2	Revisión de los problemas que afectan el área	121
6.6.3	Medición del consumo de las cargas	121
6.6.4	Selección de la Autonomía	122
7.	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	125
7.1	GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	126
7.2	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRAZADO PARA EQUIPOS DE SOPORTE DE ENERGÍA UPS Y BANCO DE BATERÍAS EN LA UIS	129
7.2.2	Visitas Programadas.....	132
7.2.3	Pruebas a UPS	134
7.3	PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO...134	
	CONCLUSIONES	143
	OBSERVACIONES	146
	RECOMENDACIONES.....	148
	BIBLIOGRAFÍA.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Transitorio en forma de impulso	6
Figura 1.2	Transitorio oscilatorio en la corriente causado por la desconexión de un banco de capacitores.	7
Figura 1.3	Transitorio Oscilatorio	7
Figura 1.4	Interrupción	9
Figura 1.5	Sag	10
Figura 1.6	Subida Temporal de Tensión	11
Figura 1.7	Subida de Voltaje	12
Figura 1.8	Undervoltage	12
Figura 1.9	Interrupción Sostenida	13
Figura 1.10	Porcentaje del Desbalance de Voltaje en un conjunto residencial, medido durante una semana.	14
Figura 1.11	Forma de onda de corriente y espectro armónico para la corriente de entrada de un variador de velocidad.	16
Figura 1.12	Ejemplo de un voltaje con Notching causado por una operación de conversión	17
Figura 1.13	Ejemplo de una fluctuación de voltaje	18
Figura 1.14	Ejemplo de una variación de frecuencia	19
Figura 2.1	Símbolo del inversor	27
Figura 2.2	Símbolo del Rectificador	29
Figura 2.3	Símbolo del Banco de Baterías	30
Figura 2.4	Rizado AC	31
Figura 2.5	Símbolo del Bypass	32
Figura 2.6	Modo Bypass	33
Figura 2.7	Modo bypass con entrada dual	34
Figura 2.8	Bypass de mantenimiento activo	35
Figura 2.9	Bypass de mantenimiento activo con entrada dual	36

Figura 2.10 UPS en modo bypass de mantenimiento, funcionando sin necesidad de usar las baterías	37
Figura 2.11 Switch de Transferencia Mecánico	38
Figura 2.12 Switch de Transferencia Electrónico	39
Figura 2.13 Switch Híbrido de Transferencia	40
Figura 2.14 Switch Híbrido de Transferencia	40
Figura 2.15 Switches de Transferencia de Carga Mecánico	41
Figura 2.16 Switches de Transferencia de Carga Electrónico	42
Figura 2.17 Switches de Aislamiento para UPS	42
Figura 2.18 Switches de Bypass de Mantenimiento	43
Figura 2.19 Switches de Bypass de Mantenimiento	43
Figura 2.20 UPS Simple con Rectificador común para Inversor y Batería	44
Figura 2.21 UPS Sencilla con Cargador de Batería Independiente	45
Figura 2.22 UPS Sencilla con Salida DCy AC	46
Figura 2.23 Esquema de una UPS Off-Line (Standby)	47
Figura 2.24 Esquema de una UPS Line-Interactive	48
Figura 2.25 Esquema de una UPS On-Line (Double conversion).....	49
Figura 2.26 UPS conectada parcialmente en paralelo	51
Figura 2.27 UPS conectada completamente en paralelo	51
Figura 2.28 UPS Stand-by Redundante sin Bypass	52
Figura 2.29 UPS Stand-by Redundante con Bypass	53
Figura 2.30 UPS en Paralelo Redundante sin Bypass.....	54
Figura 3.1 Baterías conectadas en serie	56
Figura 3.2 Batería de ácido plomo de 12Vdc y 100Ah.....	57
Figura 3.3 Arreglo de baterías en serie.....	59
Figura 3.4 Dos filas de baterías conectadas en paralelo	60
Figura 3.5 Ejemplo de una UPS de 3kVA con un banco de baterías interno	60
Figura 3.6 Ejemplo de un banco de baterías externo a una UPS de 80kVA. Se aprecia en el lado izquierdo la UPS y en lado derecho el banco de baterías..	61
Figura 3.7 Baterías en estantes	62

Figura 3.8 Sistema UPS montado en rack.....	63
Figura 3.9 Vida útil con respecto al Incremento de Temperatura.....	64
Figura 4.1 Cantidad de UPS por Edificio.....	68
Figura 4.2 Cantidad de UPS según las tres ubicaciones típicas de la UIS.....	69
Figura 4.3 Distribución de las UPS con cargas críticas según su nivel crítico.....	72
Figura 4.4 Cantidad de UPS respecto a la preferencia de marca.....	73
Figura 4.5 Plano de Localización de UPS y Banco de Baterías en la UIS.....	84
Figura 4.6 Clic sobre el edificio de Laboratorio Livianos.....	85
Figura 4.7 Tabla en la que se muestra las UPS en Laboratorios Livianos.....	85
Figura 4.8 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel alto.....	86
Figura 4.9 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel medio.....	87
Figura 4.10 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel básico.....	87
Figura 4.11 Tabla representativa de las UPS que sostienen cargas críticas.....	88
Figura 5.1 Pruebas a la UPS en los talleres de la DMT.....	90
Figura 5.2 Forma de onda de voltaje a la salida con carga.....	92
Figura 5.3 Forma de onda de corriente a la salida con carga.....	93
Figura 5.4 Forma de onda de potencia a la salida con carga.....	93
Figura 5.5 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga.....	94
Figura 5.6 Componentes armónicos de corriente a la salida con carga.....	94
Figura 5.7 Comportamiento de los distintos valores al momento de conectar la carga.....	95
Figura 5.8 Forma de onda de voltaje a la salida con carga en modo batería.....	96
Figura 5.9 Forma de onda de corriente a la salida con carga en modo batería.....	97
Figura 5.10 Forma de onda de la potencia a la salida con carga en modo batería.....	97
Figura 5.11 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga en modo batería.....	98
Figura 5.12 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga en modo batería.....	98
Figura 5.13 Comportamiento de los distintos parámetros al momento de entrar a modo batería.....	100

Figura 5.14 Comportamiento de los distintos parámetros al momento de entrar a modo bypass	102
Figura 5.15 Forma de onda de la tensión a la salida en modo bypass	103
Figura 5.16 Forma de onda de la corriente a la salida en modo bypass.....	103
Figura 5.17 Forma de onda de la potencia a la salida en modo bypass	103
Figura 5.18 Componentes armónicos de voltaje a la salida en modo bypass	104
Figura 5.19 Componentes armónicos de corriente a la salida en modo bypass..	104
Figura 5.20 Curva de descarga de batería	105
Figura 6.1 Tipos de corrientes de arranque	108
Figura 6.2 Parte posterior de una UPS de 3kVA.....	110
Figura 6.3 UPS PEI de 10kVA que soporta servidores.....	112
Figura 6.4 UPS de 80kVA usada para aplicaciones industriales y empresariales	113
Figura 6.5 UPS para montajes en rack de 3kVA.....	114
Figura 6.6 Tres baterías de la misma tensión y los mismos Ah con sus respectivas curvas de descargas	123
Figura 7.1 Visualización del display de una UPS de 80kVA ubicada en el edificio de Laboratorios Livianos de la UIS	131
Figura 7.2 Ejemplos de sulfatación y suciedad. Imagen tomada de un mantenimiento preventivo a UPS del CENTIC.....	132
Figura A.1 UPS On-Line Basado en Transformador	154
Figura A.2 UPS On-Line sin Transformador	155
Figura A.3 Rectificador Trifásico de 6 Pulsos	155
Figura A.4 Rectificador Trifásico de 12 Pulsos	156
Figura A.5 Circuito rectificador de una UPS sin transformador.....	157
Figura A.7 Ejemplo de modulación por ancho de pulso.....	159
Figura A.6 Circuito Inversor utilizado en una UPS basada en transformador	158
Figura A. 8 Circuito Inversor utilizado en una UPS basada en transformador	159
Figura D. 1 Representación gráfica del Factor de Potencia	171
Figura D. 2 Triángulo de vectores de potencia	172

Figura D.3 Carga Inductiva con un factor de potencia de 0.766 (desfase de 40°) en atraso	173
Figura D.4 Carga con factor de potencia unitario (desfase de 0°)	174
Figura D. 5 Carga capacitiva con un factor de potencia de 0.766 (desfase de 40°) en adelante.....	175
Figura D. 6 Diagrama vectorial de potencia en cargas no lineales	176

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Clases de Variaciones según la duración	8
Tabla 1.2 Síntesis de los problemas de la energía	20
Tabla 1.3 Topologías de UPS y Rendimiento	22
Tabla 1.4 Soluciones a los problemas de energía	25
Tabla 4.1 Distribución de las UPS con cargas críticas según su nivel crítico	72
Tabla 5.1 Especificaciones de la UPS de Prueba	89
Tabla 5.2 Mediciones de la Prueba sin carga en modo normal	91
Tabla 5.3 Mediciones de la prueba con carga en modo normal	92
Tabla 5.4 Valores tomados del display de la UPS en modo normal sin carga	94
Tabla 5.5 Mediciones de la prueba con carga en modo batería	96
Tabla 6.1 Grados de protección necesarios ante problemas eléctricos en ubicaciones típicas de la UIS	115
Tabla 6.2 Topologías de UPS según el nivel de protección.....	115
Tabla 6.3 Ejemplo de especificaciones de Entrada en valores RMS	117
Tabla 6.4 Potencia Aparente para el ejemplo	117
Tabla 6.5 Ejemplos de consumo medio.	118
Tabla 7.1 Periodicidad de Mantenimiento según Capacidad y Nivel Crítico	130
Tabla A.2 Cuadro comparativo de las principales características de las configuraciones de UPS On-Line	160
Tabla B. 1 Tabla de Inventario	161

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	152
ANEXO B.....	161
ANEXO C.....	162
ANEXO D.....	168

RESUMEN

TITULO

EQUIPOS PARA SOPORTE DE ENERGÍA (UPS Y BANCO DE BATERÍAS) DE LA SEDE PRINCIPAL UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, INVENTARIO, CARACTERIZACIÓN, SELECCIÓN Y PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.*

AUTORES

CÉSAR AUGUSTO CATALÁN CANTILLO
FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS**

PALABRAS CLAVES: Continuidad de Energía, Uninterruptible Power Systems (UPS), Banco de Baterías, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Herramienta Ilustrativa.

DESCRIPCIÓN

En este documento se abarca el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de soporte de energía (UPS y Banco de Baterías), de la sede principal de la Universidad Industrial de Santander (UIS), sustentado por un inventario detallado que contiene hojas de vida e informes técnicos de mantenimiento desarrollados en conjunto con la División de Mantenimiento Tecnológico (DMT), así como un plano ilustrativo en donde se especifica la localización de estos dispositivos dentro del campus universitario y una distribución basada en las necesidades de demanda de la Institución.

Inicialmente, se presenta una documentación teórica relacionada con la calidad de la energía. Igualmente, se hace referencia a los conceptos fundamentales de la composición y configuración de UPS y Banco de Baterías. Un aporte importante corresponde a la caracterización y presentación de criterios necesarios para la selección de UPS, todo ello basado en normas y estándares internacionales.

Tras la elaboración de este trabajo, se pretende dejar en marcha el plan de mantenimiento preventivo soportado por la propuesta de protocolo, que va a permitir mantener la continuidad de los procesos propios de la institución, y al mismo tiempo alargar la vida útil de UPS y Banco de Baterías. Las tareas de mantenimiento por parte del personal del DMT resultan más sencillas debido a la organización de pasos consignados en el plan, así como la verificación de información proporcionada por la herramienta ilustrativa que permite acceder con facilidad a la localización y a la hoja de vida de estos equipos antes de cumplir con una visita programada.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, y de Telecomunicaciones. Director: Ing. José Alejandro Amaya Palacio

SUMMARY

TITLE

EQUIPMENT TO ENERGY SUPPLY, FROM THE SANTANDER (UPS AND BANK BATTERIES) UNIVERSITY MAIN BRANCH, CHARACTERIZATION, INVENTORY, PROTOCOL, PREVENTIVE AND CORRECTIVE MAINTAINING SELECTION.*

AUTHORS

CÉSAR AUGUSTO CATALÁN CANTILLO
FELIX LEONARDO ESCALANTE LEMUS**

KEY WORDS: Energy continuing, Uninterruptible Power Systems (UPS), battery sets, preventive maintaining, corrective maintaining, illustrative tool.

DESCRIPTION

This document covers the development of a preventive maintaining plan for equipments to support energy at the main branch of Industrial Santander University (UIS), supported by a detailed inventory through resumes and technical informs of maintaining developed joined with the vision of technical maintaining division (DMT) such as an illustrative plan, where is specified the location of those devices into the university campus and a distribution based on the needs of the demand of the institution.

First of all, a theoretic documentation is presented, related with the quality of energy, equally, reference is made with the fundamental concepts of the configuration and composition of UPS and battery sets. An important aspect belongs to characterization and presentation of a criteria for selection of UPS, all of that based on International standards and rules.

Behind the making of this project, the idea is to leave under way the maintaining corrective plan supported by protocol porpoise which is going to let maintain the continuing of the proper processes of the institution, as such as make battery sets and UPS useful life longer. Maintaining tasks from DMT are easier due to the organization of recorded steps, such as the verification of information given by the illustrative tool that let access run easily to the location and resume of these equipments before fulfilling an scheduled appointment.

* Project of Degree

**Physical-mechanics Engineerings Faculty. Electricity, Electronics and Telecommunication Engineerings School. Manager: Eng. José Alejandro Amaya Palacio.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de asegurar la calidad de la energía se ha convertido en la actualidad en un factor fundamental para llevar a cabo las funciones de organizaciones, instituciones y empresas que involucren en sus procesos sistemas que dependan de la energía eléctrica. Es así como en las últimas décadas, el consumo de energía por parte de servicios como sistemas de información, redes, procesos industriales, procesamiento de datos y voz, ha ido aumentando considerablemente; en adición a esto, también crece el riesgo de mantener la continuidad de la energía debido a la influencia de los problemas eléctricos. Es tal vez la demanda de un suministro continuo lo que conlleva a implementar dentro de los procesos, medidas de protección de la energía, las cuales permitan un tiempo de respaldo ante posibles fallas y en ocasiones una provisión de energía de buena calidad. Una de estas medidas corresponde a la instalación y uso de equipos para el soporte de energía como son los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS¹).

Una UPS juega un papel importante en el funcionamiento de un sistema eléctrico, teniendo en consideración que la fiabilidad de su instalación depende de ciertos factores claves, tales como, la selección de la topología, el rango de tolerancia, el tiempo de respaldo de las baterías y condiciones ambientales de operación. La UPS es un ente complejo que necesita de un conocimiento profundo, además de pautas esenciales que permitan un adecuado manejo y al mismo tiempo llevar a cabo labores de mantenimiento.

¹ UPS, (Uninterruptible Power Systems)

Con el propósito de brindar un conocimiento detallado acerca de equipos de soporte de energía (UPS y banco de baterías), en este libro se plasma información correspondiente a los conceptos fundamentales relacionados con estos dispositivos, argumentados en un lenguaje de fácil entendimiento, sustentado en normas y estándares internacionales. La distribución de este libro da a conocer las actividades desarrolladas a lo largo de este proyecto, las cuales buscan satisfacer las falencias de la División de Mantenimiento Tecnológico de la Universidad Industrial de Santander, en la medida en que se obtiene un inventario detallado, además de la caracterización, selección y propuesta de un protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo para UPS y banco de baterías de la sede principal de la Universidad.

Con el motivo de tener una idea global del contenido del libro, se presenta la siguiente descripción.

En el capítulo 1, se expone información relacionada con la calidad de la energía, en él están contenidos los problemas que afectan al sector eléctrico. Se hace mención de la importancia de la UPS frente a fallas producidas por estos problemas, y al mismo tiempo se presentan otras posibles soluciones.

En el capítulo 2, se hace una descripción de las etapas que componen una UPS, tales como el inversor, rectificador, banco de baterías, filtros y sistemas de bypass, exponiendo en cada una de ellas los aspectos fundamentales como funcionamiento y configuración. Al mismo tiempo se hace referencia de las distintas topologías que hacen parte de las UPS, en distribuciones sencillas, en paralelo y redundantes.

En el capítulo 3, se presentan conceptos relacionados con el banco de baterías de la UPS y el tiempo de respaldo, en él se hace una distinción entre baterías de Niquel-Cadmio y Ácido-Plomo, así como también se muestran las diversas distribuciones de los Packs.

En el capítulo 4, se describe el contenido de las hojas de vida e informes técnicos de mantenimiento que hacen parte del inventario de UPS y banco de baterías de la UIS. También es presentada la explicación de una herramienta informática que ilustra la localización de equipos de soporte de energía dentro del campus.

La presentación de pruebas realizadas a una UPS de potencia aparente 3kVA, están contenidas en el capítulo 5, test que fueron adoptados según normas internacionales. En éste se presentan los procedimientos realizados paso por paso y se dan a conocer los resultados obtenidos.

En el capítulo 6, se presentan las pautas a tener en cuenta en el proceso de selección de una UPS, en él están contenidos aspectos importantes para el dimensionamiento acertado de UPS y banco de baterías.

El capítulo 7, aporta un plan de mantenimiento preventivo para soportar los equipos de respaldo contenidos en la Universidad, a la vez que se presenta una propuesta de protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo.

Finalmente se presentan las conclusiones, observaciones y algunas recomendaciones generadas a partir del desarrollo de este proyecto, justificando el valor que ejerce un plan de mantenimiento soportado en una propuesta de protocolo elaborado para equipos de soporte de energía en instituciones como la Universidad.

1. CALIDAD DE ENERGÍA

La mayoría de las organizaciones dependen del continuo funcionamiento de los procesos inherentes a estas, éstos hacen parte activa de la productividad, desarrollo y crecimiento de las mismas, sin las cuales no sería posible llevar a buen término sus funciones como organización. Gran parte de éstas funciones son llevadas a cabo en procesos industriales, de monitoreo, informáticos y de almacenamiento de datos en donde se hace importante la presencia de un suministro de energía eléctrica constante, ininterrumpida y estable cuyo objetivo es asegurar el rendimiento de las labores productivas, responsables al final de la rentabilidad de una organización.

Ésta dependencia a su vez es causante de una variedad de problemas, debido a que un corte parcial o total del suministro energético traería consigo consecuencias catastróficas en el desarrollo normal de dicha organización. Por tanto, mantener la continuidad y la calidad del fluido eléctrico es de alta prioridad para asegurar el normal funcionamiento y el cumplimiento de las labores.

Una definición general de calidad de energía deficiente, corresponde a cualquier variación en el fluido eléctrico resultando en un mal funcionamiento y/o falla representada en los dispositivos dejando a su paso algunas complicaciones. Algunos problemas asociados a la inexistencia de alguna protección a estas fallas son:

- a. Destrucción de información: Una fluctuación del suministro energético podría provocar pérdida importante de datos, documentos de operación diaria, información financiera, entre otros pertenecientes a un sistemas de información.

- b. Daño de las infraestructuras: Variaciones de tensión puede llevar consigo a la reducción de la vida útil de dispositivos electrónicos, como ordenadores personales, estaciones de trabajo, servidores, redes informáticas, controles de máquinas, salas automatizadas, entre otros.
- c. Generación de estrés: Las perturbaciones constantes de la normalidad laboral debido a problemas técnicos inherentes a la calidad de energía, ocasionan estrés y desmotivación de los recursos humanos.
- d. Improductividad: Las interrupciones de operación afectan la productividad, creando estancamiento en los procesos, hechos que incurren al final en la cadena de valor provocando a su vez pérdidas para la organización.

1.1 PROBLEMAS DE ENERGÍA.

La presencia de perturbaciones en la calidad de la energía, se ven representadas por problemas que influyen directamente en la forma de onda presente en la entrada de los dispositivos. Por ello es importante detallar las fallas más habituales indicando en cada caso las variaciones que experimentan las formas de onda, el origen de la variación y los daños que pueda ocasionar en algunos equipos.

Con el objetivo de dar a conocer estos problemas, El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE por sus siglas en ingles The Institute of Electrical and Electronics Engineers, en su estándar IEEE std 1159-1995², refiere muchos problemas de calidad de energía, los cuales los clasifica según el tipo de solución que se le pueda dar, una adaptación de esta información se presenta a continuación.

² Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality"

1.1.1 Transitorios

Los transitorios ocurren de manera rápida, en forma de impulsos de valores grandes de energía (algunos sobrepasan los valores de 6kV), ocurriendo en pocos milisegundos, sobreponiéndose a la forma de onda original. Los transitorios están representados en dos subcategorías: los de forma de impulso y los oscilatorios. Los primeros (Figura 1.1) pueden causar daños en los procesadores y tarjetas electrónicas, pérdida de memoria y de datos. Las posibles causas del transitorio impulsivo son: tormentas eléctricas, accionamiento conjunto de cargas, lámparas fluorescentes, relés, termostatos, cargas inductivas como ascensores, congeladores, refrigeradores, hornos, descargas electrostáticas. Los transitorios oscilatorios (Figura 1.2 y 1.3) ocurren cuando se desenergiza una carga inductiva o capacitiva.

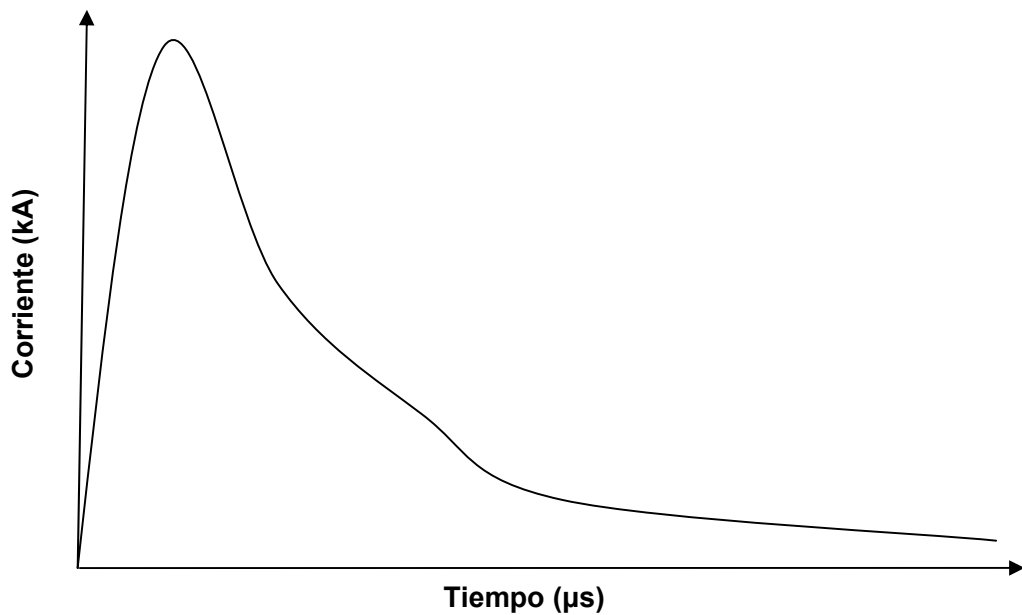


Figura 1.1 Transitorio en forma de impulso

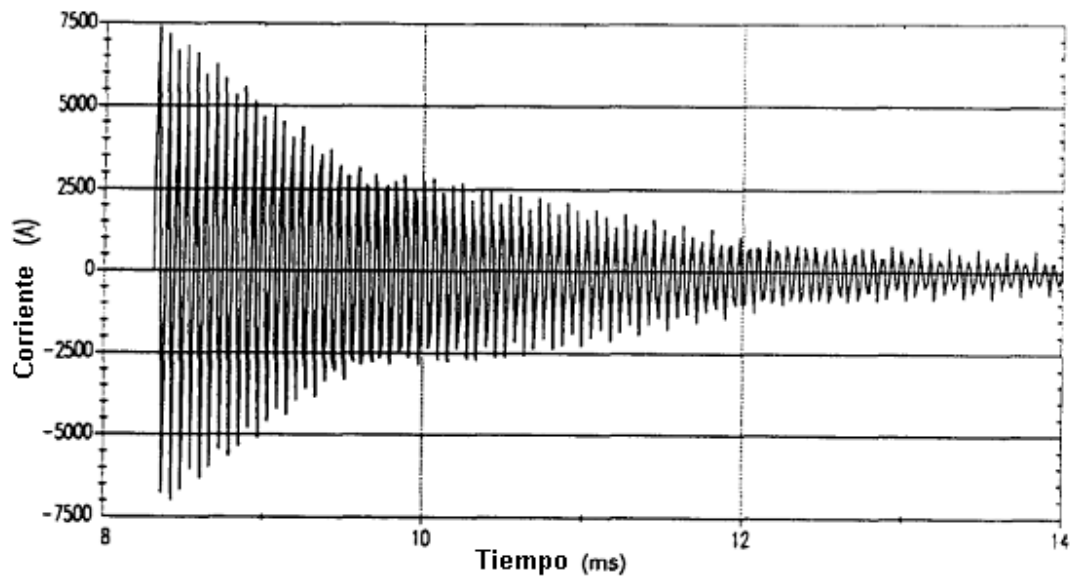


Figura 1.2 Transitorio oscilatorio en la corriente causado por la desconexión de un banco de capacitores.

Fuente: Basado en el Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality".

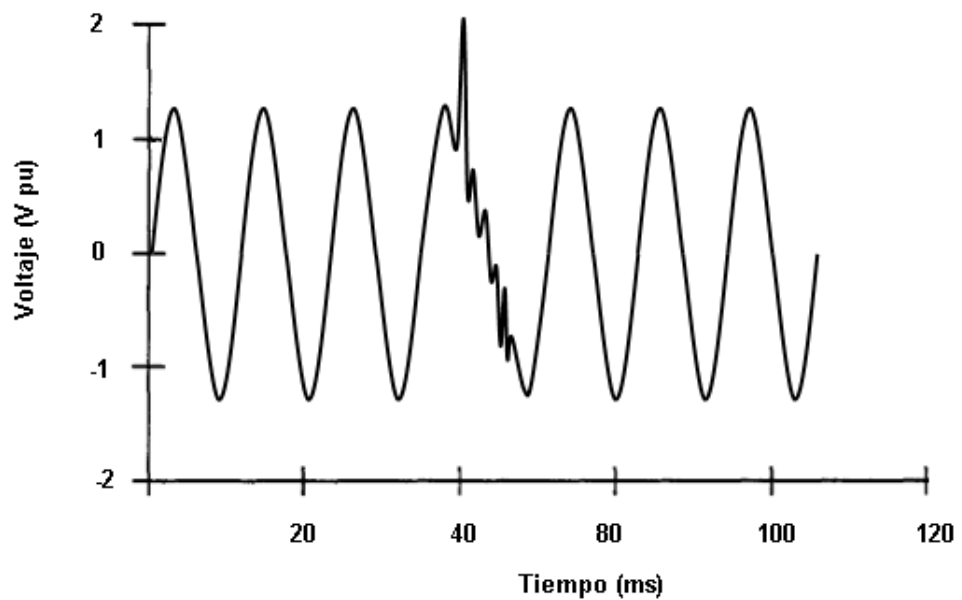


Figura 1.3 Transitorio Oscilatorio

1.1.2 Variaciones de Corta Duración

En este grupo están las variaciones que tienen una duración muy corta de tiempo. Cada tipo de variación se puede señalar como instantáneo, momentáneo, o temporal, dependiendo de su duración (ver tabla 1.1). Su causa casi siempre es producto de averías, el encendido de grandes cargas que requieren altas corrientes de arranque, o conexiones flojas en el cableado de las redes. Dependiendo de la localización del desperfecto y las condiciones de sistema, las averías pueden causar incrementos temporales de voltaje (swells) o caídas de este (sags).

Variación	Duración
Instantánea	De 0.5 a 30 ciclos
Momentánea	De 30 ciclos a 2 segundos
Temporal	De 2 segundos a 2 minutos
Sostenida	Mayor a 2 minutos

Tabla 1.1 Clases de Variaciones según la duración

Fuente: Adoptado de Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality".

1.1.2.1 Interrupciones

Son cortes de energía debido a la pérdida total del suministro eléctrico, que puede ser causado por fenómenos naturales, accidentes, o sobrecargas (Figura 1.4). Dependiendo de la duración, la interrupción puede ser clasificada como instantánea, momentánea, temporal, o sostenida. Una interrupción ocurre cuando el voltaje de la fuente o la carga disminuye a menos de 0.1 pu^3 por un periodo de

³ PU (Physical Unit), Unidad Física, hace referencia a Amperios en el caso de Corriente, Volt en el caso de Voltaje

tiempo que no excede a 1 minuto. Algunas interrupciones son precedidas por una baja de voltaje debido a fallas en la fuente.

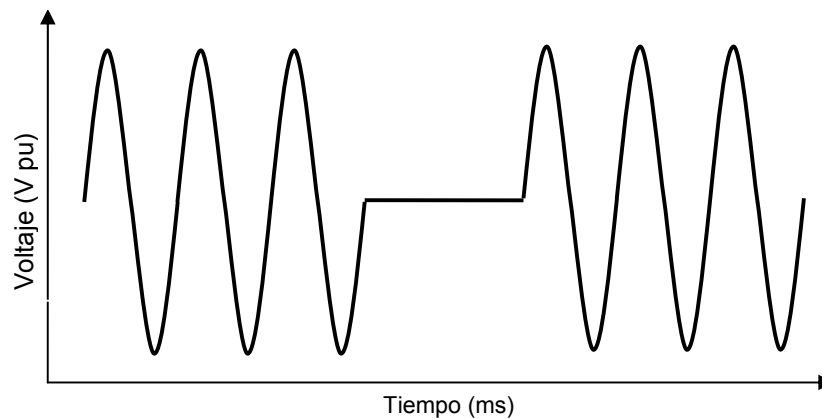


Figura 1.4 Interrupción

1.1.2.2 Bajas Momentáneas (Sag)

Un sag es la caída momentánea de voltaje (Figura 1.5), concebida por el arranque de grandes cargas, como aires acondicionados, motores y maquinaria industrial. Se presenta de manera similar a los apagones en formas de fluctuaciones de corta duración. Las bajas momentáneas de voltaje pueden repercutir en daños significativos al hardware, provocando desgaste de los componentes y el incremento de calor en ellos. Hecho que incide por ejemplo, en el bloqueo, caída o reinicio de procesos de voz y datos.

La terminología usada para describir la magnitud de un sag es a menudo confusa. El uso recomendado es un decremento de hasta el 20%, es decir que el voltaje de línea está reducido hasta el 20% del valor nominal.

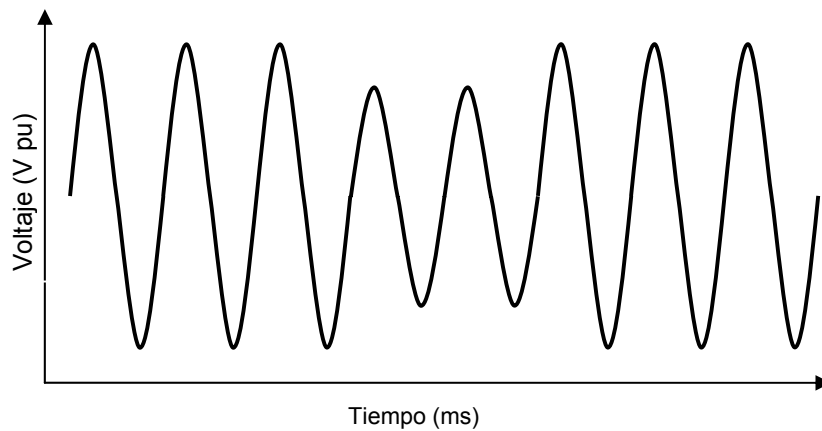


Figura 1.5 Sag

1.1.2.3 Subida Temporal de tensión (Swells)

Una subida temporal de tensión se define como un aumento del valor rms de tensión o corriente para duraciones de 0.5 ciclos a 1 minuto (Figura 1.6). Toma valores típicos de magnitudes entre 1.1 y 1.8 pu. Al igual que ocurre con los sags, se asocian generalmente a condiciones de fallo del sistema, pero son menos comunes. Pueden ocurrir debido a una falla en una sola fase, que generalmente va conectada a la tierra del sistema, resultando en un desbalance de las fases. Los swells también pueden ser causados por desenergizar una gran carga o un gran banco.

Un swell se caracteriza por su magnitud (valor de rms) y la duración. La gravedad de una subida de tensión durante una condición de falla está en función de la ubicación de la falla, el sistema de impedancias y de la tierra. Cerca de una subestación en un sistema a tierra, no habrá una subida de tensión en las fases debido a que el transformador de la subestación es normalmente conectado delta-estrella, ofreciendo una baja impedancia suprimiendo a cero la posibilidad de una corriente de falla.

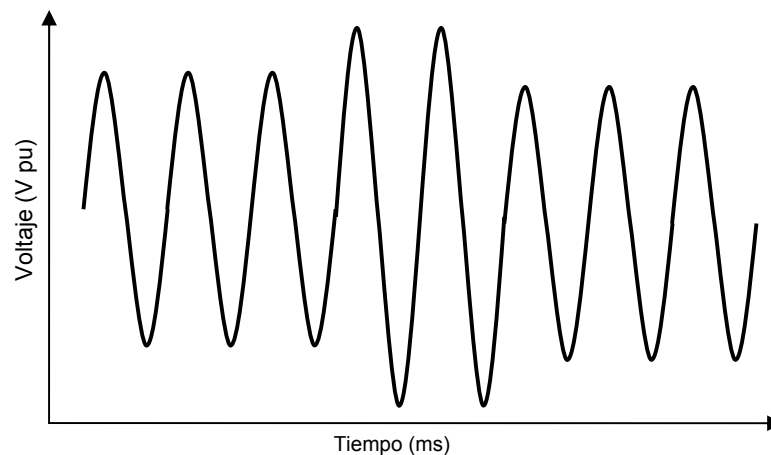


Figura 1. 6 Subida Temporal de Tensión

1.1.3 Variaciones de larga duración

La duración de estas variaciones se caracteriza por el inminente daño que pueden sufrir los dispositivos debido principalmente al prolongado tiempo de permanencia.

1.1.3.1 Sobretensión ó Subidas de Tensión (Overvoltage)

Sobretensión, corresponde a incrementos de voltaje en la línea durante periodos largos (Figura 1.7). Dentro de sus posibles causas cabe destacar fenómenos naturales como por ejemplo un relámpago, el cual puede incrementar el voltaje de la línea hasta 6000 voltios en exceso. La sobretensión casi siempre ocasiona pérdida de la información y daños del hardware.

También pueden ser el resultado de la conmutación de la carga (por ejemplo, apagar abruptamente un motor industrial), o variaciones de la compensación reactiva en el sistema (por ejemplo, el cambio en un banco de condensadores). La regulación pobre de voltaje o un mal sistema de control es a su vez causante de sobretensiones. Asimismo la configuración incorrecta de las conexiones en los transformadores puede dar lugar a un incremento en los valores de la tensión.

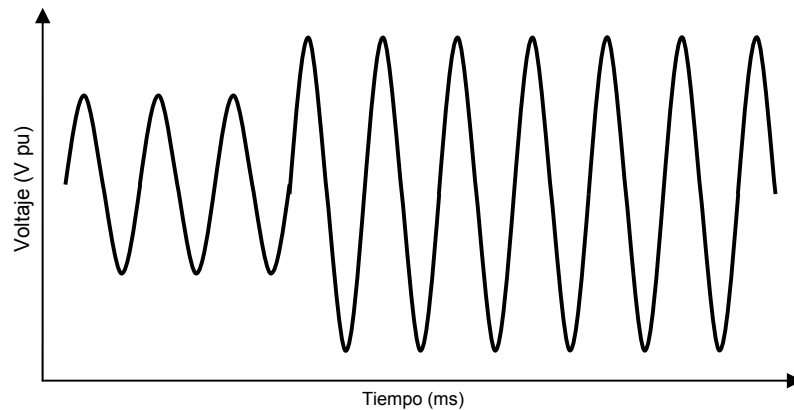


Figura 1.7 Subida de Voltaje

1.1.3.2 Bajas de Tensión Sostenida (Undervoltage)

Baja tensión sostenida en la línea por periodos largos de varios minutos, horas y hasta días (Figura 1.8). Pueden ser provocados para reducir intencionalmente la tensión y así conservar energía durante los tiempos de mayor demanda. La posible aparición de bajas de tensión se pueden atribuir a una carga encendida, un banco de capacitores desenergizados y a circuitos sobrecargados. La baja tensión sostenida puede causar daños al hardware principalmente.

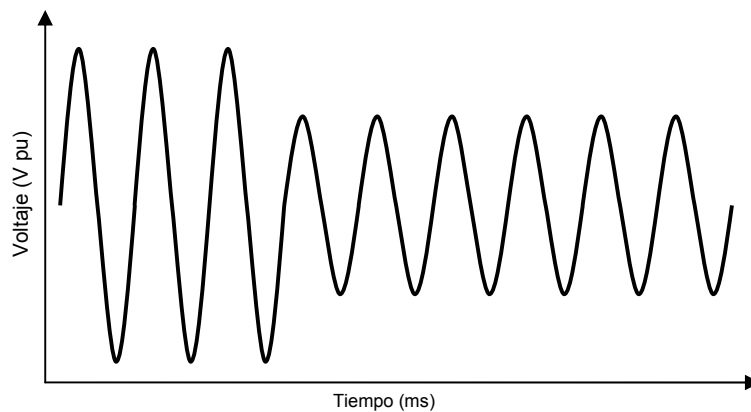


Figura 1.8 Undervoltage

1.1.3.3 Interrupciones Sostenidas

La reducción a cero de la tensión de alimentación por un período de tiempo superior a 1 minuto se considera una interrupción sostenida (Figura 1.9). Las interrupciones de voltaje de más de 1 minuto a menudo son de carácter permanente y es necesaria la intervención manual para la restauración. Las interrupciones sostenidas son un problema específico de los sistemas de potencia y no tienen relación con el uso del término corte de luz. Un corte de luz (Outage), tal como se definen en la IEEE Std 100-2000⁴, no se refiere a un fenómeno específico, sino más bien a un estado de un componente de un sistema que no ha de funcionar como se esperaba.

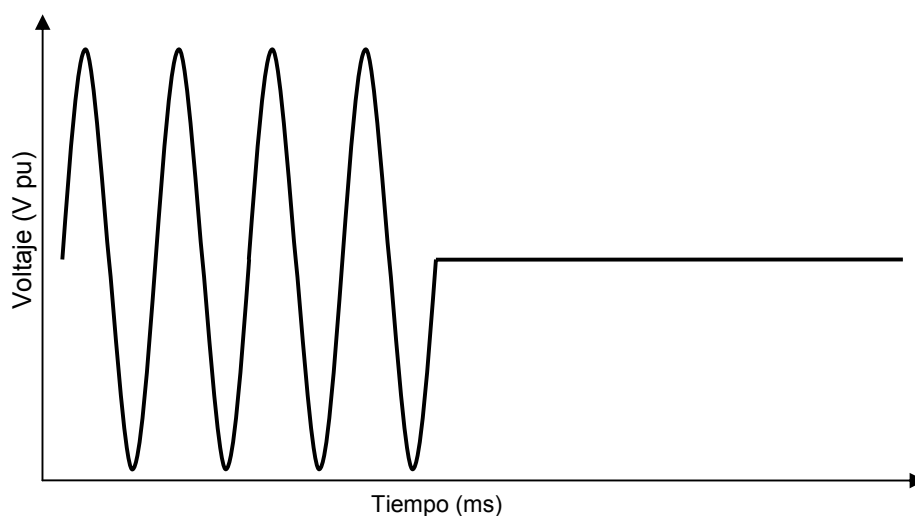


Figura 1.9 Interrupción Sostenida

⁴ Standard "IEEE The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms Seventh Edition"

1.1.4 Desbalance del Voltaje

Es la relación de las variaciones del voltaje medidos en cada fase de un sistema trifásico con respecto al voltaje promedio de las mediciones tomadas (como se observa en la Figura 1.10), éste puede ser cuantificado con la ecuación 1.1⁵.

$$\text{voltaje desbalanceado} = 100 \times \frac{(\text{máxima desviación del voltaje promedio})}{\text{voltaje promedio}} \% \quad (1.1)$$

Un valor inferior al 2% en el voltaje desbalanceado, no se considera un problema significativo para la red eléctrica.

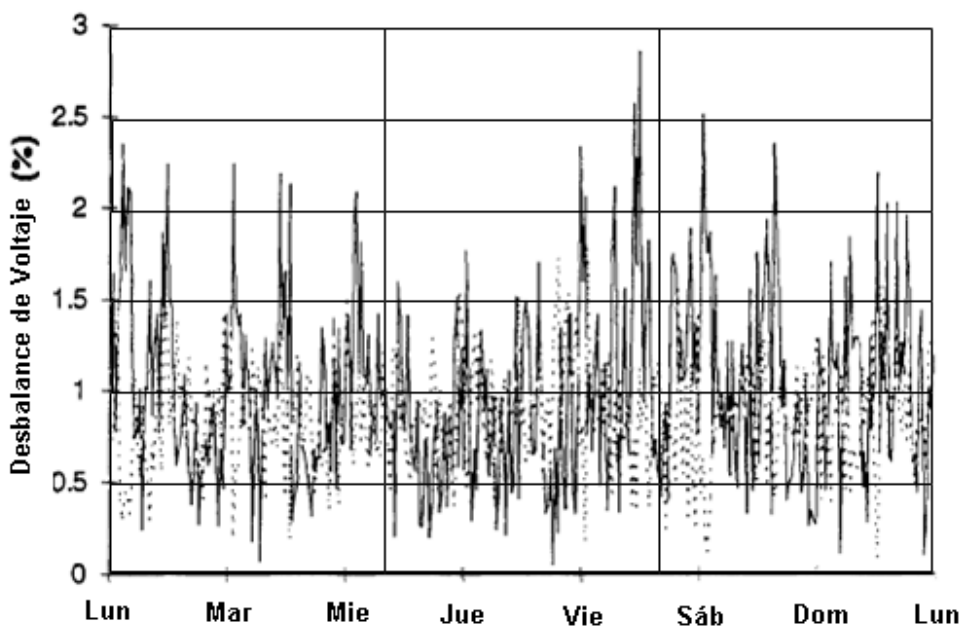


Figura 1.10 Porcentaje del Desbalance de Voltaje en un conjunto residencial, medido durante una semana.

Fuente: Basado en el Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality".

⁵ Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality"

1.1.5 Distorsión de la Forma de Onda

Este fenómeno ocurre cuando se pierde de alguna manera la forma ideal de las señales de voltaje, corriente o la forma ideal del espectro de frecuencia. Las distorsiones se presentan de cinco maneras distintas, las cuales serán tratadas a continuación.

1.1.5.1 DC offset

El término DC offset hace referencia a un voltaje o corriente DC que se presenta en un sistema de potencia AC, este fenómeno aparece como resultado de una perturbación geomagnética o debido al efecto de rectificación de media onda.

1.1.5.2 Armónicos

Los armónicos son voltajes o corrientes sinusoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la frecuencia a la cual la red ha sido diseñada para operar, es decir, múltiplos de la componente de frecuencia fundamental (60 Hz). Los armónicos se superponen a los voltajes y corrientes fundamentales produciendo distorsión en las formas de onda. La distorsión armónica ocurre debido a las características no lineales de los dispositivos y las cargas presentes en un sistema de potencia.

Los niveles de distorsión armónica pueden ser caracterizados por un espectro completo de armónicos, el cual contiene magnitudes y ángulos de fase de cada una de las componentes armónicas como se aprecia en el ejemplo de la Figura 1.11. También es común utilizar una sola cantidad, la distorsión armónica total THD⁶, como medida de la magnitud de la distorsión armónica.

La distorsión armónica puede provocar sobrecalentamiento en los ordenadores, errores de comunicación y daño del hardware.

⁶ THD, por sus siglas en inglés "Total Harmonic Distortion".

La THD se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$THD = \frac{\sum \text{Potencia de los armónicos}}{\text{Potencia de la fundamental}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_N}{P_0} \quad (1.2)$$

Donde, P_0 es la potencia de la componente fundamental y P_i con $i > 0$ es la potencia del armónico i -ésimo que contiene la señal.

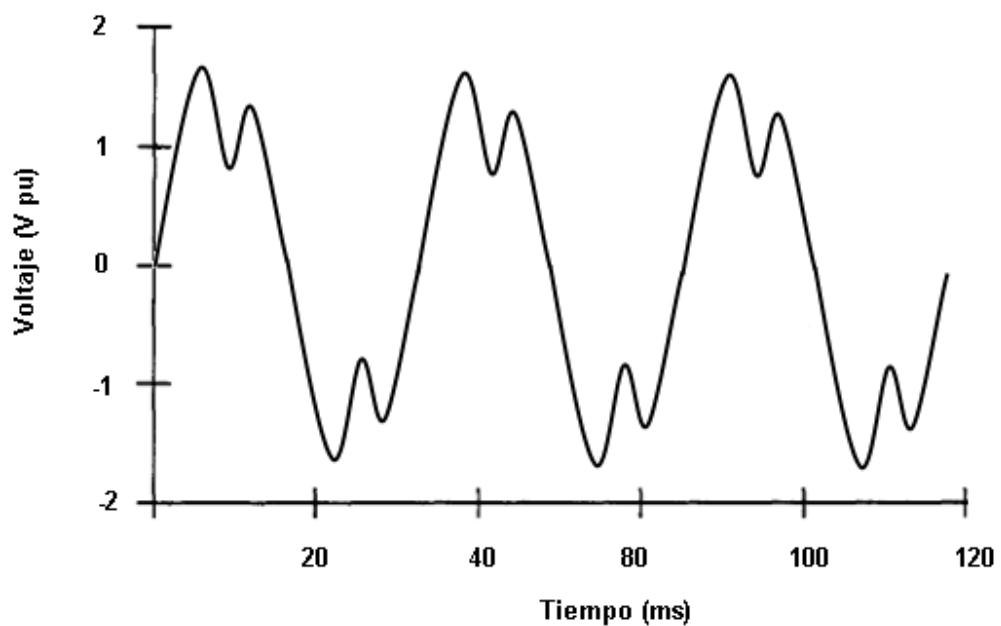


Figura 1.11 Forma de onda de corriente y espectro armónico para la corriente de entrada de un variador de velocidad.

1.1.5.3 Notching

Es una perturbación periódica de voltaje causado por la operación de dispositivos electrónicos cuando la corriente conmuta de una fase a otra.

Los convertidores que producen corriente continua, son la causa más importante de notching (Figura 1.12). Las muescas se producen cuando se conmuta de una fase a otra. Cuando ocurre esto, hay un corto circuito entre las dos fases durante la conmutación en un corto tiempo

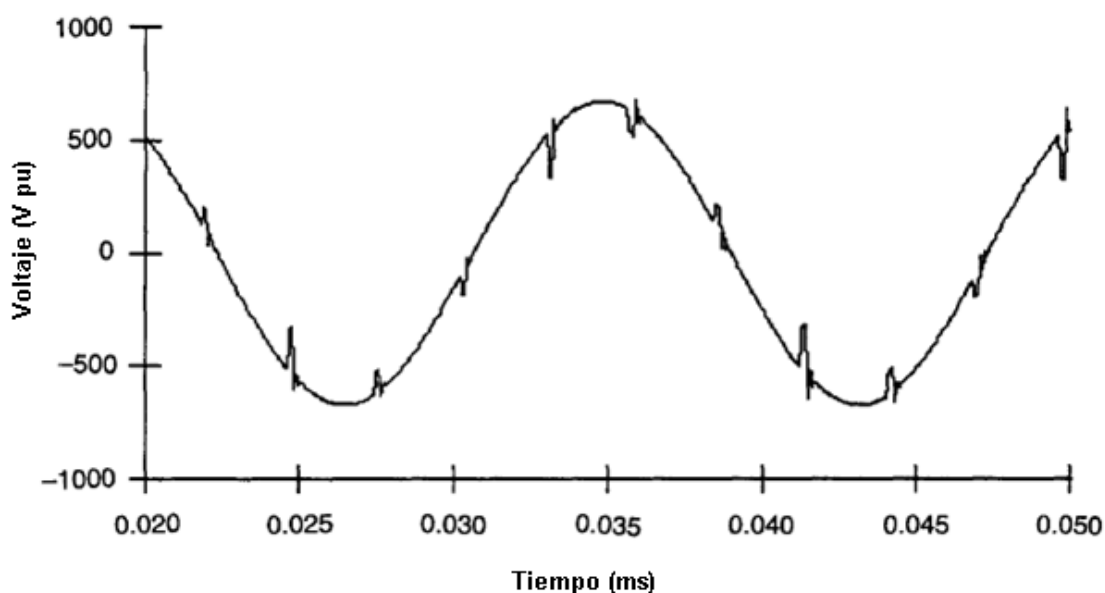


Figura 1.12 Ejemplo de un voltaje con Notching causado por una operación de conversión

Fuente: Modificado de Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality".

1.1.5.4 Ruido Eléctrico (Electrical Noise)

Es una señal no deseada, generalmente en alta frecuencia y con valores aleatorios, que se superpone en la señal principal cambiando perjudicialmente su forma original.

La red que suministra la energía eléctrica es la principal fuente de ruido, porque alrededor de los conductores se produce un campo magnético a la frecuencia de 60 Hz. Además por estos conductores se propagan las señales parásitas o el ruido inducido por otros dispositivos eléctricos o electrónicos.

El ruido eléctrico se clasifica en dos modos: Común y Normal. En modo común actúa como una perturbación ocurrida entre las líneas de red y tierra (fase-tierra o neutro-tierra); en Modo Normal ocurre entre fase y neutro.

1.1.6 Fluctuaciones de Voltaje

Las fluctuaciones de voltaje están representadas por cambios aleatorios en la magnitud de los voltajes, variaciones que normalmente no exceden los rangos comprendidos entre 0.95 y 1.05 pu.

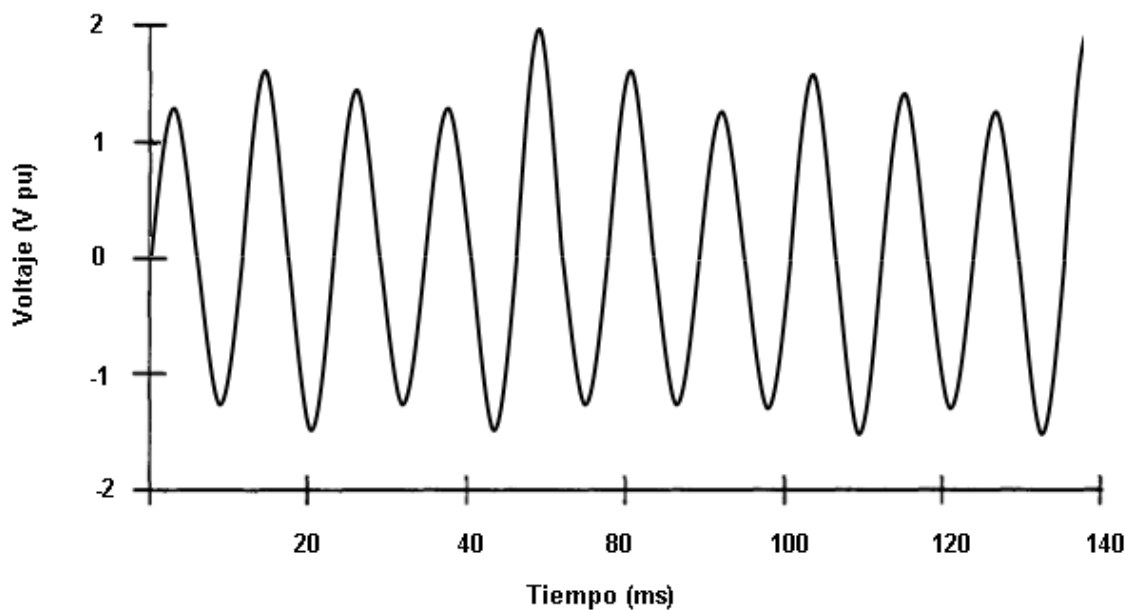


Figura 1.13 Ejemplo de una fluctuación de voltaje

1.1.7 Variación de Frecuencia (Frequency Variation)

La frecuencia en los sistemas eléctricos se relaciona directamente con la velocidad de rotación de los generadores en el sistema. La frecuencia depende del balance entre la carga y la capacidad disponible de generación. Cuando este equilibrio dinámico se ve perturbado, ya sea por desconexión de grandes cargas o caídas de líneas provenientes del generador, ocurren pequeños cambios en la frecuencia (Figura 1.14). El tamaño de la variación de frecuencia y su duración depende de las características de la carga y la respuesta del sistema de generación a cambios de carga.

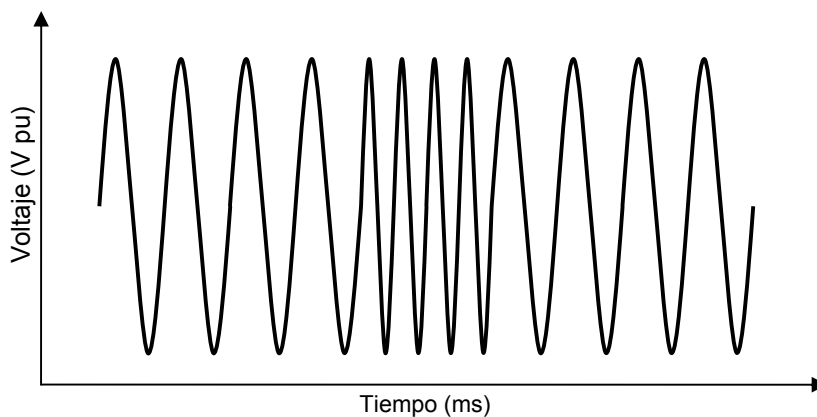


Figura 1.14 Ejemplo de una variación de frecuencia

1.1.8 Síntesis de los problemas de la energía

Teniendo en cuenta los temas tratados anteriormente, es posible agrupar los problemas relacionados con la energía considerando para cada categoría, sus tiempos de duración, frecuencia y magnitudes, todas estas presentadas en la tabla 1.2⁷.

⁷ Categories and typical characteristics of power system electromagnetic phenomena, Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality"

1.2 CONTINUIDAD DE LA ENERGÍA Y SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

El propósito de mantener la continuidad de la energía es proveer un sistema de protección con los niveles más altos posibles de fiabilidad e inmunidad ante la presencia de cambios bruscos.

Algunos sistemas que se ven influenciados por continuos cambios provenientes de problemas de la energía y los cuales necesitan de un suministro constante son:

Categorías	Contenido Espectral Típico	Duración Típica	Magnitud Típica
Transitorios			
Impulsivo			
Nanosegundo	5 ns de subida	< 50 ns	
Microsegundo	1 μ s de subida	50 ns – 1 ms	
Milisegundo	0.1 ms de subida	> 1 ms	
Oscilatorio			
Baja frecuencia	< 5 kHz	0.3-50 ms	0-4 pu
Media frecuencia	5-500 kHz	20 μ	0-8 pu
Alta frecuencia	0.5-5 MHz	5 μ	0-4 pu
Variaciones de corta duración			
Instantáneos			
Sag		0.5-30 ciclos	0.1-0.9 pu
Swell		0.5-30 ciclos	1.1-1.8 pu
Momentáneos			
Interrupciones		0.5 ciclos-3 s	< 0.1 pu
Sag		30 ciclos-3 s	0.1-0.9 pu
Swell		30 ciclos-3 s	1.1-1.4 pu
Temporales			
Interrupciones		3 s-1 min	< 0.1 pu
Sag		3 s-1 min	0.1-0.9 pu
Swell		3 s-1 min	1.1-1.2 pu
Variaciones de larga duración			
Interrupciones sostenidas		> 1 min	0.0 pu
Undervoltage		> 1 min	0.8-0.9 pu
Overvoltage		> 1 min	1.1-1.2 pu
Desbalance de tensión		Estado estable	0.5-2 %
Distorsión de forma de onda			
DC offset		Estado estable	0-0.1 %
Armónicos	0-100 éximo Arm.	Estado estable	0-20 %
Interarmónicos	0-6 kHz	Estado estable	0-2%
Notching		Estado estable	
Ruido eléctrico	En todo el espectro	Estado estable	0-1 %
Fluctuaciones de voltaje	< 25 Hz	Intermitente	0.1-7 %
Variaciones de frecuencia		< 10 s	

Tabla 1.2 Síntesis de los problemas de la energía

Fuente: Adaptado de Standard "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electrical Power Quality".

- Computadores personales, estaciones de trabajo, switches, hubs, servidores, y routers.
- Dispositivos de voz sobre IP (VoIP).
- Dispositivos de instrumentación y controladores lógicos programables (PLCs).
- Equipos médicos, experimentales y sistemas de medición.
- Bombillas y lámparas fluorescentes.
- Sistemas de alarma de acceso, seguridad y vigilancia.
- Cargas manejadas por motores: ascensores, escaleras eléctricas, aires acondicionados, sistemas de ventilación y calefacción.

Existen muchos tipos de soluciones disponibles a los problemas de energía y la selección de estos está dirigida hacia la aplicación en la que se está trabajando. Para aplicaciones como las anteriores y otras de oficina que involucren almacenamiento, manejo de datos y sistemas de procesamiento de voz, la solución de energía más comúnmente implementada es la UPS⁸ por su habilidad de proveer una alimentación limpia, estable e ininterrumpida.

Con base en la información obtenida de la norma internacional IEC/EN 62040-3⁹, se definen tres topologías de UPS dependiendo de la forma de onda a la salida y su funcionamiento.

- **VFI – Voltaje y Frecuencia Independiente:** Mejor conocido como UPS On-Line o Double Conversion, donde la salida de ésta es independiente de

⁸ UPS, Sistema de alimentación ininterrumpida (Uninterruptible Power Systems)

⁹ IEC/EN 62040-3, Uninterruptible Power Systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements

las variaciones de frecuencia de la entrada y son mantenidas dentro de los límites prescritos en la IEC/EN 61000-2-2¹⁰.

- **VI – Voltaje Independiente:** Usualmente conocido como Line Interactive donde las variaciones de voltaje son estabilizadas y reguladas dentro de las especificaciones del equipo que se busca proteger. Cuando en la red eléctrica está presente cierta frecuencia, la UPS trabaja con la misma frecuencia a la salida.
- **VFD – Voltaje y Frecuencia Dependiente:** Más comúnmente conocido como Off-Line o Standby donde la salida de la UPS trabaja con la energía de la red en términos de variaciones de voltaje y frecuencia.

Problemas de Energía	On-Line (VFI)	Line Interactive (VI)	Off-Line (VFD)
Sags/Swells	✓	✓	-
Overvoltage	✓	✓	-
Transitorios	✓	✓	✓
Ruido Eléctrico	✓	✓	✓
Armónicos	✓	-	-
Variaciones de frecuencia	✓	-	-
Falla de la red	✓	✓	✓

Tabla 1.3 Topologías de UPS y Rendimiento

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

1.3 OTRAS SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LA CALIDAD DE ENERGÍA¹¹

Existen otras posibles soluciones para amenguar los problemas relacionados con la calidad de la energía en las distintas aplicaciones. Estas soluciones no tienen fuentes alternativas de energía, tales como baterías, hecho que las distingue de

¹⁰ IEC/EN 61000-2-2:1990, Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low – frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems

¹¹ Información extraída de “The Power Protection Guide”.

las UPS, las cuales basan su respaldo en ellas en caso de un fallo de la red y solo operan cuando la energía de la red se encuentra presente. Por tanto estas soluciones reaccionan solo a cambios no favorables de la fuente principal y son ventajosos frente a problemas específicos, variando el tiempo de reacción de solución del problema y su eficacia. Estas últimas reducen el impacto que tendría las cargas mas no solucionan completamente el problema.

1.3.1 Acondicionadores de energía

Los acondicionadores de energía atenúan picos, transitorios y ruido eléctrico, que se suprimen a niveles que pueden ser aceptables. Estos son usados normalmente para proteger cargas sensibles donde estos tipos de problemas predominan, por ejemplo en ambientes industriales. El término de acondicionadores de energía es usado comúnmente para referirse a un dispositivo de alta confianza, el cual puede proveer beneficios adicionales de estabilización de voltaje sobre un rango preestablecido de tolerancia que normalmente va de +15% a -20%, además de una regulación de voltaje que normalmente tiene una tolerancia del $\pm 5\%$. Un ejemplo común de este acondicionador es un *Transformador de Voltaje Constante* CVT¹² o dispositivo tipo Ferresonante.

Este tipo de transformador es más confiable que uno electrónico de estado sólido. El CVT fue usado en un diseño popular de UPS en los 80's conocido como Ferro UPS, en donde el CVT adicionado a una UPS tipo Line Interactive protegía a las salidas de fluctuaciones. La salida confiable del CVT sobre cargas con capacitancias e inductancias provee energía durante un pequeño período de encendido del inversor. Aunque es altamente confiable y robusto, este tipo de UPS es solo práctico para aplicaciones con instalaciones monofásicas y tiene muchas desventajas en cuanto a costo, ruido, gran tamaño y peso. Por lo anterior se optó por seguir con un diseño de UPS más simple sin el CVT en los 90's.

¹² Constant Voltage Transformer

1.3.2 Estabilizadores Automáticos del Voltaje (AVS¹³)

Los Estabilizadores Automáticos de Voltaje proporcionan protección contra bajas y subidas de tensión. Estos deben ser dispositivos electromecánicos y también son conocidos como Reguladores Automáticos de Voltaje. Los AVS típicamente tienen un rango de entrada alto (+20/-40%). Cuando se presenta un nivel de tensión determinado en la red, ya sea alto o bajo, un circuito de control selecciona un tap del transformador para tener más tolerancia a dicha entrada. Por tanto, el voltaje de salida sigue generalmente el mismo rango que el de la entrada.

Algunos AVS deben incorporar además un filtro para proteger a la carga de los picos, las subidas de tensión y ruido eléctrico. Los AVS son usados generalmente para proporcionar protección al hardware en áreas remotas donde los sags y swells son comunes. Otro uso típico es en los congeladores, refrigeradores, electrodomésticos y computadores personales.

1.3.3 Supresores de Subidas y Transitorios de Voltaje (TVSS¹⁴)

El TVSS proporciona protección de transitorios y de altos picos de energía, especialmente en aquellos edificios que son propensos a recibir descargas eléctricas de los rayos. La capacidad de los TVSS son medidos en Amperes (A) o en Julios (J). Son instalados en paralelo a la carga y solo reaccionan cuando se presenta un transitorio o un pico. Cuando es instalado dentro de una construcción es recomendada una zona de acercamiento restringida. Un TVSS puede ser usado junto a una UPS para mejorar la protección contra los rayos.

¹³ Automatic Voltage Stabilisers

¹⁴ Transient Voltage and Surge Suppressors

Como se hizo mención en los apartes anteriores, estas soluciones a los problemas de la calidad de la energía, solo se centran en algunas fallas, como se observa en la tabla 1.4.

Problema de Energía	Acondicionadores de Energía	Estabilizadores Automáticos de Voltaje	TVSS
Sags	No siempre	Sí	-
Swells	No siempre	Sí	-
Picos/Transitorios	Sí	Limitado	Sí
Ruido Eléctrico	Sí	Limitado	-
Armónicos	-	-	-
Variaciones de Frecuencia	-	-	-

Tabla 1.4 Soluciones a los problemas de energía

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

2. EQUIPOS PARA SOPORTE DE ENERGÍA – UPS COMPONENTES Y TOPOLOGÍAS

Un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS), es considerado un dispositivo electrónico de respaldo de energía el cual busca proveer calidad y continuidad de energía, en el evento de una falla parcial o total del suministro, a una aplicación que el usuario requiera. Con ello se pretende convertir algunas formas de almacenamiento en suministros de energía por un periodo específico de tiempo, cuando la utilidad de la energía no está disponible o no está dentro de los requisitos preestablecidos para operar.

Dentro de las aplicaciones de los usuarios, están involucrados equipos que típicamente se refieren como una carga crítica, que puede consistir de una pieza de un equipo, o instalaciones implementadas en cuartos o edificaciones. La UPS se convierte entonces en el dispositivo que el usuario necesita para proveer con energía de la mejor continuidad y calidad de la que normalmente dispone. El almacenamiento de energía para soportar estas cargas, usualmente se da a partir de baterías, algunas veces necesarias para suministrar energía a equipos por un tiempo específico, el cual puede ser de varios minutos.

Una variedad de UPS han sido desarrolladas para satisfacer los requerimientos del usuario, los cuales necesitan de un suministro continuo, estable e ininterrumpido de energía para diferentes tipos de cargas. Éstos están comprendidos sobre un amplio rango de energía que va desde menos de cien Watts a muchos Megawatts.

La importancia de conocer los componentes que hacen parte de la UPS radica en la necesidad de llevar a cabo futuras operaciones de mantenimiento o posibles remplazos de piezas ante una eventual falla. Estas componentes están distribuidas por etapas en toda la UPS de acuerdo a la función que cumple cada

una. Las etapas del rectificador, inversor, banco de baterías, y filtros, son las fases que se encuentran normalmente en cualquier topología de UPS. Su diseño e implementación pueden variar de acuerdo al grado de protección o aplicación que se quiera proporcionar, como se dará a entender a lo largo de este capítulo, el cual se basa en la información obtenida de “The Power Protection Guide”.

2.1 ETAPAS DE LA UPS

2.1.1 Inversores

El diseño de una UPS tiene como componente fundamental una etapa de Inversión, la cual crea una señal alterna a partir de una señal continua, la onda resultante se conecta a la carga.

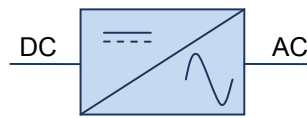


Figura 2.1 Símbolo del inversor

En una UPS On-Line el inversor es diseñado para operaciones continuas obteniendo siempre a la salida una onda seno. Este tipo de UPS es clasificado bajo el estándar EN/IEC 62040-3 como UPS de Voltaje y Frecuencia Independiente (VFI) porque su operación inversora no es afectada por cambios de frecuencia ni de voltaje producida por la red, a diferencia de la Line-Interactive y la Off-Line, las cuales implementan inversores menos sofisticados. Para estos dos últimos casos el inversor es usado solo como soporte para la carga cuando la energía de la red está ausente o fluctúa. El inversor usado en una UPS Line-Interactive puede respaldar la salida con una onda seno o una seno modificada (seno escalonada) dependiendo del diseño de la UPS. El inversor en una UPS Off-Line es el que produce a la salida una onda cuadrada, la cual es menos sofisticada y más sencilla. Las formas de ondas escalonada y cuadrada, son los tipos de onda más básicos, sus voltajes pico son sustancialmente más bajos que

los voltajes picos de una onda senoidal pura y estos pueden conducir al mal funcionamiento y desgaste de los componentes de la carga.

Usando un inversor en modo standby, del cual se tratará más adelante, puede llevar consigo a problemas relacionados con el tiempo de transferencia, incurriendo en cortes de duración de milisegundos en la salida AC del inversor, hecho que afectaría a la carga. El tiempo de transferencia es el período que toma en activarse el inversor y conectarse a la carga. Este tiempo no es instantáneo, para las UPS Line Interactive y Off-Line puede durar 8ms o más, dependiendo del diseño del inversor y de la UPS. El mismo problema ocurre pero con menor repercusión cuando la energía proveniente de la red es restablecida. Aquí el inversor continúa funcionando, hasta que la energía principal de la red llegue a ser completamente estable.

La capacidad de carga de la UPS es limitada por el tamaño del inversor y este es medido en términos de VA (Volts x Amperes en la Salida del Inversor). Un inversor puede ser calibrado en Colombia para una salida monofásica de 110 Vac y 60 Hz, o una salida trifásica de 190 Vac y 60 Hz. Por lo que la salida de voltaje debe ser configurable en valores de 100 a 120 Vac o de 170 a 210 Vac. El voltaje y la frecuencia de salida, será regulada dependiendo del diseño de la UPS. La eficiencia del inversor también varía, y puede tener un porcentaje de alrededor del 86 a 96%. Este factor debe ser tomado en cuenta cuando se implementa un conjunto de baterías relativamente grande y cuando la estación de trabajo tenga factores que influyan en el funcionamiento de la UPS, por ejemplo la temperatura del ambiente.

2.1.2 Rectificadores

El funcionamiento continuo de un inversor de una UPS requiere de una fuente continua ininterrumpida. Esto es posible debido a la presencia de un rectificador.

El rectificador puede generar altos niveles de armónicos, dependiendo de su diseño, método de operación, y el tipo de UPS que se está usando.

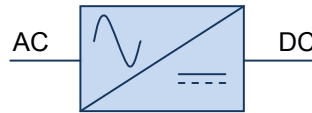


Figura 2.2 Símbolo del Rectificador

Además del funcionamiento del inversor con una fuente en corriente continua, en una UPS On-line, el rectificador carga al banco de baterías, esto se realiza mediante un cargador de baterías independiente.

Los regímenes de carga deben tener en cuenta la compensación de la temperatura. Esto previene sobrecargas que podrían aparecer debido a la reducción del voltaje proporcionado por las baterías cuando operan a altas temperaturas, logrando con ello extender la vida útil de la batería en un 15%. Los diseños de las UPS pueden utilizar un gran número de técnicas para proteger sus baterías.

Para la recarga de un banco de baterías, una duración de 12 horas se considera razonable para proporcionar el 80% de la carga total. Cuando esto no se cumple, es necesario incrementar la capacidad de carga de alguna forma como por ejemplo implementar un cargador de baterías adicional.

La corriente de recarga suministrada por el rectificador es dependiente de la carga. La UPS puede proveer corriente adicional para la recarga donde su salida es menor que la nominal y está dentro de los límites de su corriente máxima de carga. Sin embargo las altas corrientes de recarga pueden provocar daños a las baterías, también al cargador y al rectificador. Los límites máximos de corriente de recarga deben estar comprendidos entre un 15% de la capacidad de la batería.

El rectificador, incluyendo su circuito cargador son medidos en términos de la potencia que estos puedan entregar (kW) y se pueden clasificar como

rectificadores de 6 pulsos y de 12 pulsos. El número de pulsos es el mismo número de tiristores (también conocidos como Rectificadores Controlados de Silicio o SCRs) usados en el circuito rectificador. Un rectificador de 6 pulsos usa seis pulsos secuenciales por ciclo completo y un rectificador de 12 pulsos usa doce pulsos secuenciales por ciclo completo.

2.1.3 Banco de Baterías

El banco de baterías provee una fuente en corriente directa sobre el inversor cuando ocurre una falla en la red. La cantidad de tiempo que un inversor funciona alimentado por la batería, se conoce como tiempo de autonomía, tiempo de respaldo o battery runtime. El tiempo especifica el valor de la variación de Amperes-hora (Ah) del banco de baterías aplicado en la carga. Mientras la carga sea más baja, a ésta se le proporcionará mayor tiempo de autonomía. Por ejemplo, a una UPS de 10 kVA/8kW con una batería de 14Ah, proporcionará normalmente unos 15 minutos de autonomía a plena carga, pero respaldará 30 minutos o más cuando la carga es reducida a 5kVA/4kW (50% de su capacidad) o menos, datos que proporciona el fabricante.



Figura 2.3 Símbolo del Banco de Baterías

Un banco de baterías es medido en Watts teniendo en cuenta para su implementación factores tales como la temperatura ambiente de la sala, tipo de sistema de UPS e inversores.

Un banco de baterías puede estar constituido por una o varias hileras de baterías conectadas en paralelo. Una hilera de baterías consiste en uno o más bloques de baterías conectadas en serie y los Amperes-hora de los bloques de baterías usados definen el Ah total del banco de baterías.

En una falla de la red principal, el banco de baterías empezará la descarga y la UPS monitoreará el voltaje en DC proporcionado al inversor. Cuando se está acercando al valor umbral de la descarga, el banco de baterías se desconecta para prevenir una posible descarga profunda, un estado en el cual la batería no puede volver a ser recargada ni recuperar su voltaje nominal cuando se le replica corriente. Si la energía de la red es restaurada u otra fuente de alterna es conectada antes de que se llegue al valor umbral, la operación normal de la UPS es restablecida y el banco de baterías es recargado automáticamente.

Una de las alternativas en la cual la UPS puede proteger sus baterías es garantizar que el rectificador o el cargador de batería presente un bajo rizado (Figura 2.4), preferiblemente menor al 1%. Éste es una componente de alterna que se presenta superpuesta en la salida de continua del rectificador o cargador de batería. Se diseñan dichos cargadores para que este valor sea el mínimo posible. Para un banco de baterías, un alto rizado conlleva a un aumento de temperatura y a una corrosión más rápida, disminuyendo la vida útil de la batería. Algunas UPS tienen protección adicional, el cual mantiene constante la salida del banco de baterías durante la descarga.

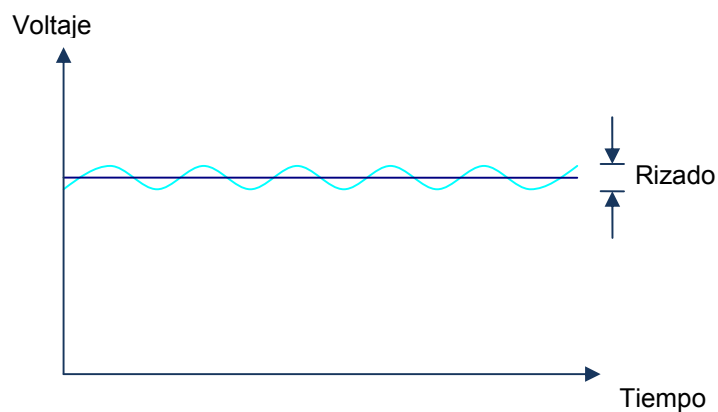


Figura 2.4 Rizado AC

2.1.4 Filtros

Los filtros de Interferencia Electromagnética (EMI) y los de Interferencia de Radiofrecuencia (RFI) son usados comúnmente para proteger la UPS y la carga de subidas de tensión (picos) y ruido proveniente de la red.

Los filtros EMI y RFI varían en su complejidad y uso en las topologías de UPS estáticas, usando típicamente una combinación de capacitancias y elementos magnéticos. El propósito primario es el de proteger la UPS de subidas de tensión y ruido suprimiendo los picos a niveles más aceptables. Los filtros pueden también ayudar a prevenir cualquier contaminación generada por las altas frecuencias a las cargas y dentro de la misma UPS, protegiendo sus componentes.

2.1.5 Bypasses (puentes)

Una UPS On-Line generalmente es el único tipo que tiene incorporado un bypass. Este proporciona a la UPS un nivel de tolerancia en caso de una falla interna del sistema. Por lo tanto, la UPS transfiere automáticamente la carga a la energía de red proveniente del bypass.

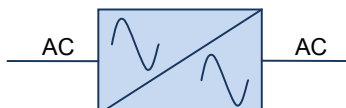


Figura 2.5 Símbolo del Bypass

El bypass a menudo es familiarizado como un seguro contra fallas y se puede presentar debido a una gran variedad de razones, incluyendo un daño interno causado ya sea por corto circuitos, sobrecargas, fallas de baterías, etc. Cuando el problema es superado, la carga automáticamente vuelve a ser alimentada por el inversor. El modo bypass se activa generalmente cuando ocurre una descarga total del banco de baterías y obligatoriamente se toma la energía proveniente de la red (Figura 2.6).

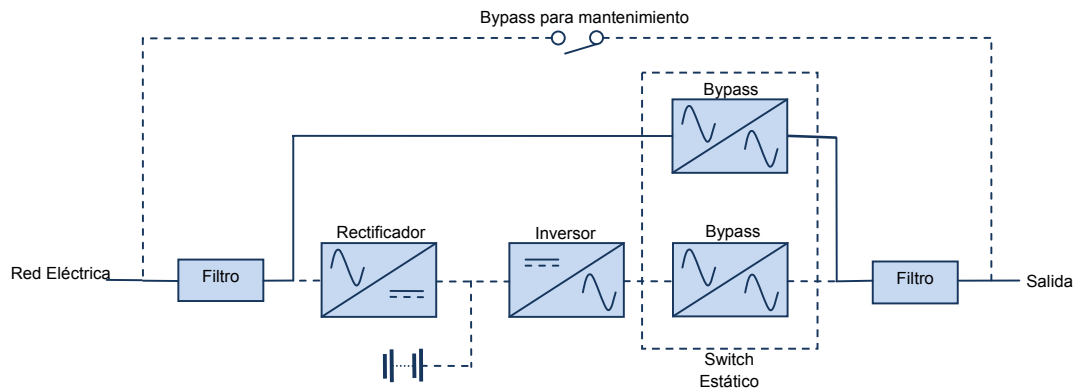


Figura 2.6 Modo Bypass

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Para conectar la carga desde el inversor hasta el bypass y viceversa, se requiere que la salida del inversor y la del bypass estén sincronizadas. La UPS por lo tanto supervisa el voltaje del bypass para asegurarse que está dentro de un rango preestablecido de típicamente $\pm 25\%$ y que su frecuencia está dentro del rango de $\pm 5\%$ en comparación con el voltaje del inversor, antes de que la transferencia pueda ocurrir. Cuando la alimentación del bypass no está dentro de estos parámetros, la operación es cancelada. Estos parámetros deben ser configurados para aplicaciones más sensibles. Tanto el inversor como el bypass tienen limitaciones de sobrecarga preestablecidas dependiendo de sus capacidades.

Por encima de la capacidad de sobrecarga, un inversor comenzará a actuar al límite para protegerse. Si la salida del inversor comienza a colapsar, la carga será transferida automáticamente a ser alimentada por el bypass. Si la sobrecarga es más grande de la que puede sostener el bypass, los interruptores y la carga se desenergizan.

Un bypass automático es algo característico de la UPS On-Line, lo que lo hace preferible al momento de la elección cuando se trata de respaldar cargas críticas. Una vez la batería llegue al final de la descarga, la carga puede perder la energía

si una fuente de corriente alterna no se ha vuelto a conectar. Una opción para ayudar a superar esto, puede ser una fuente dual de entrada, pero no es una opción estándar para toda la UPS On-Line. Cuando esta opción está disponible, puede ser implementada para que el rectificador y los bypasses sean alimentados de dos fuentes de alterna separadamente, que pueden provenir de dos subestaciones diferentes (Figura 2.7). Esto parte en dos el impacto potencial de perder una fuente de la subestación y puede evitar que la carga se afecte por un inversor cuando su sistema de baterías alcance la descarga completa.

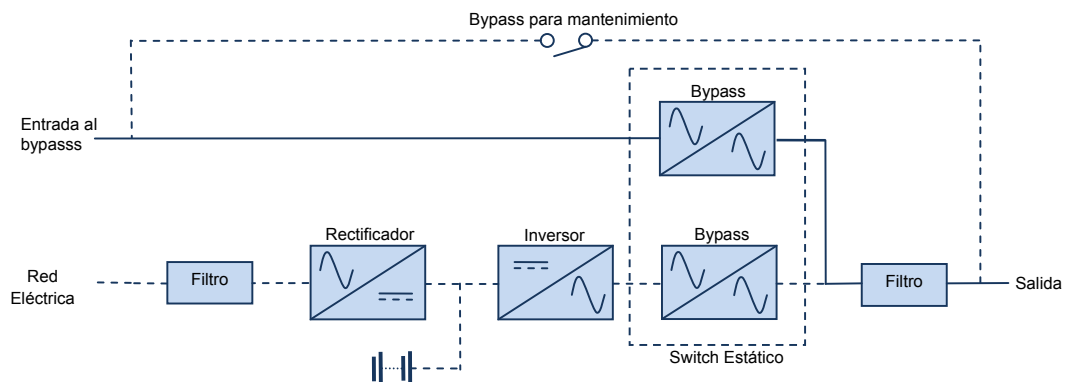


Figura 2.7 Modo bypass con entrada dual

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Una ventaja a largo plazo de un bypass automático es la posibilidad de establecer una medida de una UPS de acuerdo a las altas corrientes de arranque de la carga. Las cargas SMPS¹⁵ por ejemplo, pueden tener altas corrientes de arranque con duraciones de muchos milisegundos. Para cualquier diseño de UPS, una corriente de arranque alta conlleva a una sobrecarga la cual obligará al inversor a limitar la corriente para protegerse. La UPS On-Line en sobrecarga transfiere su carga al bypass hasta que la sobrecarga sea removida, es decir, que la corriente de

¹⁵ Switched Mode Power Supply, un tipo de fuente de energía con una corriente no lineal comúnmente encontrada dentro de computadores, dispositivos electrónicos y de telecomunicaciones.

arranque se reduce a una corriente nominal estable que se encuentra dentro de los rangos tolerados por la UPS.

Generalmente, los bypass automáticos conformarán lo que se conoce como switch estático. Dentro de la UPS, éstos se conocen como bypasses estáticos. Cuando se produce una falla en la UPS el bypass automático se activa, dejando a la carga susceptible a las perturbaciones de la red. Algunas UPS son diseñadas para enrutar el bypass automático entre filtros para ofrecer algunos grados de protección. Cuando esto no es posible, un transformador de aislamiento es instalado antes de la UPS o en su fuente de bypass, para proveer una separación completa entre la entrada y la salida, conocido como aislamiento galvánico.

Otra implementación conocida es el bypass de mantenimiento (Figura 2.8 y Figura 2.9). Este se puede presentar en la UPS de manera interna o externa, el cual permite prestar servicio de mantenimiento a la UPS sin necesidad de desconectar la carga (Figura 2.10), sin embargo no queda exenta de las fluctuaciones, ya que está conectado directamente a la red.

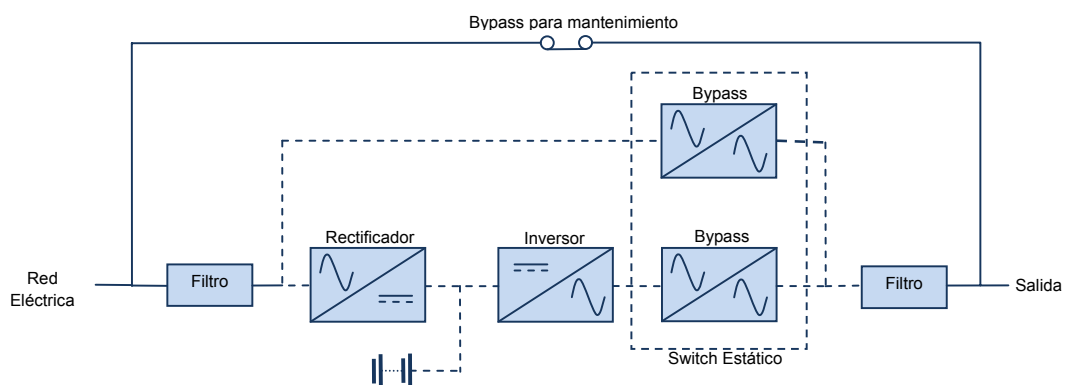


Figura 2.8 Bypass de mantenimiento activo

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

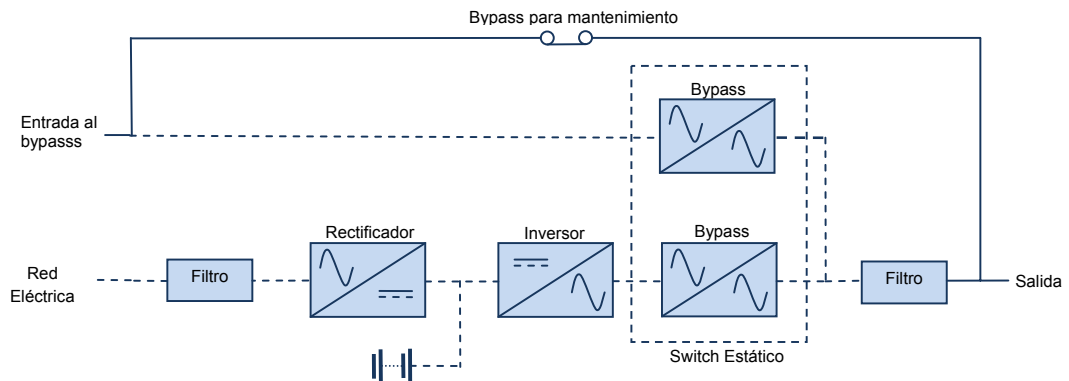


Figura 2.9 Bypass de mantenimiento activo con entrada dual
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Las UPS Line Interactive y Off-Line generalmente no tienen un bypass automático interno, algunas de ellas involucran en su configuración un lazo de alimentación proveniente de la red. Sus inversores limitan la corriente cuando hay sobrecarga y no hay una medida de contingencia al momento de haber una falla interna en la UPS, es decir, simplemente que esta última se apaga.

Esta debilidad puede ser superada instalándoles a las UPS Line Interactive y Off-Line un bypass externo configurado para una transferencia automática. Si el bypass externo ve que la salida de la UPS falla, este debe transferir automáticamente la carga a la red.



Figura 2.10 UPS en modo bypass de mantenimiento, funcionando sin necesidad de usar las baterías

2.1.5.1 Switches de Transferencia¹⁶

El término switch en UPS está directamente relacionado con todos los switches de energía que forman una unidad funcional en la UPS y están asociados con su aplicación, dentro de ellos se incluyen los switches de transferencia. Estos son usados en casos de fallas de la UPS, realización de mantenimiento, presencia de picos o transitorios en la carga. Pueden ser operados como transferencia síncrona o asíncrona, entendiéndose como transferencia el traslado de energía que provenía del inversor al modo bypass y viceversa.

Existen tres tipos de switches de transferencia:

- a) Mecánico

¹⁶ Información extraída de la Norma Internacional IEC/EN 62040-3

b) Electrónico

c) Híbrido

Las características de tiempo de transferencia, rangos de sobre corriente y aislamiento de entrada y salida son diferentes entre estos switches.

2.1.5.2 Switch de Transferencia Mecánico.

Es un dispositivo capaz de desarrollar, llevar y romper corrientes bajo las condiciones normales del circuito, las cuales pueden incluir condiciones de sobrecarga y también llevar por un tiempo específico corrientes bajo especificaciones anormales de las condiciones del circuito, como las de corto circuito. Un switch puede ser capaz de desarrollar pero no romper corrientes de corto circuito. El switch de transferencia mecánico MPS¹⁷ tiene ventajas con respecto al aislamiento.

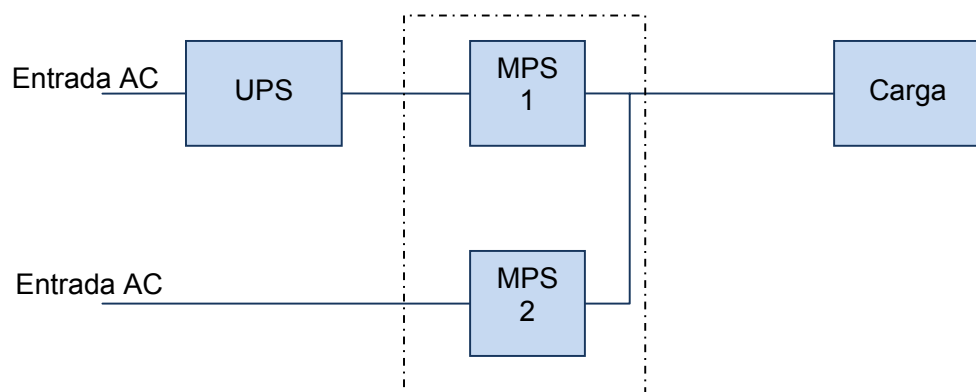


Figura 2.11 Switch de Transferencia Mecánico
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

¹⁷ Mechanical UPS Power Switch

2.1.5.3 Switch de Transferencia Electrónico

Estos switches de transferencia tienen ventajas con respecto a la transferencia de tiempo; sin embargo no proveen capacidad de aislamiento. La figura 2.12 muestra el switch de transferencia electrónico donde en operación normal de la UPS, EPS1 conduce y EPS2¹⁸ no.

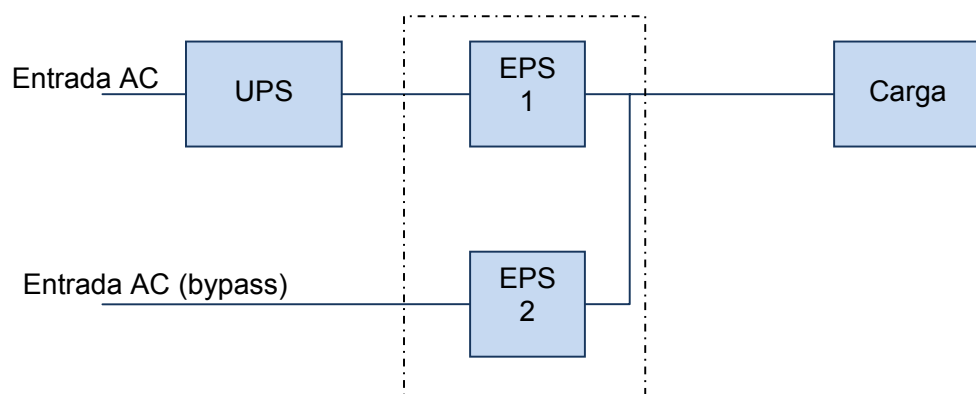


Figura 2.12 Switch de Transferencia Electrónico
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.1.5.4 Switch de Transferencia Híbrido

La Figura 2.13 es un ejemplo de un switch de transferencia híbrido, en donde la salida de la UPS se conecta a la entrada del switch mecánico, que se encuentra encendido en una operación normal. Cuando ocurre una falla en la UPS, el switch electrónico se enciende y el mecánico se abrirá automáticamente, proporcionando a la carga, energía proveniente de la red a través del bypass.

¹⁸ Electronic Power Switch

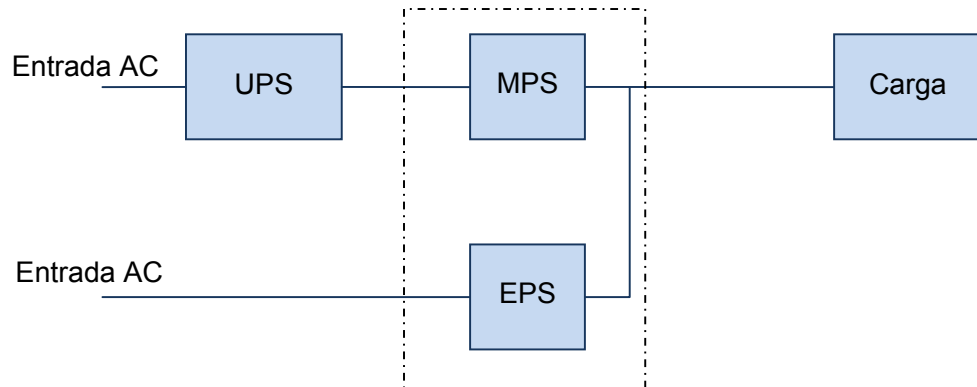


Figura 2.13 Switch Híbrido de Transferencia
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

Otra configuración es la mostrada en la Figura 2.14, la cual es la misma implementada en la Figura 2.13, excepto que otro switch mecánico es instalado en paralelo al switch electrónico, que también se cierra después que lo haga el segundo. Por lo tanto, el switch electrónico solo lleva la corriente de carga por un corto tiempo. La ventaja de los switches híbridos, es que poseen los méritos de las dos configuraciones tratadas anteriormente.

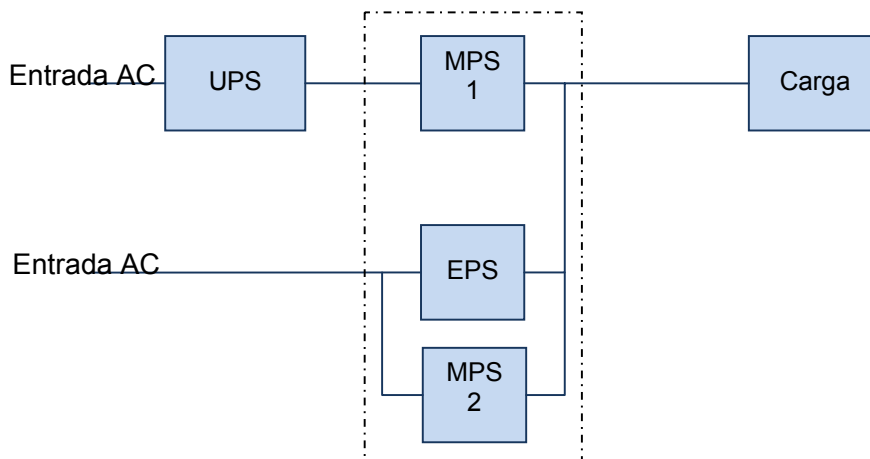


Figura 2.14 Switch Híbrido de Transferencia
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.1.5.4.1 Otros Ejemplos de Switches de Transferencia

Estos switches son usados con el objetivo de conmutar la carga de una fuente a otra. Por eso son llamados Switches de transferencias de cargas. Al igual que el switch de transferencia común, existen también el switch de transferencia de carga mecánico (Figura 2.15) y el switch de transferencia de carga electrónico (Figura 2.16).

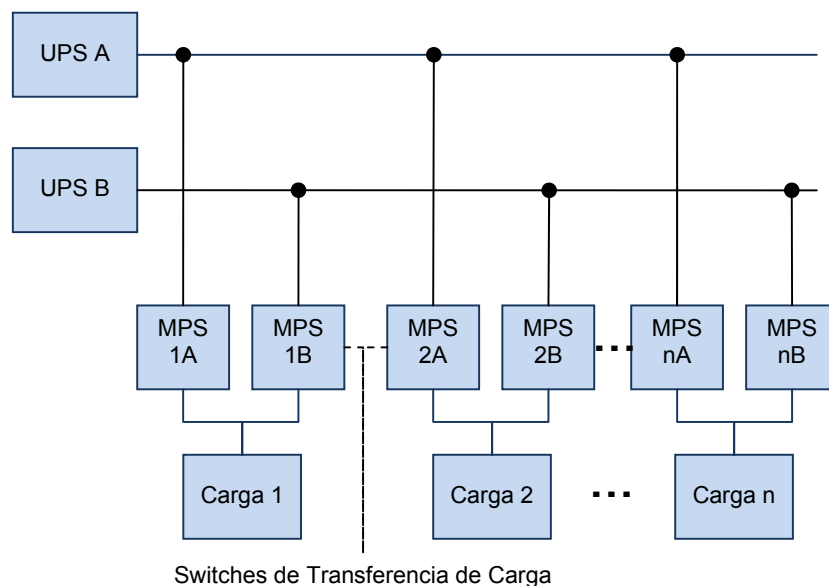


Figura 2.15 Switches de Transferencia de Carga Mecánico

Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

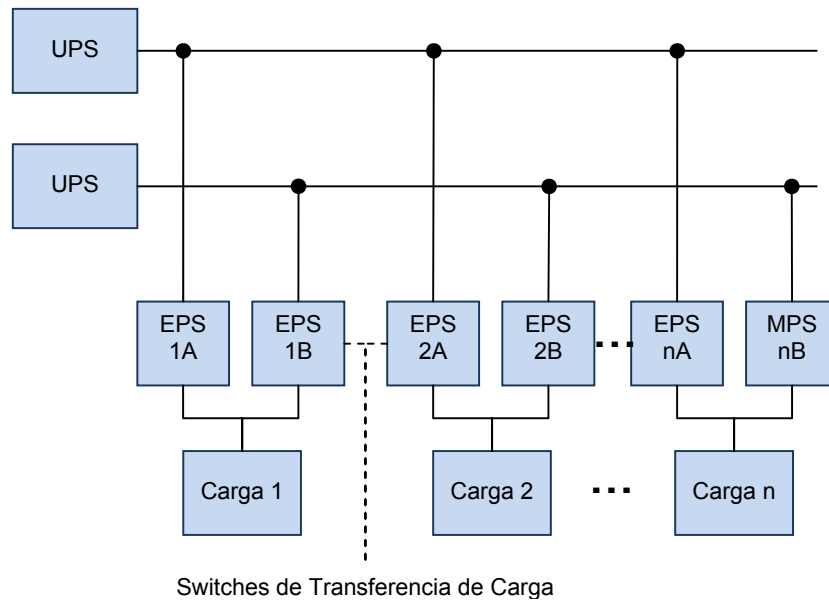


Figura 2.16 Switches de Tranferencia de Carga Electrónico
 Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.1.5.5 Switches de Aislamiento para UPS (ISO¹⁹)

Son usados como partes auxiliares, que permiten aislar los switches electrónicos de la UPS de fuentes de energía para propósitos de mantenimiento (Figura 2.17).

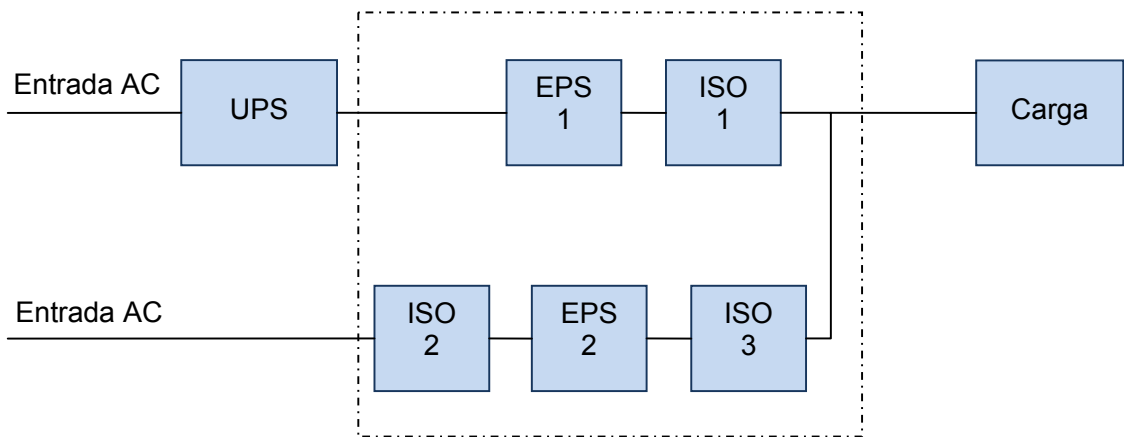


Figura 2.17 Switches de Aislamiento para UPS
 Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

¹⁹ UPS Isolation Switch

2.1.5.6 Switches de Bypass de Mantenimiento (MBP²⁰)

Son usados para puentear los switches de transferencia y asegurar la continuidad de la energía en la carga cuando se les haga mantenimiento.

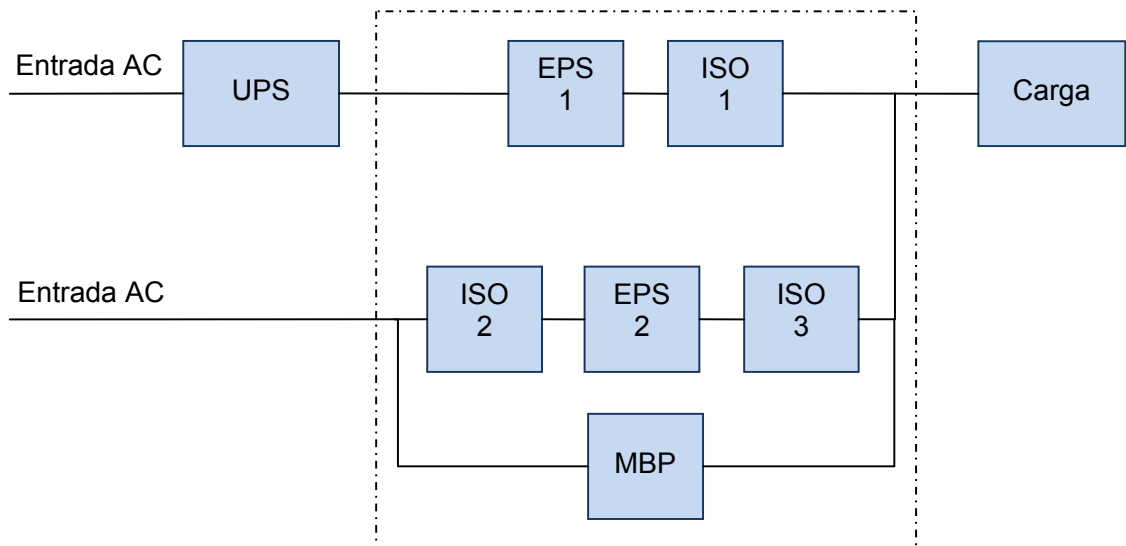


Figura 2.18 Switches de Bypass de Mantenimiento
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

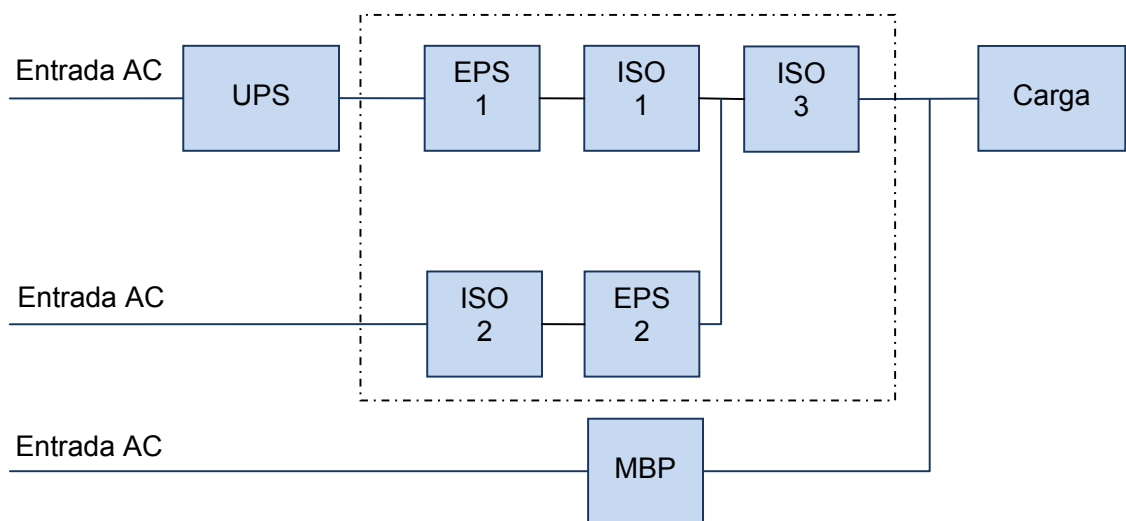


Figura 2.19 Switches de Bypass de Mantenimiento
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

²⁰ UPS Maintenance Bypass Switch

2.2 TOPOLOGÍAS DE LA UPS

La necesidad de cierta aplicación conlleva a una variedad de configuraciones de UPS que van desde unidades simples a los sistemas más complejos para añadir seguridad al respaldo de la energía hacia la carga. La distribución de estas topologías está basada en la Norma Internacional IEC/EN 62040-3.

2.2.1 UPS Sencilla

El arreglo más simple es una UPS sencilla.

2.2.1.1 UPS Sencilla sin Bypass

Una UPS sencilla es capaz de mantener la continuidad de la energía en la carga hasta que su energía almacenada se agote.

2.2.1.2 UPS Sencilla con un Rectificador Común para Inversor y Batería

Un inversor siempre proporciona energía a la carga y este la toma ya sea, desde el rectificador o de la proveniente de las baterías (Figura 2.20). El rectificador debe ser capaz de suministrar energía del inversor y al mismo tiempo a las baterías.

En el caso en que la entrada falle, la batería proporcionará energía hasta el nivel que éstas soportan. El tipo y la capacidad de la batería determinarán la duración del tiempo de respaldo.

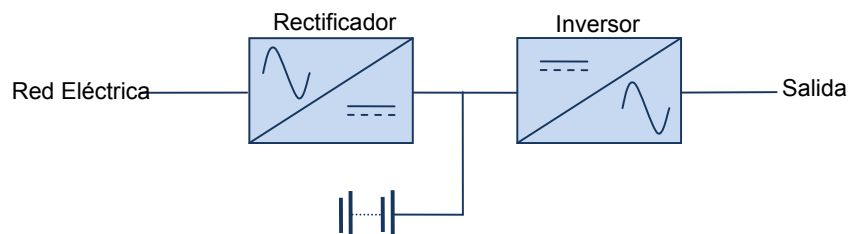


Figura 2.20 UPS Simple con Rectificador común para Inversor y Batería
Fuente: Realizada por los autores basada en la Norma Internacional IEC/EN 62040-3

La frecuencia, número de fases y niveles de voltaje de entrada y salida pueden ser diferentes. La salida puede ser diseñada para soportar especificaciones más fuertes de las que la fuente principal de entrada pueda tener. Es decir operar con mayores valores de tolerancia tanto de frecuencia como de voltaje, además de reducir las variaciones de los transitorios y otros problemas provocados por la red.

2.2.1.3 UPS Sencilla con Cargador de Batería Independiente

Los requerimientos que sobre el rectificador recaen, es decir, el suministro de energía al inversor y la energía necesaria para recargar las baterías pueden entrar en conflicto, así que la UPS puede ser diseñada de manera que implemente un bloque de diodos, tiristores o switches que hagan parte de un cargador de batería por separado.

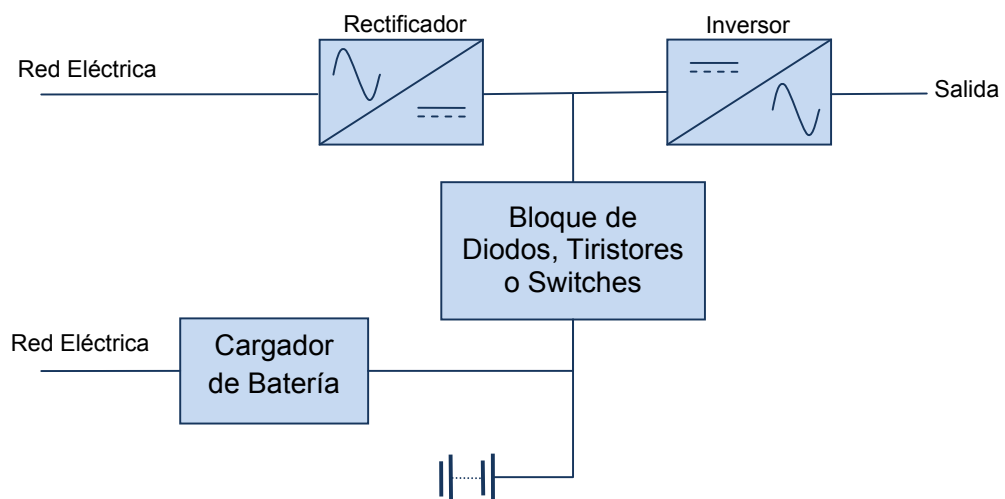


Figura 2.21 UPS Sencilla con Cargador de Batería Independiente
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.2.1.4 UPS Sencilla con Salida DC y AC

Algunas aplicaciones requieren una fuente ininterrumpida tanto de AC como de DC y este sistema combinado es posible.

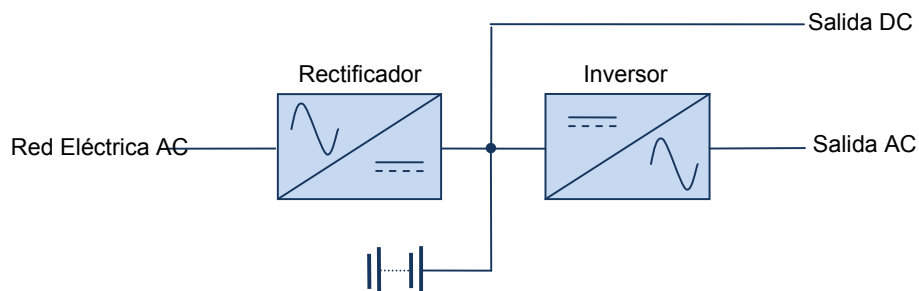


Figura 2.22 UPS Sencilla con Salida DCy AC
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.2.1.5 UPS Sencilla con Bypass

2.2.1.5.1 Ups Off-Line – VFD (Voltaje y Frecuencia Dependiente)

Esta clase de UPS ofrece una protección básica. Cuando la energía eléctrica de la red se mantiene, la salida de la UPS es suministrada a través de un filtro, ya sea EMI o RFI, para dar una protección aunque limitada, de picos y transitorios, disminuyéndolos a niveles considerables. Un circuito cargador simple surte al banco de baterías. Cuando la energía de la red falla, entra en acción el banco de baterías que energiza el inversor e inmediatamente se conecta a la carga. Por lo que el circuito inversor siempre se encuentra fuera de línea, cuando la energía de la red es estable.

Ya que el inversor se encuentra normalmente apagado, este tipo de UPS es llamado Off-Line (también conocido como Standby), donde hay una inevitable ausencia de energía al momento de una falla de la red, generalmente de 4 a 8 milisegundos, mientras se enciende el inversor.

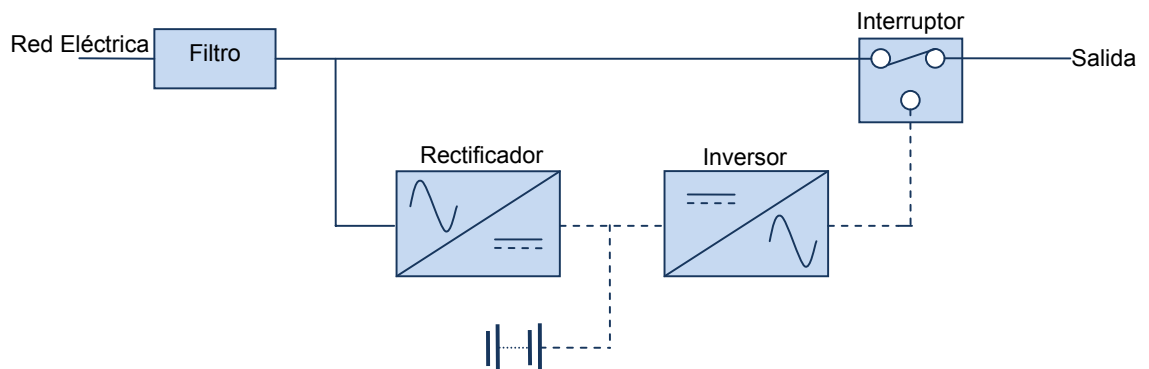


Figura 2.23 Esquema de una UPS Off-Line (Standby)

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Esta es la configuración de UPS más básica y compacta que existe, usada para pequeñas protecciones, en la cual las aplicaciones no sean de vital importancia al momento de presentarse un corte de energía. Además los tiempos de respaldo son muy cortos.

El tiempo de respaldo promedio de un banco de baterías de esta clase de UPS es de cinco minutos a plena carga y estos tiempos son mas grandes siempre y cuando las cargas sean demasiado pequeñas. Tampoco existe la posibilidad de adicionarle un pack externo de baterías para mayor capacidad de respaldo, ya que en su diseño no se instala una conexión externa para tal propósito.

2.2.1.5.2 Ups Line-Interactive – VI (Voltaje Independiente)

La UPS Line-Interactive ofrece un nivel intermedio de protección, pero mayor que la UPS Off-Line. Cuando la energía de la red está presente, alimenta la carga a través de un Estabilizador de Voltaje.

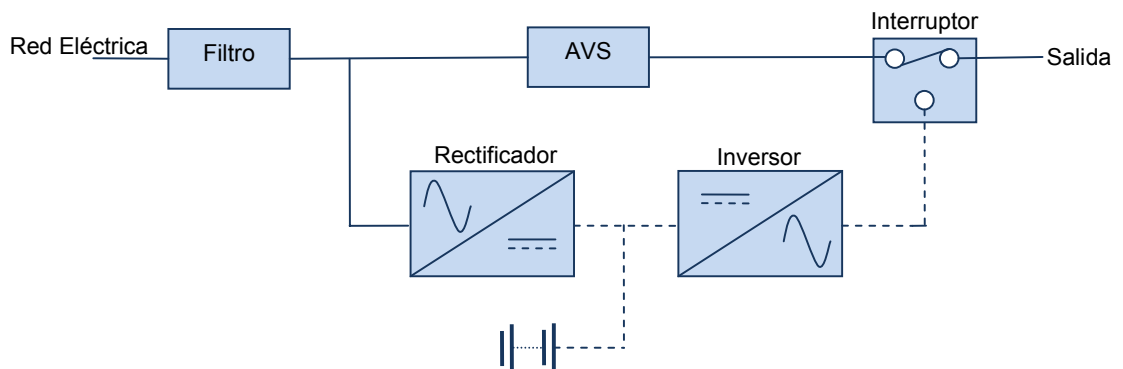


Figura 2.24 Esquema de una UPS Line-Interactive

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Cuando la energía de la red está presente, la salida de la UPS es proporcionada a través de un AVS, operando dentro de un rango de voltaje configurable de entrada. El filtro también es usado para proteger el AVS y la carga de las fluctuaciones como sobrepicos y transitorios de la red, suprimiéndolos a rangos considerables. Cuando la energía de la red falla o se sale de los valores preestablecidos de tensión y frecuencias, el inversor se energiza, y la carga deja de ser alimentada por el AVS y se conecta al inversor, donde se presenta un inevitable tiempo de transición de 4 a 8 milisegundos aproximadamente. Este inversor varía en cuanto a la forma de onda de salida, dependiendo del diseño de la UPS y la aplicación para la que se requiere. Estos pueden ser diseñados para que a la salida produzca una onda seno o una onda escalonada (step-wave).

La UPS Line-Interactive tiene un banco de baterías interno diseñado normalmente para proveer de unos cinco minutos de respaldo a plena carga.

2.2.1.5.3 Ups On-Line – VFI (Voltaje y Frecuencia Independiente)

Una UPS On-Line es conocida también como Sistema de Conversión Doble (Double conversion) por sus dos niveles de conversión, la primera de rectificación (alterna a continua) y la segunda de inversión (de continua a alterna).

El inversor está funcionando constantemente y produce una onda seno generada digitalmente con unos niveles de voltaje y frecuencia regulados para energizar la carga.

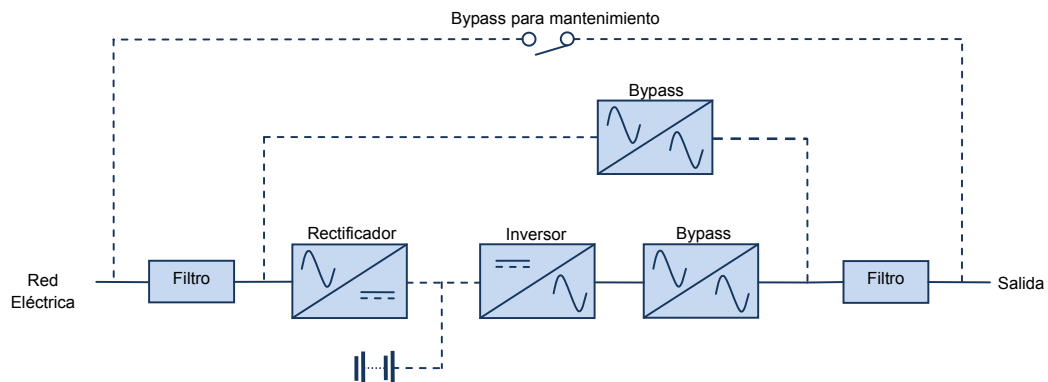


Figura 2.25 Esquema de una UPS On-Line (Double conversion)
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

El inversor está conectado a los bornes del banco de baterías y también a la salida del rectificador. El rectificador está conectado a la fuente de alterna de la red a través de un filtro donde surtirá al inversor y cargará la batería. Normalmente el rango de voltaje de entrada puede ser ensanchado por una carga reducida.

Cuando la energía de la red falla o fluctúa fuera de los rangos preestablecidos, el rectificador se apaga y las baterías entran en acción alimentando al inversor, dándose un tiempo de transición de “cero” segundos.

Algunas UPS On-Line modernas pueden ser configuradas también en varios modos, seleccionados ya sean, manualmente o automáticamente para configurar en cualquier momento, dependiendo del tipo de carga y de la fuente de energía eléctrica que esté disponible. Estos modos son:

Modo Económico: Aquí la UPS es configurada para alimentar la carga como una UPS Line Interactive, para alcanzar una eficiencia de operación más alta (encima

del 98%). El inversor es accionado pero no está activo. La carga está conectada a la red, y por los filtros, se proveen algunos grados de protección.

Modo Activo Inteligente: Aquí la UPS decide si correr en modo On-Line o en modo económico dependiendo del estado de red principal.

Modo Estabilizador de Voltaje: Aquí la UPS condiciona y regula la fuente de alimentación principal pero no intenta proporcionar ningún respaldo de batería.

Modo Standby-Off: para aplicaciones de reserva tales como las luces de emergencia. Mientras que la fuente de alimentación principal falla, la UPS se acciona y el inversor suministra la carga.

2.2.2 UPS- Distribución de Capacidad en Paralelo

La operación en paralelo describe una configuración en la cual las salidas de dos o más UPS, capaces de realizar una operación en paralelo, son conectadas para brindar un soporte de energía a la carga a través de una sola salida AC.

Un sistema de distribución de capacidad en paralelo, consiste en la conexión no redundante de múltiples UPS en paralelo. Ésta solución sin embargo no incrementa la inmunidad ante la presencia de cambios bruscos, es decir, aquellas perturbaciones que se puedan presentar. La capacidad total de los sistemas de UPS depende de la cantidad de módulos de UPS implementados, por ejemplo, si se necesita soportar una carga de 60 kVA, se podría disponer de 3 módulos de UPS cada uno con una capacidad de 20 kVA, cubriendo así el 100% del suministro de energía requerida y por lo tanto se tiene un sistema no redundante.

2.2.2.1 UPS en Paralelo sin Bypass

Existen dos tipos de conexión en paralelo. Un sistema de UPS sencillas conectadas parcialmente, el cual hace referencia a la conexión en paralelo de algunas de sus componentes (Figura 2.26), y un sistema de UPS sencillas en conexión completa, se refiere a varias UPS en paralelo (Figura 2.27), en donde las

entradas pueden ser la misma. En ambos casos, son consideradas como una única UPS.

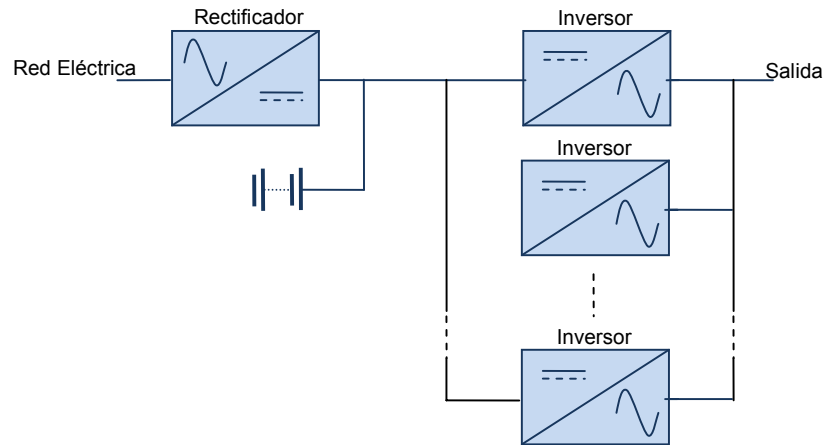


Figura 2.26 UPS conectada parcialmente en paralelo
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

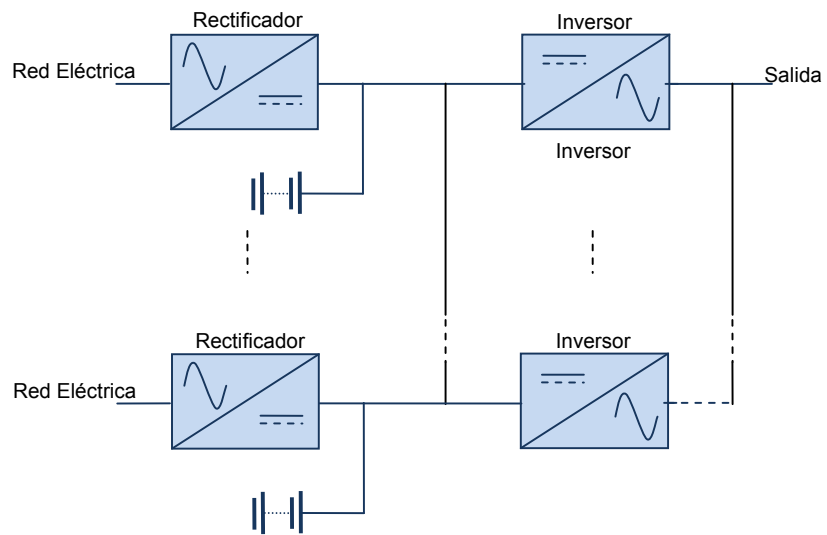


Figura 2.27 UPS conectada completamente en paralelo
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

2.2.2.2 UPS en Paralelo con Bypass

Consiste en un sistema de UPS sencillas con bypass conectadas en paralelo, similares a las UPS mostradas en la Figura 2.27 con el adicional que cada UPS contiene un bypass.

2.2.3 UPS Redundantes

Un sistema de distribución redundante se basa en la implementación de varios módulos de UPS para soportar la energía requerida por una carga. El objetivo de la redundancia es prevenir el desabastecimiento de energía hacia la carga en caso que un modulo falle, por ejemplo, si se necesita soportar una carga crítica de 40 kVA, se podría disponer de 3 módulos de UPS cada uno con una capacidad de 20 kVA, trabajando cada módulo con el 66% de su capacidad total, si se presenta un fallo en una de las UPS, los otros dos módulos deben ser capaces de soportar la carga, operando al 100% de su capacidad.

2.2.3.1 UPS Stand-by Redundante

Bajo la presencia de falla de una UPS, un switch de transferencia es el encargado de desconectar dicha UPS de la carga, quedando soportada por otra.

2.2.3.1.1 UPS Stand-by Redundante sin Bypass

Un ejemplo de esta configuración es la presentada en la figura 2.28.

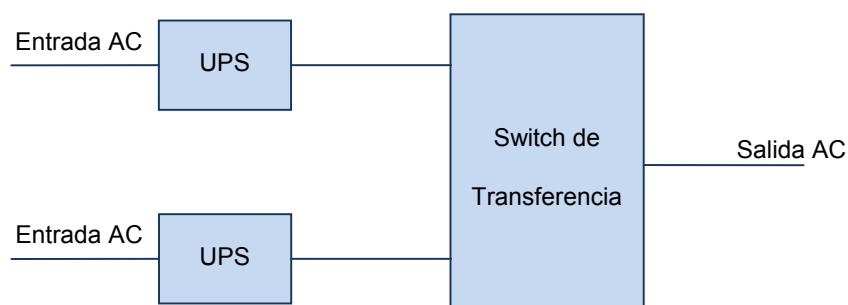


Figura 2.28 UPS Stand-by Redundante sin Bypass
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.2.3.1.2 UPS Stand-by Redundante con Bypass

En esta configuración un circuito de bypass es incluido para mejorar aún más la continuidad de la energía en la carga.

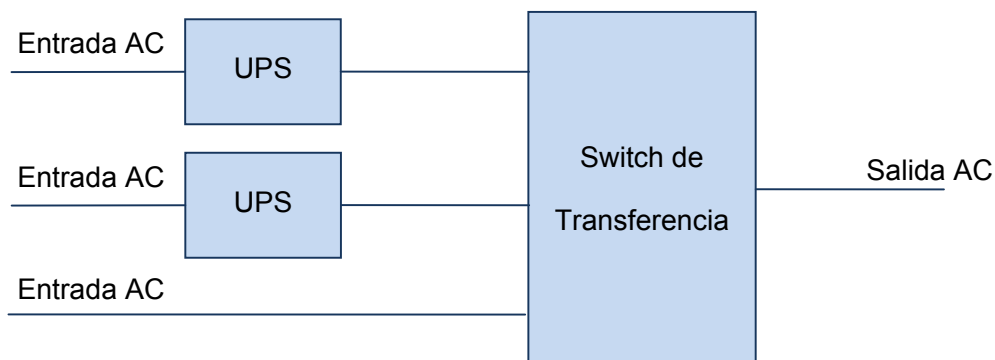


Figura 2.29 UPS Stand-by Redundante con Bypass
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.2.3.2 UPS en Paralelo Redundante

Una configuración de UPS en paralelo redundante, consiste en un número de unidades de UPS que comparten la corriente de carga. La capacidad total de este arreglo, sobrepasa los requerimientos de la carga. Por lo tanto, una o más de estas UPS puede ser desconectada con el compromiso de mantener la continuidad de la energía en la carga.

2.2.3.2.1 UPS en Paralelo Redundante sin Bypass

En una eventual falla de una de las UPS, esta debe ser aislada para que no interfiera con el soporte del resto de las UPS. Además, es necesario para el soporte de las cargas, que las UPS estén en continua sincronización.

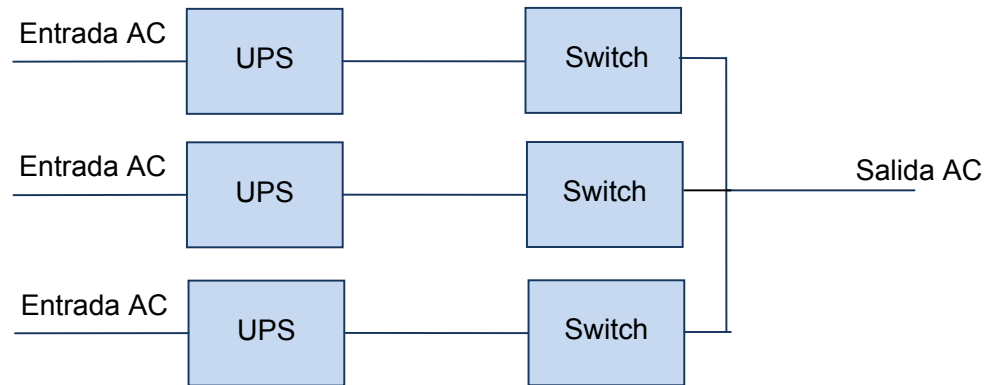


Figura 2.30 UPS en Paralelo Redundante sin Bypass
Fuente: Norma Internacional IEC/EN 62040-3

2.2.3.2.2 UPS en Paralelo Redundante con Bypass

Al igual que el anterior caso, las UPS constituyen una configuración en paralelo, con la adición de una conexión en bypass ya sea individual o conjunta.

3. BANCO DE BATERÍAS

La energía eléctrica universalmente puede ser aplicada y fácilmente ser convertida en luz, calor, energía mecánica entre otras aplicaciones. Sin embargo, el problema general que aborda la energía eléctrica es su difícil almacenamiento. Los capacitores, por ejemplo, permiten un almacenaje directo pero en valores muy pequeños comparado con la demanda de muchas aplicaciones. En el caso de las baterías, la energía proveniente de sus componentes químicos actúa como medio de almacenamiento, y durante la descarga ocurre un proceso químico, generando energía que puede ser utilizada en forma de una corriente eléctrica o en cierta tensión. Para un gran número de sistemas de baterías, éste sistema puede ser revertido y las baterías pueden ser recargadas.

Un bloque de baterías es un dispositivo electroquímico que está en la capacidad de almacenar energía eléctrica para un uso posterior, generalmente son fabricados de polipropileno PVC, y consta de dos terminales sobresalientes, uno negativo y el otro positivo. Dentro de su composición, consta de dos placas que están sumergidas en un electrolítico (generalmente ácido sulfúrico) para formar una celda individual con un potencial eléctrico. Dentro de este circuito cerrado es creado un voltaje, el cual es almacenado cuando una corriente de carga es aplicada.

Dentro de una UPS, el banco de baterías provee una fuente en DC que alimenta al inversor cuando la energía de la red falla. Estas baterías son diseñadas para descargas de altas corrientes en tiempos cortos (minutos) y asegurar una larga vida de servicio. Cuando un banco de baterías falla dentro de una UPS, la carga puede ser desenergizada sino existe energía de la red (proveniente de un bypass) o no hay una fuente alternativa presente.

Lo información presentada a lo largo de este capítulo, se basa en la recopilación obtenida de “The Power Protection Guide”.

3.1 EL BANCO DE BATERÍAS DE LA UPS

Un banco de baterías está conformado por un número de baterías conectadas en serie (Figura 3.1), cuya tensión en total consiste en la suma de las tensiones individuales.

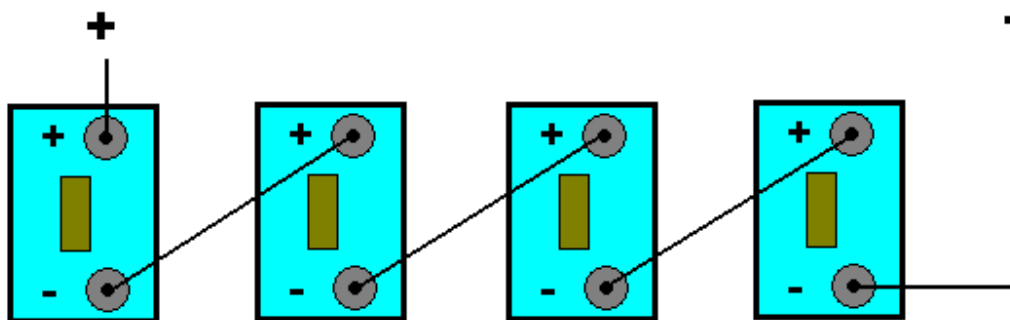


Figura 3.1 Baterías conectadas en serie

En la actualidad existen dos tipos de baterías capaces de cumplir con los requerimientos de una UPS: Níquel-Cadmio y Ácido-Plomo.

3.1.1 Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cads)

Estas fueron una de las más populares, las cuales hicieron parte de grandes instalaciones de telecomunicaciones y aún son implementadas en algunas aplicaciones de UPS, especialmente en áreas con temperaturas altas.

Una de las ventajas de las baterías Ni-Cads, es que están diseñadas para una larga vida útil (20 años o más), lo que las convierte en dispositivos libres de

mantenimiento, teniendo en cuenta las condiciones del ambiente y un rango de temperaturas comprendidos entre -20° y 40°C .

Sin embargo, presentan ciertas desventajas, tales como el alto costo y quizás el más importante el impacto ambiental debido al contenido de Cadmio.

3.1.2 Baterías de Ácido-Plomo

Esta batería es la más utilizada para una UPS. Basado en un diseño industrial que soporta 5 años de vida útil. Es la más apropiada por su diseño de placas, electrolito, comportamiento de carga y descarga (Figura 3.2). También es encontrada en aplicaciones como telecomunicaciones, seguridad, alarmas, luces de emergencia, sistemas de energía en standby.



Figura 3.2 Batería de ácido plomo de 12Vdc y 100Ah

Dentro de su configuración existen dos tipos, con apertura para entrada de ácido, y con válvula regulada.

3.1.2.1 Baterías de Ácido-Plomo con apertura para entrada de ácido

Son usadas para instalaciones que requieren altos rangos de Ah, y debido a su diseño no son apropiadas para ambientes de oficinas y centro de datos. Cuando están funcionando a plena carga, pueden emitir niveles de gases los cuales pueden afectar la salud y seguridad de quienes operan en estos ambientes, por lo tanto su instalación es requerida en cuartos aislados para baterías. Estas deben estar en un ambiente ventilado, por lo que el número de baterías en un banco es limitado.

3.1.2.2 Baterías de Ácido-Plomo con válvula regulada (VRLA²¹)

Tradicionalmente llamadas Baterías Selladas (SLA²²) libres de mantenimiento, son más adecuadas para ambientes domésticos de oficinas e instalaciones de UPS.

Dentro de la instalación de una UPS, la ventaja de ser una batería sellada contribuye a un tamaño compacto y especialmente a una baja emisión de gases, hecho que las hace ideales para usos en compartimientos de baterías, gabinetes externos o racks. Su diseño de válvula regulada, permite mantener sellada esta última con el objetivo de instalarlas en posición vertical u horizontal, abriendo la válvula solamente en circunstancias extremas.

Estas baterías son catalogadas como libre de mantenimiento, sin embargo, requieren un test y una inspección regular.

3.2 INSTALACIÓN DE UN PACK DE BATERÍAS EN UPS

Una UPS tiene un rango de voltaje DC a la salida de las baterías que comprenden desde 12 hasta 576Vdc. Por ello es necesaria la conexión en serie de un bloque de baterías, conformando un banco específico (Figura 3.3). Por ejemplo, una

²¹ Valve-Regulated Lead-Acid

²² Sealed Lead-Acid

salida de 144 Vdc requiere 12 baterías de 12Vdc conectadas en serie. Esta conexión debe unir los terminales positivos con los negativos de la batería siguiente y posiblemente con una conexión mid-point si la UPS es sin transformador (Anexo A).



Figura 3.3 Arreglo de baterías en serie

Las baterías deben tener el mismo valor de Ah, así por ejemplo, para una UPS On-Line de 1.5kVA y una salida de 48Vdc y 100Ah, se podría conformar un pack con 4 baterías de 12Vdc y 100Ah.

Dos o más packs de baterías en serie conectadas en paralelo producirían los mismos 48Vdc pero con más corriente. Es decir si se conforma un pack con 4 baterías de 12Vdc y 100Ah conectadas en serie, y en paralelo otro pack idéntico, a la salida se obtendrá 48Vdc y 200Ah (Figura 3.4).

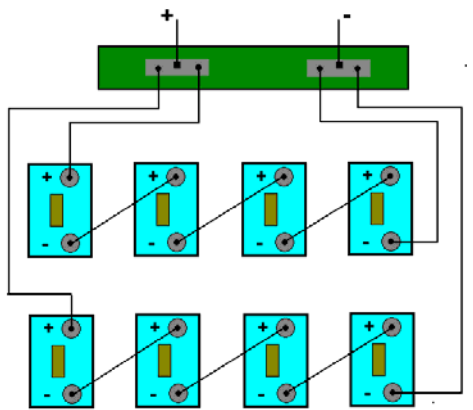


Figura 3.4 Dos filas de baterías conectadas en paralelo

3.2.1 Banco de Baterías Interno

Generalmente las UPS de bajas capacidades contienen un banco de baterías interno, en el cual se debe tener cuidado en el proceso de carga debido a la disipación de calor que las baterías experimentan, llegando a ordenes de alrededor de 0.02 Watts por Ampere-hora por 12Vdc. Esto es de vital importancia para prevenir fugas térmicas que afecten los dispositivos electrónicos de la UPS.

Otra consideración es el fácil acceso a los terminales de las baterías, teniendo en cuenta labores de mantenimiento, test y posibles remplazos.



Figura 3.5 Ejemplo de una UPS de 3kVA con un banco de baterías interno

3.2.2 Banco de Baterías Externo

Para UPS de gran capacidad es necesario un banco de baterías externo debido al tamaño de éstas. Las baterías deben estar distribuidas de tal manera que permitan su instalación, ensambles, tareas de mantenimiento, test, remplazos, también para la disipación de calor y gas.



Figura 3.6 Ejemplo de un banco de baterías externo a una UPS de 80kVA. Se aprecia en el lado izquierdo la UPS y en lado derecho el banco de baterías.

3.2.3 Baterías en Estantes

Las baterías en estantes son comúnmente usadas en bancos de baterías de gran tamaño y peso, especialmente en aquellas de Ácido-Plomo con apertura para entrada de ácido. La distribución en un estante, se da mediante filas y columnas como el ejemplo de la figura 3.7, en la cual se observa dos bancos de baterías repartido en 4 filas y 2 columnas.

La instalación de un estante de baterías debe hacerse en un cuarto seguro, con el objetivo de proveer contacto letal con altas corrientes y el control de emisión de gases.



Figura 3.7 Baterías en estantes
Fuente: <http://farm2.static.flickr.com>

3.2.4 Sistemas montados sobre rack

Un sistema de UPS puede ser instalado dependiendo de su aplicación en gabinetes o racks dentro de los cuales se pueden incluir packs de baterías, bypass automático y distribución de energía (Figura 3.8).

Estos pueden proveer una solución en el momento de disponer de pequeñas áreas para la distribución de estos equipos, proporcionando seguridad y fácil acceso a sus componentes.



Figura 3.8 Sistema UPS montado en rack

3.3 TIEMPOS DE RESPALDO DE LAS BATERÍAS

La selección de la UPS se ve afectada por el tiempo de respaldo requerido. Este tiempo está en función de los Ah que proporciona principalmente el banco de baterías, además de la potencia activa que consume la carga, la eficiencia de la UPS, el proceso de carga de las baterías y la temperatura.

El funcionamiento de la descarga de las baterías depende de la temperatura (Figura 3.9). Por lo tanto, valores por encima del rango óptimo de temperatura, reduce la vida útil de las baterías. Por ejemplo, un banco de baterías con vida útil de cinco años que opera a 35°C, reducirá su vida útil a la mitad. Si se opera a una temperatura mayor, la vida útil de las baterías podría reducirse hasta menos de un año.

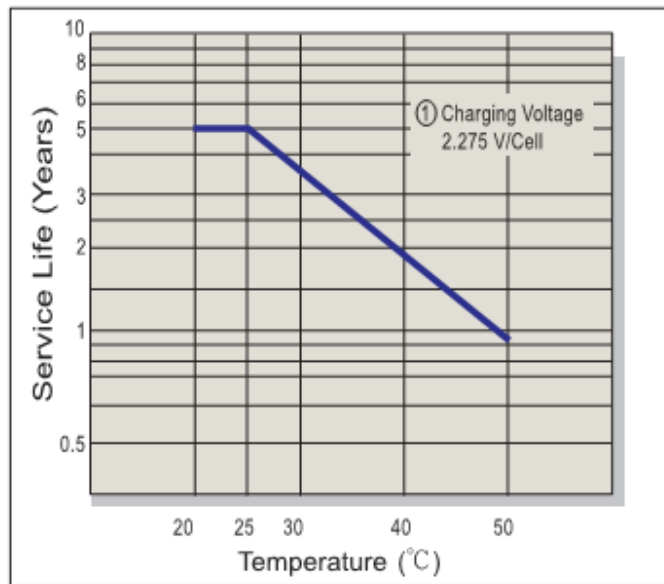


Figura 3.9 Vida útil con respecto al Incremento de Temperatura

Fuente: <http://www.csb-battery.com/>

Tiempos de respaldo amplios son usados en aplicaciones donde las cargas deben ser alimentadas continuamente de una fuente de energía alternativa, además de la red. Ejemplos de éstas se encuentran servicios de emergencia, sistemas de telecomunicaciones y procesos industriales, donde la ausencia de energía puede resultar riesgosa para muchas vidas o traer pérdidas económicas. Cuando se requiere un tiempo de respaldo más prolongado, se pueden tener en cuenta dos opciones: sobrecargar la UPS o adicionar un pack de baterías externo.

La sobrecarga es común en los inversores de las UPS Line-Interactive y Off-Line, las cuales no están diseñadas para un funcionamiento continuo a plena carga. Las UPS On-Line también pueden ser sobrecargadas, pero es más común adicionar un pack de baterías externo, ya que sus inversores sí están diseñados para soportar un funcionamiento continuo a plena carga.

Algunos diseños de UPS On-Line tienen un circuito cargador interno adicional, para mejorar la calidad de la carga de baterías cuando se instala un pack adicional. Cuando este no es el caso, las baterías adicionales se instalan con su

circuito cargador incluido y prácticamente el inversor queda alimentado por dos fuentes de continua.

La desconexión controlada de cargas también es una opción para extender el tiempo de respaldo de las baterías, en caso de que la energía de la red falle. En esta situación, las cargas son clasificadas según su prioridad, y las de menor importancia son desconectadas cuidadosamente. Esto reduce la carga total soportada por la UPS y aumenta el tiempo de respaldo del banco de baterías.

Para tiempos de respaldo muy grandes, en especial para UPS con grandes capacidades (por encima de los 10kVA) y que necesiten respaldar cargas muy críticas, se debe considerar la instalación de un generador. Con esta configuración, la UPS puede suministrar un corto tiempo de respaldo, por ejemplo unos treinta minutos, mientras el generador arranca. Luego este último respalda a la carga cuando arranque completamente.

4. UPS EN LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

El estudio completo de equipos para soporte de energía, UPS y banco de baterías en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander (UIS) es fundamental para llevar a cabo labores de seguimiento, control y mantenimiento de estos dispositivos, tareas realizadas por la División de Mantenimiento Tecnológico (DMT).

La puesta en marcha de un trabajo de campo llevado a cabo entre los meses de abril a junio del 2008, basado en visitas a las diferentes localidades de la sede principal de la Universidad Industrial de Santander, permitió recolectar información necesaria para crear un inventario completo y organizado de dispositivos de soporte de energía, estableciendo una línea de conocimientos base con el propósito de fomentar una cultura de mantenimiento a partir de un primer historial desarrollado con este proyecto, ya que en materia de éstos dispositivos, la Universidad hasta la actualidad, sólo toma acciones correctivas sin llevar un soporte documentado, llevando al desconocimiento de la información necesaria para cumplir con la adecuada labor de mantenimiento.

En conjunto con la División de Mantenimiento Tecnológico se adoptaron ideas para acompañar el proceso de control de mantenimiento y calibración de UPS y banco de baterías, diseñando para ello, su respectiva Hoja de Vida e Informe Técnico de Mantenimiento. En la información contenida en estas se especifican las características eléctricas de las UPS y baterías, al mismo tiempo, las inspecciones eléctricas efectuadas, mediciones realizadas, algunas descripciones y observaciones que se obtuvieron en el proceso.

En la búsqueda de una mejor comprensión de la información y en base a lo recolectado en las hojas de vida, se desarrolló un plano ilustrativo que muestra de forma dinámica y didáctica el posicionamiento de las UPS en el campus

universitario. Esta herramienta resulta muy útil al momento de realizar una consulta referente a cargas críticas y localización de los dispositivos.

4.1 INVENTARIO DE UPS Y BANCO DE BATERÍAS

La mayor parte de los edificios del campus universitario, presentan cargas críticas que necesitan de un equipo de soporte de energía como una UPS, para llevar a buen término sus funciones dentro de la Universidad.

Con la intención de contribuir a los alcances propuestos por la División de Mantenimiento Tecnológico, se hizo una distribución de las UPS por número de inventario, pertenecientes a una Unidad Académico-Administrativa (U.A.A.) que conforman las dependencias de los edificios localizados en la sede principal de la UIS.

Una distribución del número de UPS por edificio se muestra en la figura 4.1. En ella se aprecia que edificios como Laboratorios Livianos y Administración implementan estos equipos en una mayor proporción, para el soporte de sus labores.

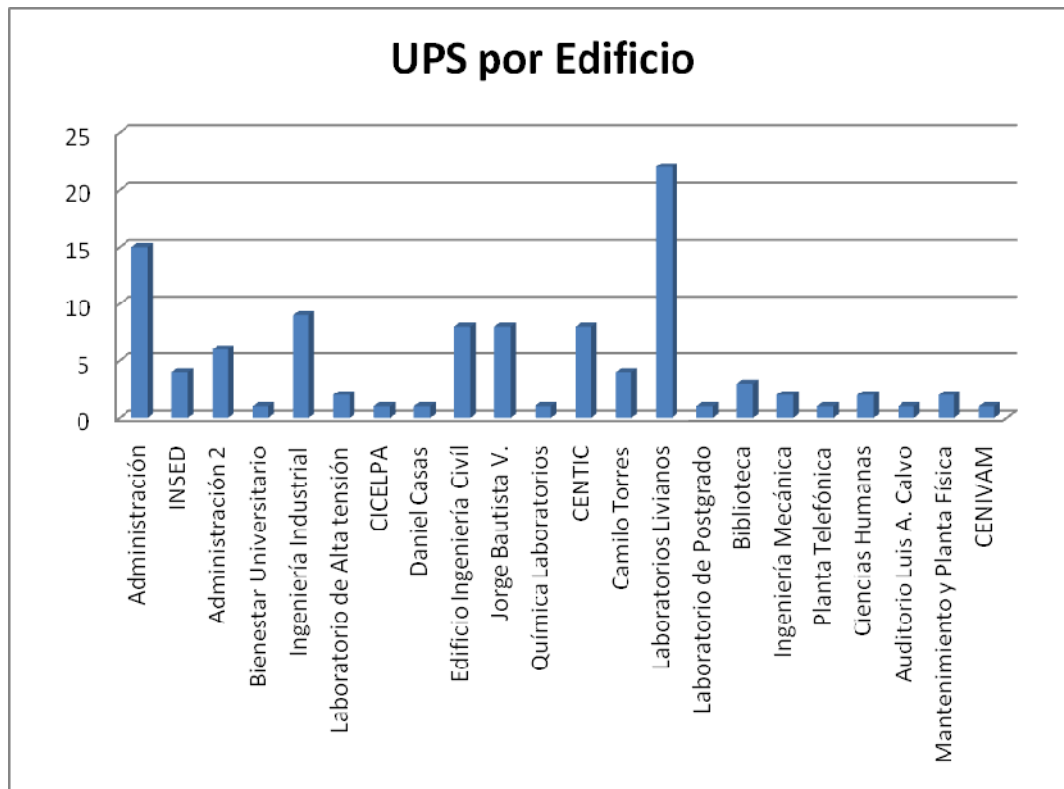


Figura 4.1 Cantidad de UPS por Edificio

En la tabla presentada en el Anexo B se plasma el inventario actualizado de las UPS organizado por edificios, en las que se muestra la U.A.A. responsable del equipo, número de inventario, marca y capacidad.

El desarrollo de las visitas a las distintas U.A.A, las cuales permitieron conocer las principales aplicaciones en las que se implementa una UPS, además de un análisis del inventario realizado condujeron a establecer que en la Universidad Industrial de Santander existen tres ubicaciones típicas en donde están presentes la mayoría de las UPS. Estas ubicaciones son:

- Laboratorios: En esta ubicación están contenidas las UPS que respaldan equipos que necesitan un suministro de energía ininterrumpido debido a la continuidad de sus procesos, como por ejemplo espectrómetro de masas, cromatógrafo de gases, entre otros equipos de laboratorio.

- Oficinas: Esta ubicación representa todos los equipos de oficina, tales como computadores personales ubicados en la mayoría de las U.A.A. de la UIS.
- Sistemas de Información: En este lugar se presentan equipos que manejen sistemas de procesamiento de datos y voz, generalmente son dispositivos que son demasiado sensibles a los cambios bruscos de la red, entre ellos están servidores, racks, salas de cómputo y sistemas de seguridad.

Una representación gráfica de lo descrito anteriormente se describe en la figura 4.2, en donde se aprecia que las UPS son implementadas en su mayoría para equipos de oficina, especialmente computadores personales, entre otros pertenecientes a salas de cómputo.

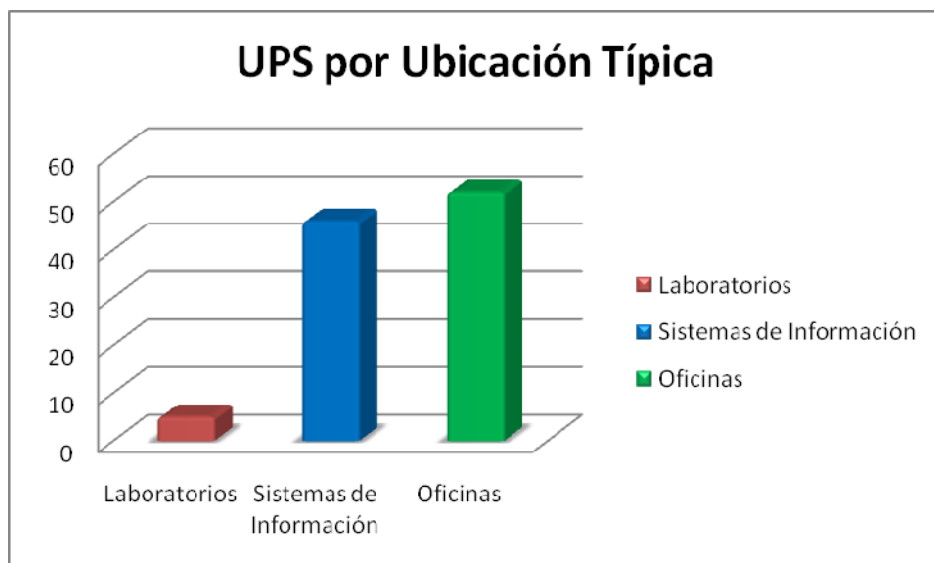


Figura 4.2 Cantidad de UPS según las tres ubicaciones típicas de la UIS

A partir de las visitas realizadas a cada Unidad Académico-Administrativa y específicamente al lugar de operación de la UPS, se obtiene información que

permite distribuir estos equipos de acuerdo al nivel crítico de las cargas que soporta. Estos últimos, categorizados como Básico, Medio y Alto (tema que es tratado en el Capítulo 6), proporcionan una visión de las cargas críticas que posee la Universidad dentro de sus procesos.

La distribución por cargas críticas del número de UPS se presenta en la tabla 4.1, la cual está ilustrada gráficamente en la figura 4.3, en donde se representan las 29 UPS que soportan cargas críticas en la UIS.

INVENTARIO	POTENCIA	EDIFICIO	U.A.A.	RESPALDO	Nivel Crítico
52135	3kVA	Administración	División Servicios de Información	Servidores	Media
52136	3kVA	Administración	División Servicios de Información	Servidores	Media
76280	10kVA	Administración	División Servicios de Información	Computadores toda la División	Alto
76285	5kVA	Administración	División Servicios de Información	Servidor FAISAN	Alto
65634	3kVA	Laboratorio de Alta Tensión	Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones	Servidor	Básico
52168	3kVA	Edificio Ingeniería Civil	Escuela de Ingeniería Civil	Sala Geomática	Básico
78921	4,5kVA	Edificio Ingeniería Civil	Escuela de Ingeniería Civil	Rack de Ingeniería Civil	Básico
65776	3kVA	Edificio Ingeniería Civil	Escuela de Ingeniería Civil	Rack y servidores de Ingeniería Mecánica	Básico
71426	1kVA	Química Laboratorios	Escuela de Ingeniería Química	Espectrómetro de masa	Alto

INVENTARIO	POTENCIA	EDIFICIO	U.A.A.	RESPALDO	Nivel Crítico
76276	20kVA	CENTIC	CENTIC	Servidores ÁGUILA y PELICANO	Alto
76277	10kVA	CENTIC	CENTIC	Salas dobles	Medio
76278	10kVA	CENTIC	CENTIC	Salas dobles	Medio
76279	10kVA	CENTIC	CENTIC	Salas dobles	Medio
76281	5kVA	CENTIC	CENTIC	Switches, cámaras del CTV, monitores del CTV, servidores de acceso y aires acondicionados.	Alto
76282	5kVA	CENTIC	CENTIC	RACK de seguridad	Alto
76283	5kVA	CENTIC	CENTIC	RACK de seguridad	Alto
76284	5kVA	CENTIC	CENTIC	RACK de seguridad y switches	Alto
62412	1,5kVA	Laboratorios Livianos	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	Servidor	Medio
62413	1,5kVA	Laboratorios Livianos	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	Servidor	Medio
62414	1,5kVA	Laboratorios Livianos	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	Servidor	Medio
63805	1,5kVA	Laboratorios Livianos	Escuela de matemáticas	Servidor	Básico
63806	1,5kVA	Laboratorios Livianos	Escuela de matemáticas	Servidor	Básico
78240	3kVA	Laboratorios Livianos	Escuela de matemáticas	Servidor	Básico

INVENTARIO	POTENCIA	EDIFICIO	U.A.A.	RESPALDO	Nivel Crítico
40923	80kVA	Laboratorios Livianos	Decanato Facultad de Ciencias	Laboratorios Camilo Torres	Alto
31111	6kVA	Biblioteca	Biblioteca	Rack	Alto
57983	6kVA	Biblioteca	Biblioteca	Base de Datos y computadores	Alto
57984	6kVA	Biblioteca	Biblioteca	Base de Datos y computadores	Alto
76640	3kVA	Planta Telefónica	División Servicios de Información	Cableado principal de la UIS	Alto
60693	3kVA	CENIVAM	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	Cromatógrafo de gases	Alto

Tabla 4.1 Distribución de las UPS con cargas críticas según su nivel crítico

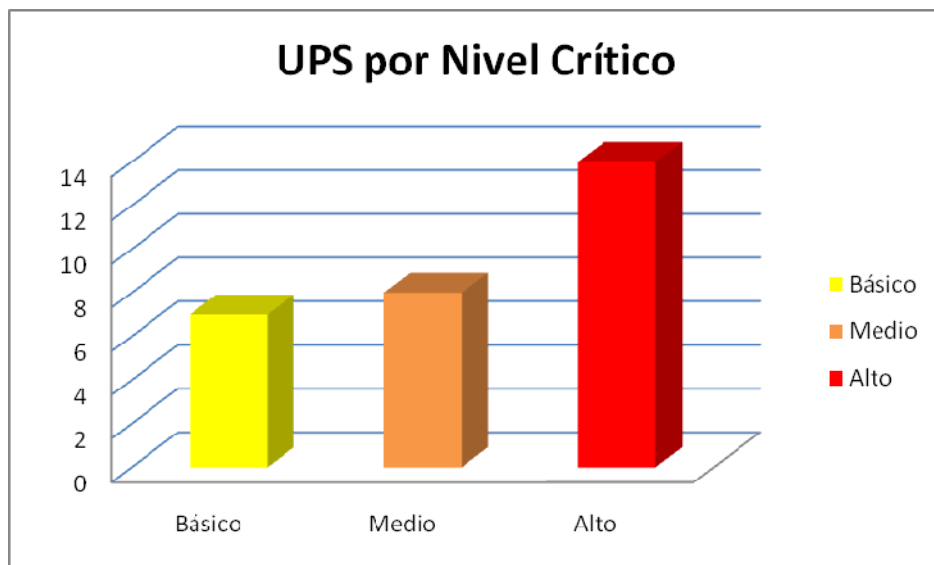


Figura 4.3 Distribución de las UPS con cargas críticas según su nivel crítico.

Una información adicional corresponde a la preferencia que las dependencias de la Universidad tienen con respecto a la marca Powercom. Un estudio de la distribución de las UPS por marcas se presenta en la figura 4.4.

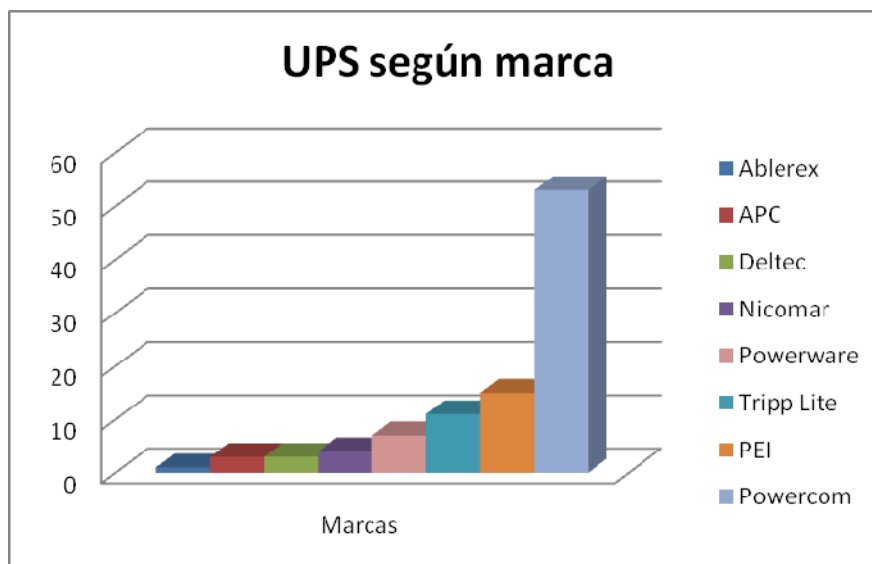


Figura 4.4 Cantidad de UPS respecto a la preferencia de marca

4.2 HOJAS DE VIDA DE LAS UPS

La hoja de vida de los equipos es una medida que busca garantizar la veracidad y la completa información contenida en los inventarios, con la cual se facilitará el conocimiento, manejo y mantenimiento, en este caso, de equipos de soporte de energía UPS y banco de baterías.

Para la toma de la información en los inventarios se han diseñado formatos especiales para las hojas de vida, que incluyen los datos necesarios para el historial y mantenimiento. Es de suma importancia consignar los datos con toda precisión y en forma completa, pues la omisión de un número o de una letra en el modelo o en el número de serie, puede cambiar totalmente el significado de la información. Así mismo, es importante la precaución en la asignación de los valores eléctricos ya que una información falsa, puede resultar riesgosa para el

personal que desarrollará labores de mantenimiento a dispositivos como los de soporte de energía.

El diseño de la hoja de vida para UPS y banco de baterías se muestra en la Figura C.1 del Anexo C.

El formato de hoja de vida de las UPS para control de mantenimiento y calibración contiene los siguientes campos de información, los cuales fueron acordados en conjunto con la División de Mantenimiento Tecnológico.

4.2.1 Equipo

En este campo se sitúa la información sobre el equipo que se va a estudiar, generalmente es una UPS.

4.2.2 S.N. y Modelo

Este campo contiene la información que esté disponible al momento de la inspección del equipo, ya sea el Número de Serial (S.N.), el Número de Modelo (Modelo) o ambos en su defecto. Estos valores son importantes para corroborar la validez del equipo.

4.2.3 Marca

Esta parte corresponde a la introducción de la Marca del equipo. Cabe aclarar que se plasma el nombre real de la marca, ya que en ocasiones existe una confusión sobre el nombre del que ensambla el equipo y el que lo importa a Colombia. Un ejemplo de esto son algunas UPS que son importadas por Energex. Esta no es la marca, la compañía verdadera que la produce en este caso, es Powercom.

También existe impreso en las placas de estos equipos el nombre alternativo de las compañías, por ejemplo PCM para el caso de Powercom, y Smart para el caso de la marca Tripp Lite.

4.2.4 U.A.A

El término de U.A.A. corresponde al nombre de Unidad Académico-Administrativa, el cual se refiere a las distintas dependencias que se encuentran dentro de cada edificio de la UIS. En este campo se introduce el nombre de la U.A.A. que hace uso o se encarga de la UPS que se está estudiando.

Cabe decir, que se debe tener especial cuidado al momento de tramitar el nombre de la U.A.A., pues se puede cometer el error de escribir el nombre del edificio en el que se encuentra el equipo (en este caso sería preferible consultar el plano del Campus, del cual se tratará más adelante).

4.2.5 Inventario No.

Este campo corresponde al número de Inventario del equipo. El inventario corresponde al número que identifica a cualquier equipo u objeto perteneciente a la Universidad, este valor es único para cada elemento, el cual se debe ver claramente impreso.

4.2.6 Voltaje de Entrada

Un voltaje de entrada corresponde al valor de la tensión que se mide a la entrada de un dispositivo. Algunas UPS poseen diferentes rangos de entrada, los cuales se encuentran medidos por su valor RMS²³. El valor tomado corresponde al voltaje de línea, sin importar el número de fases que maneje la UPS.

4.2.7 Voltaje de Salida

Un voltaje de salida corresponde al valor de la tensión que se mide a la salida de un dispositivo. Al igual del voltaje de entrada, se toma el valor RMS y la tensión de línea.

²³ Root Mean Square, es el valor de la raíz cuadrada del promedio de los valores de corriente o voltaje al cuadrado.

4.2.8 Corriente de Salida

En el campo de corriente de salida se introduce el valor de la máxima corriente que puede arrojar la UPS a la salida que alimenta las cargas. El valor que se anota es el de corriente por fase, en valores RMS.

4.2.9 Potencia

La potencia es la información más importante de la UPS, ya que es aquí donde se observa la capacidad del equipo. En este campo se introduce lo Volts-Amperes nominales que proporciona el dispositivo, al mismo tiempo se hace referencia en Watts.

4.2.10 THD

El THD es la Distorsión Armónica Total, tema que es tratado con más detalle en el ítem 1.1.6.1. En este campo se coloca el THD nominal del equipo cuando se conecta usando cargas lineales. En la mayoría de los casos, es un dato proporcionado por los fabricantes.

4.2.11 Frecuencia

En este campo se anota la frecuencia que maneja la UPS y el sistema, generalmente tiene el valor que maneja las redes eléctricas en Colombia, el cual es 60 Hz.

4.2.12 Factor de Potencia

En esta parte se plasma la información correspondiente al factor de potencia nominal a la entrada de la UPS, cuando se encuentra en modo normal y con las baterías completamente cargadas.

4.2.13 Otras Descripciones

En otras descripciones se anota información adicional que pueda ser importante para complementar el estudio del dispositivo como por ejemplo, la topología, el número de fases, accesorios adicionales, la tecnología que usa, etc.

4.2.14 Información de la Baterías

En esta sección de la hoja de vida se incluye toda la información necesaria sobre las baterías. Los campos incluidos en esta parte se presentan a continuación.

4.2.14.1 Marca

Aquí se incluye la marca de las baterías que constituyen al banco.

4.2.14.2 Voltaje

En este campo se anota el voltaje nominal de la batería, sabiendo que este valor puede ser un poco más alto si son baterías que están completamente cargadas.

4.2.14.3 Cantidad

En este campo viene contenida la información de la cantidad de baterías que tiene el banco. Algunas UPS implementan packs de baterías adicionales, por lo que en estos casos se hace notación de la suma total de las baterías que respaldan a la UPS. Por ejemplo, si una UPS contiene 2 packs, uno interno y otro adicional, de 6 baterías cada uno, en el campo cantidad aparecerán anotadas 12 baterías.

4.2.14.4 Corriente

Es la capacidad medida en Amperes-hora que posee cada batería.

4.2.14.5 Voltaje Total

Es el voltaje a la salida del banco de baterías. Esta tensión total puede ser la suma de todas las baterías de acuerdo al arreglo que tengan (Serie o paralelo).

4.2.14.6 Uso del equipo

En este campo se coloca la información relacionada con el uso que tiene el equipo, más específicamente las cargas que son respaldadas por la UPS y el sitio en donde es usado.

4.2.14.7 Periodicidad de Mantenimiento

La periodicidad de mantenimiento es el tiempo recomendado en la que se debe hacer la respectiva revisión al equipo. Dependiendo de la prioridad de las cargas es asignado un tiempo mayor o menor.

4.2.14.8 Contacto

Es la entidad encargada de realizar las labores de mantenimiento a los equipos, o dar el respectivo aviso en caso de presencia de una falla, esta función corresponde a la División de Mantenimiento Tecnológico.

4.2.14.9 Observaciones

En este campo se sitúan las observaciones y anotaciones realizadas para complementar la información de la UPS.

4.3 INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO

Llevar un informe técnico es la base primordial para la creación de un historial de mantenimiento, el cual tiene como objetivo, establecer un control periódico de las acciones preventivas y correctivas que se realizan a estos equipos.

En el caso de UPS y banco de baterías este informe presenta información relacionada con mediciones e inspecciones eléctricas realizadas a estos equipos, al mismo tiempo están plasmadas observaciones obtenidas en el momento de la realización de las labores de mantenimiento, para mejorar sus condiciones y a la vez prevenir futuras fallas.

El diseño del informe técnico de mantenimiento para UPS y banco de baterías se muestra en la Figura C.2 del Anexo C.

El Informe Técnico de Mantenimiento será diligenciado cada vez que se realicen labores de ésta índole a las UPS y Banco de Baterías, con el propósito de argumentar el historial necesario para establecer el control de estos equipos. Los campos que hacen parte de este informe, los cuales fueron aprobados por la División de Mantenimiento Tecnológico, se dan a conocer a continuación.

4.3.1 Fecha de Mantenimiento

En este campo se anota la fecha en la que se realizó el mantenimiento al equipo. Esto con el motivo de tener un seguimiento temporal de la periodicidad de las respectivas inspecciones.

4.3.2 Tipo de Mantenimiento

En esta parte se incluye el tipo de mantenimiento que se realizó, ya sea mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo o proactivo, de los cuales se trata en el capítulo 7.

4.3.3 U.A.A.

Igualmente como se trata en el ítem 4.2.4, este campo se refiere a la Unidad Académico-Administrativa en la que se encuentra la UPS.

4.3.4 Inventario No.

Al igual que en el ítem 4.2.5 el campo de Inventario No. corresponde al número de inventario que tiene el equipo.

4.3.5 Inspecciones Eléctricas

Esta sección consiste en ejecutar las inspecciones eléctricas más comunes que se realizan dentro de los componentes de la UPS, propuestas por el informe técnico. Al lado derecho de cada inspección se identifican dos casillas en las que se marca con una “X” el estado en que se encuentra cada elemento, ya sea en buena condición (OK) o defectuoso (Fault). Cada una de estas se presentan a continuación.

- Transformadores e Inductores
- Fusibles de Rectificador/Cargador
- Fusibles del Inversor
- Condensadores
- Tarjetas de Control
- Transistores y SCRs
- Switch Estático
- Cargador de Baterías
- Ventiladores
- Aseo del Cuarto
- Temperatura del Cuarto

Existe otro campo llamado “Otras Inspecciones”, en el cual se pueden incluir inspecciones adicionales que se realizan en el equipo y que no se encuentra en el listado anterior.

4.3.6 Mediciones Realizadas

En esta sección se propone una serie de mediciones eléctricas que son importantes en el proceso del mantenimiento. Principalmente consta de revisiones de corrientes, tensiones y potencia. Las mediciones propuestas en el informe técnico de mantenimiento son:

- Voltaje de Entrada entre Fase
- Voltaje de entrada entre Línea (L) y Neutro (N)
- Corriente de entrada por fase
- Voltaje de salida entre fases
- Voltaje de Salidas entre L y N
- Corrientes de salida
- Voltaje total de Baterías
- Potencia de Salida

Las anteriores propuestas de inspecciones a excepción de las dos últimas tienen campos para las tres fases en caso de que el sistema sea trifásico. Si no es así, solo se opta por llenar una o dos de las casillas, en el caso que sean sistemas monofásicos y bifásicos respectivamente.

4.3.7 Baterías

La sección que corresponde a las baterías contiene las inspecciones realizadas a las mismas. Los campos que conforman esta sección se presentan a continuación.

4.3.7.1 Marca

En este campo se escribe la marca de la batería que se está inspeccionando.

4.3.7.2 Voltaje

En este campo se escribe el voltaje nominal de la batería que se está inspeccionando.

4.3.7.3 Cantidad

En este campo se anota el número de baterías que hay en el banco, incluyendo los packs adicionales.

4.3.7.4 Lectura de Baterías

Consta de un cuadro con campos para la anotación de la lectura del voltaje de hasta 48 baterías. Cabe decir que el valor de tensión medido en cada batería debe ser distinto, incluso un poco mayor al nominal para tener certeza de que las baterías están correctamente cargadas y trabajan perfectamente.

4.3.8 Observaciones

Las observaciones consisten en anotar cualquier información adicional que fue importante durante el proceso del mantenimiento.

4.3.9 Herramientas y Equipos Utilizados

En esta parte se describen los equipos utilizados para la realización del mantenimiento, es decir, aparatos de medida, dispositivos de limpieza, equipos de protección, etc.

4.3.10 Técnico

En el campo de Técnico viene escrito el nombre del realizador del mantenimiento. Es preferible que este campo sea firmado por el propio técnico, para tener certezas de que se realizó el mantenimiento y tener constancia de la garantía del servicio.

4.3.11 Fecha de entrega del Informe

Esta fecha de entrega no es necesariamente la misma que la Fecha de Realización del Mantenimiento, ya que el informe puede ser preparado

posteriormente para mostrarlo con la información correcta y ordenada de lo que se hizo.

4.3.12 Revisó

La persona que certifica la correcta realización del mantenimiento debe ser la que firme este campo, para luego anexarla a la hoja de vida de la respectiva UPS, junto con los demás reportes de mantenimiento. Para el caso de la UIS, es preferible que lo firme un miembro perteneciente a la DMT.

4.4 PLANO DE LOCALIZACIÓN DE UPS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE LA UIS

Basados en la necesidad de organizar la información correspondiente al inventario de UPS y Bancos de Baterías, se implementa una representación gráfica del plano del Campus Universitario de la UIS, en donde están contenidas dos distribuciones importantes de estos dispositivos (Figura 4.5). La primera de ellas consiste en la localización de las UPS y Banco de Baterías por edificios; la segunda, una distribución por cargas críticas. El desarrollo de este plano se crea a partir de una herramienta informática, con el objetivo de facilitar la localización de las UPS y el conocimiento de sus hojas de vida, por parte de los operarios encargados del mantenimiento, es decir, el personal de la División de Mantenimiento Tecnológico.

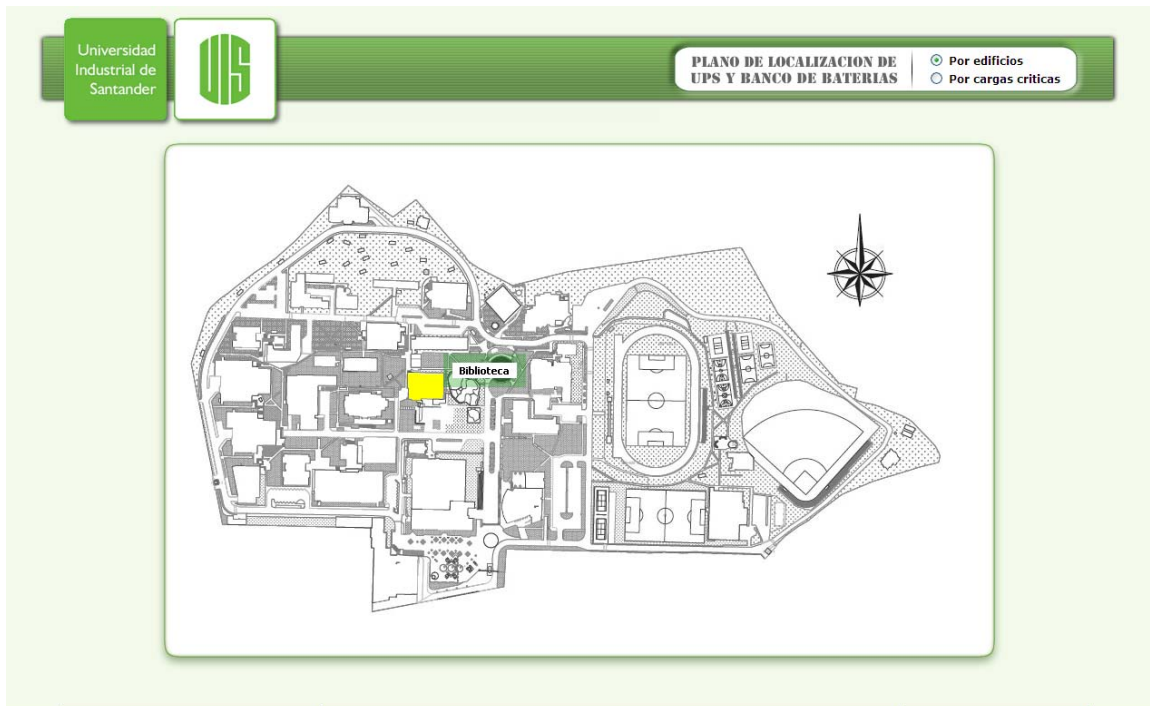


Figura 4.5 Plano de Localización de UPS y Banco de Baterías en la UIS

4.4.1 Plano de localización de UPS por edificios

En esta opción se presenta la distribución de las UPS según los edificios en donde están instalados estos equipos. Esta herramienta informática permite con solo pasar el cursor por encima de los edificios, conocer su nombre y una vez hecho clic, el usuario es llevado a una tabla en donde se indican las Unidades Académico-Administrativas pertenecientes a cada edificio y sus correspondientes números de inventario que conducen a las hojas de vida de la respectiva UPS, tal como se muestra en las Figuras 4.6 y 4.7.



Figura 4.6 Clic sobre el edificio de Laboratorio Livianos

Laboratorios Livianos	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	62412
		62413
		62414
	Escuela de Biología	58843
		83625
	Escuela de Física	58939
		58940
		48459
		55089
		60325
	Escuela de Matemáticas	60625
		60626
		63805
		63806
		78240
57332		
Escuela de Química	58576	
	61630	
	61631	
	62191	
Decanato Facultad de Ciencias	40923	
	55677	
Laboratorios de Postgrado	Escuela de Física	48725
Biblioteca	Biblioteca	31111
		57983
		57984
Ingeniería Mecánica	Escuela de Ingeniería Mecánica	53917
		65775
Planta Telefónica	División de Servicios de Información	76640

Figura 4.7 Tabla en la que se muestra las UPS en Laboratorios Livianos

4.4.2 Plano de Localización de UPS por Cargas Críticas

Con base en la información obtenida durante el trabajo de campo, se ve la necesidad de tener el conocimiento de la ubicación de las cargas críticas soportadas por las UPS. Como se trata al principio de este capítulo, se distribuyen estas cargas según su nivel crítico, permitiendo mediante esta herramienta conocer los distintos edificios que contienen cargas tanto de nivel alto, medio y básico, representados por los colores rojo, naranja y amarillo respectivamente, a los cuales se tiene acceso mediante un menú de selección. Por medio de un clic se logra acceder a una tabla que contiene la información de los edificios y los respectivos inventarios de las UPS que soportan cargas críticas, teniendo en cuenta el nivel seleccionado. Además se adiciona la información de la capacidad en Volt-Amperes para cada UPS. Una vez más el número de inventario conduce a la hoja de vida del equipo.

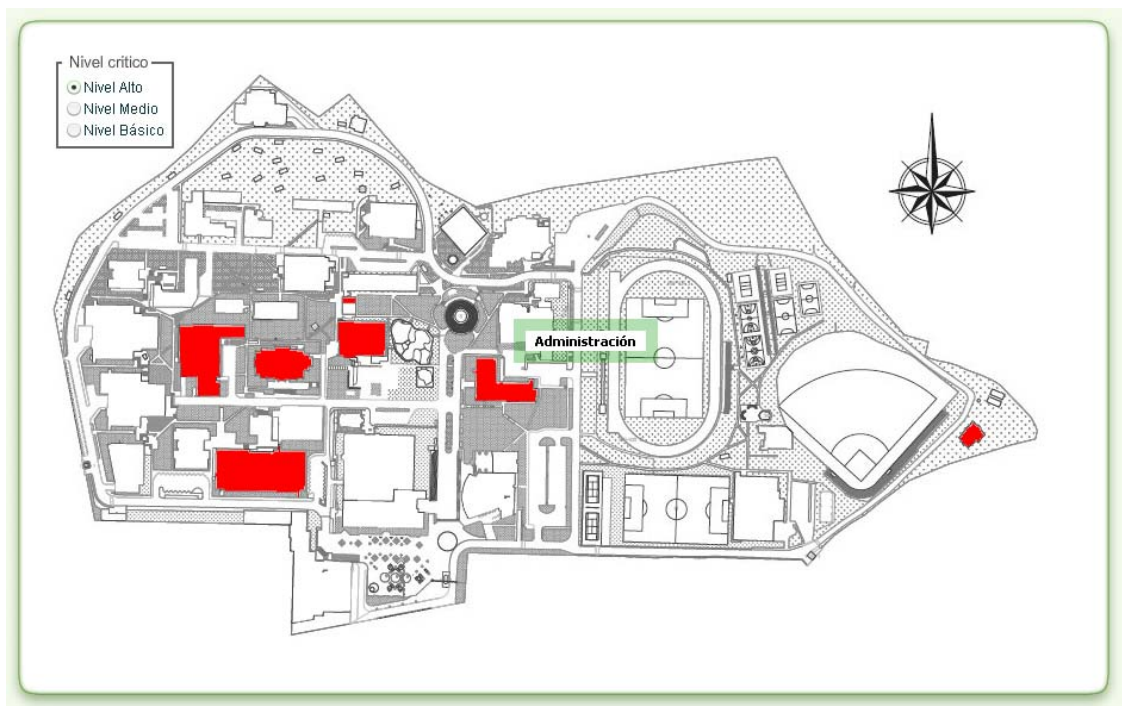


Figura 4.8 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel alto

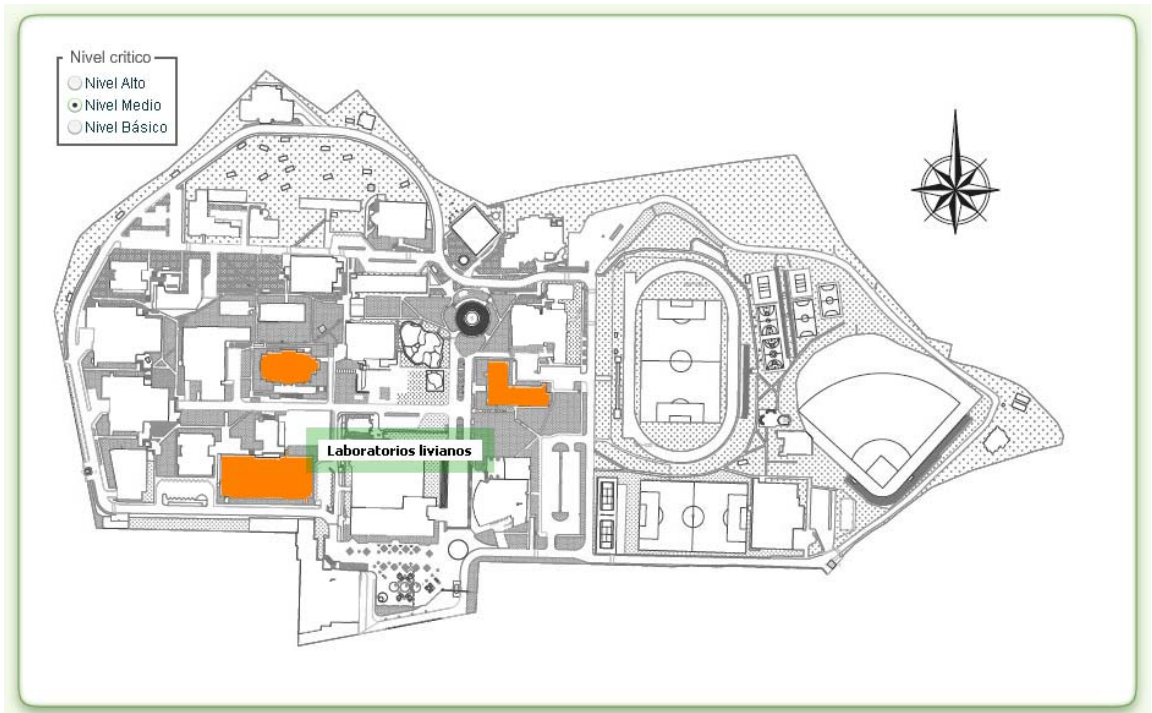


Figura 4.9 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel medio

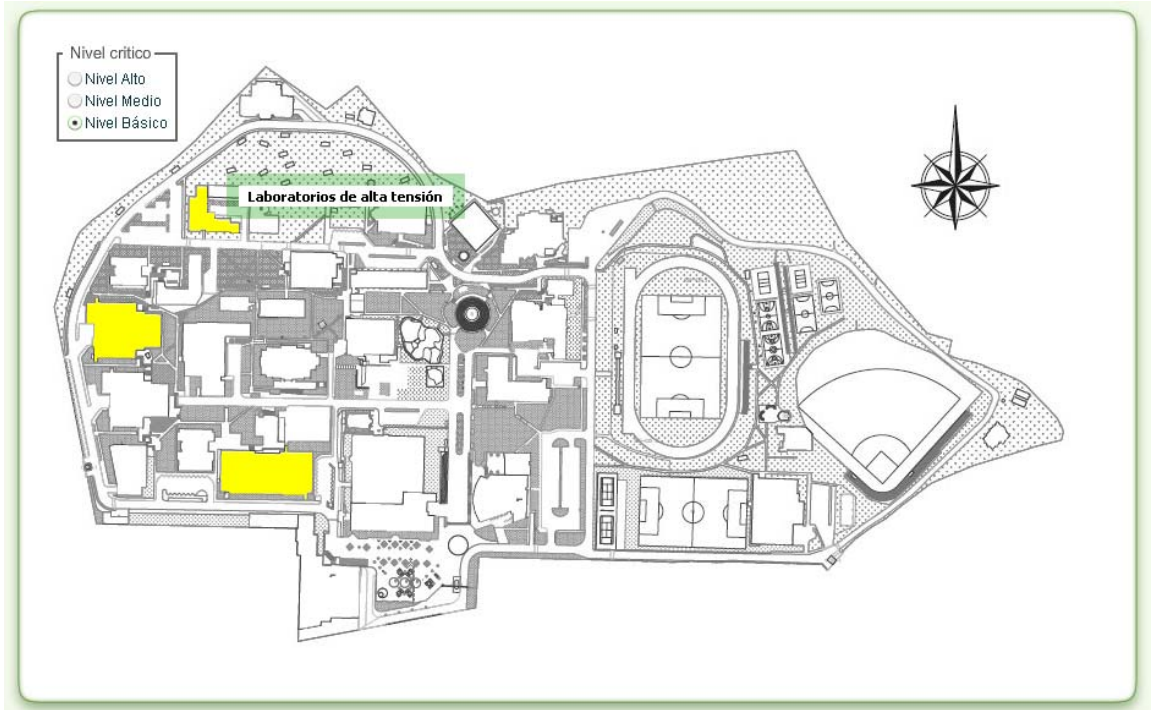


Figura 4.10 Ubicación de UPS con cargas críticas en nivel básico

Alto	Administración	76280	10 KVA	
		76285	5 KVA	
	Laboratorios de Química	71426	1 KVA	
	CENTIC		76276	20 KVA
			76281	5 KVA
			76282	5 KVA
			76283	5 KVA
			76284	5 KVA
	Laboratorios Livianos	40923	80 KVA	
	Biblioteca		31111	6 KVA
			57983	6 KVA
			57984	6 KVA
	Planta Telefónica	76640	3 KVA	
CENIVAM	60693	3 KVA		
Medio	Administración	52135	3 KVA	
		52136	3 KVA	
	CENTIC		76277	10 KVA
			76278	10 KVA
			76279	10 KVA
			82412	1,5 KVA
	Laboratorios Livianos		62413	1,5 KVA
		62414	1,5 KVA	
		62414	1,5 KVA	
Básico	Laboratorio de Alta Tensión	65634	3 KVA	
	Edificio Ingeniería Civil		52168	3 KVA
			78921	4,5 KVA
			65776	3 KVA
	Laboratorios Livianos		63805	1,5 KVA
			63806	1,5 KVA
		78240	3 KVA	

Figura 4.11 Tabla representativa de las UPS que sostienen cargas críticas

5. CARACTERIZACIÓN DE UPS

Los fabricantes de equipos de soporte de energía, UPS y banco de baterías, proporcionan información correspondiente a las especificaciones técnicas del equipo. Un procedimiento de pruebas debe ser el respaldo para corroborar la veracidad de la ficha técnica aportada por el fabricante. Esto último contribuye a fortalecer la credibilidad de una determinada marca al momento de una adquisición y ser de gran ayuda en las labores de mantenimiento.

Este capítulo comprende las distintas pruebas eléctricas realizadas a un equipo de UPS, en donde están contenidos una serie de test basados en las Norma Internacional IEC/EN 62040-3, Uninterruptible Power Systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements.

Con el propósito de analizar el comportamiento eléctrico, se presenta la caracterización de una UPS On-Line con las siguientes especificaciones nominales:

Marca	Powercom
Modelo	VGD 3000
Voltaje de Entrada	100/120 Vac
Frecuencia	50/60 Hz
Corriente de Salida Máxima	24 A
Voltaje de Salida	100/110/115/120/127 Vac
Potencia	3 kVA/ 2100W

Tabla 5.1 Especificaciones de la UPS de Prueba



Figura 5.1 Pruebas a la UPS en los talleres de la DMT

5.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La obtención de los resultados de las pruebas realizadas a la UPS VGD 3000, están soportadas por las siguientes consideraciones.

5.1.1 Objetivo del Test

El propósito de llevar a cabo un test, es verificar que el diseño de la UPS es apropiado para cumplir las especificaciones dadas por el fabricante, brindado credibilidad y garantía al momento de adquirir un equipo.

5.1.2 Diversidad de UPS

Debido a la gran variedad de diseños y diversidad en la construcción de las UPS que ofrece el mercado, se debe tener precaución al momento de realizar las pruebas. Para ello es necesario limitarse en principio a las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

El contenido de las pruebas de la UPS VGD 3000, es basado única y exclusivamente en las especificaciones nominales mencionadas anteriormente.

5.1.3 Condiciones Eléctricas

Las condiciones eléctricas de las pruebas deben ser equivalentes a las requeridas por un servicio real, al mismo tiempo llevar a la UPS a condiciones críticas con el objetivo de conocer su rango de operación.

5.2 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA EN CONDICIONES ESTÁTICAS

Los siguientes test incluyen la medición de los parámetros de salida de la UPS VGD 3000 en condiciones estáticas.

5.2.1 Modo Normal – Sin Carga

Esta prueba consiste en realizar mediciones en la salida de la UPS operando en Modo Normal sin carga, es decir modo On-Line, alimentado por una fuente con valores de voltaje y frecuencia nominales.

Bajo la implementación del instrumento de medida FLUKE 418²⁴ se obtiene los siguientes resultados.

PRUEBA SIN CARGA	
Voltaje de Salida entre L y N	115.3 Vrms
THD	1.1%
Voltaje total de Baterías	80.9 Vdc
Frecuencia	60 Hz
Voltaje de Salida entre L y N	162.9 Vpico
Componente de Continua	0.3 Vdc

Tabla 5.2 Mediciones de la Prueba sin carga en modo normal

5.2.2 Modo Normal – Con Carga

La prueba consiste en conectar una carga lineal de 1kW a la los terminales de salida de la UPS. Los resultados obtenidos son los presentados en la tabla 5.3.

²⁴ Power Harmonics Analyzer, Analizador de Armónicos.

PRUEBA CON CARGA	
Voltaje de Salida L y N	113.2 Vrms
Voltaje de Salida L y N	160.1 Vpico
Voltaje DC de Salida ²⁵	0.1 V
THD Voltaje	1%
Corriente de Salida	8.98 Arms
Corriente de Salida	12.68 Apico
Corriente DC de Salida	-0.02 A
THD Corriente	0.9 %
Potencia de Salida	1 KW
Potencia de Salida	1 KVA
Factor de Potencia	1

Tabla 5.3 Mediciones de la prueba con carga en modo normal

Una medición en la entrada de la carga arroja las siguientes formas de onda, en las cuales se aprecia una forma de onda limpia y sin distorsión, debido a una modulación por ancho de pulso controlada por IGBTs pertenecientes al inversor.

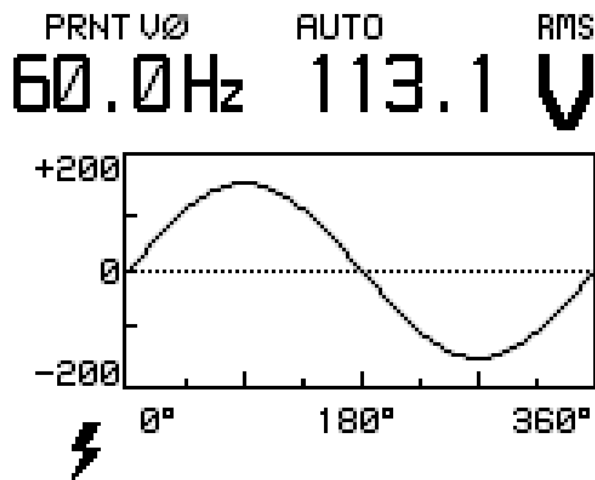


Figura 5.2 Forma de onda de voltaje a la salida con carga

²⁵ Voltaje promedio a la salida debe ser menor que el 0.1% del valor RMS, de acuerdo a IEC 62040-3

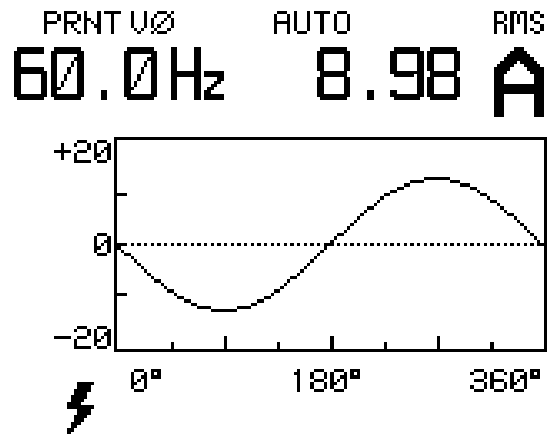


Figura 5.3 Forma de onda de corriente a la salida con carga

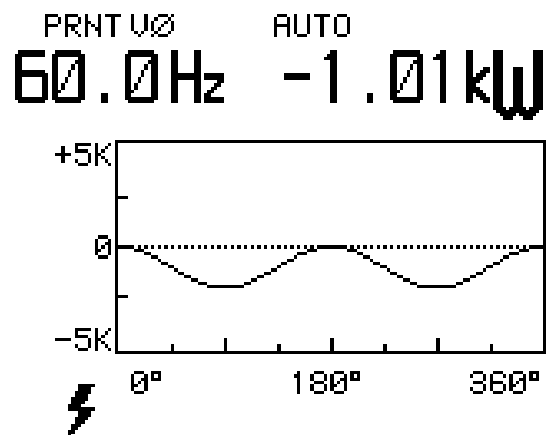


Figura 5.4 Forma de onda de potencia a la salida con carga

También se hace una revisión a la distorsión armónica total y como menciona en las especificaciones del fabricante, tiene niveles menores al 3% (tanto la corriente que tiene un valor de 0.9%, como la tensión que tiene un valor de 1%), debido a que esta señales atraviesan las diversas etapas de la UPS pasando por filtros y un rectificador basado en IGBTs.

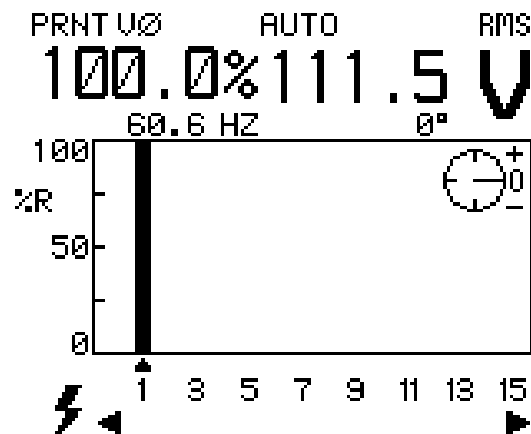


Figura 5.5 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga

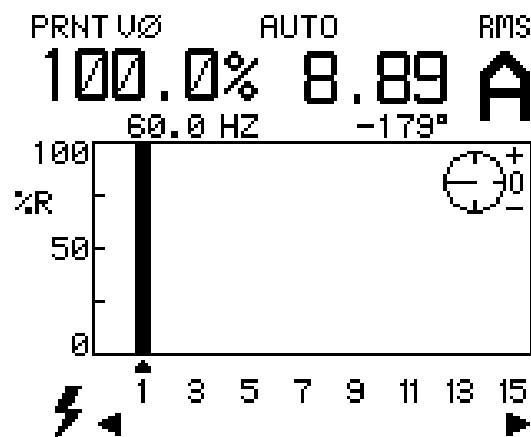


Figura 5.6 Componentes armónicos de corriente a la salida con carga

Las anteriores medidas son corroboradas con las suministradas por el display de la UPS VGD 3000 (Tabla 5.4) donde se observa la congruencia de datos, apreciando una buena aproximación de los datos medidos internamente a partir de la tarjeta de control.

Voltaje de Salida L y N	114.7 Vrms
Corriente de Salida	9.1 Arms
Frecuencia de Salida	60 Hz
Potencia de Salida	1042 W
Potencia de Salida	1045 VA
Porcentaje de Carga	50 %
Voltaje de Baterías Total	80.9 V

Tabla 5.4 Valores tomados del display de la UPS en modo normal sin carga

En un estudio llevado a cabo a partir del monitoreo de las señales de la UPS (Figura 5.7) mediante el software UPSMON Plus²⁶, se observa el cambio que ocurre cuando se conecta la carga (representada con la línea de color violeta). También se aprecia la estabilidad tanto de voltaje como de frecuencia a la salida (representada por la curva de color gris y verde respectivamente), a pesar de las fluctuaciones que se presentan en la red cuando se conecta la carga. Además se presenta otra información proporcionada por el software que hace parte de esta UPS, el cual garantiza un soporte gráfico para estos dispositivos.



Figura 5.7 Comportamiento de los distintos valores al momento de conectar la carga

²⁶ Programa de monitoreo de UPS, proporcionado por el fabricante.

5.2.3 Modo Batería – Con Carga

Soportando la carga anterior, se procede arrancar la UPS sin la energía proveniente de la red. Ésta alimenta la carga con la energía que suministra las baterías. Se hacen las mediciones propuestas en el ítem anterior y se obtienen los resultados que se muestran en la tabla 5.5.

Voltaje de Salida L y N	113 Vrms
Voltaje de Salida L y N	161 Vpico
Voltaje DC de Salida	0.1 V
THD Voltaje	0.9%
Corriente de Salida	8.84 Arms
Corriente de Salida	12.53 Apico
Corriente DC de Salida	-0.02 A
THD Corriente	1%
Potencia de Salida	0.99 KW
Potencia de Salida	0.99 KVA
Factor de Potencia	1

Tabla 5.5 Mediciones de la prueba con carga en modo batería

Se obtienen las siguientes formas de onda

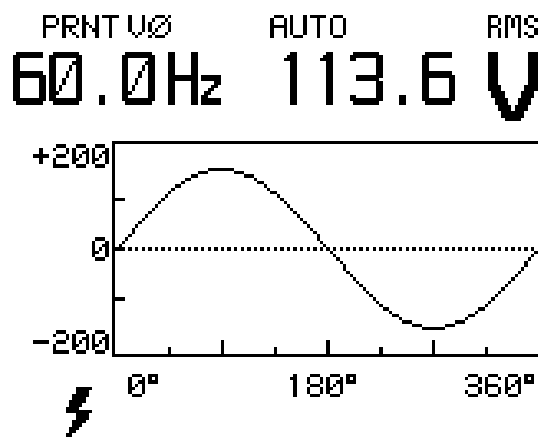


Figura 5.8 Forma de onda de voltaje a la salida con carga en modo batería

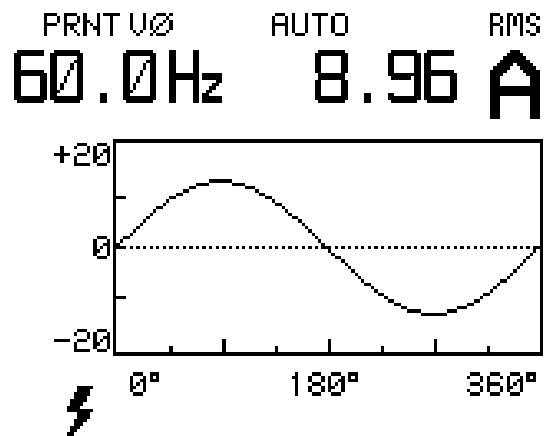


Figura 5.9 Forma de onda de corriente a la salida con carga en modo batería

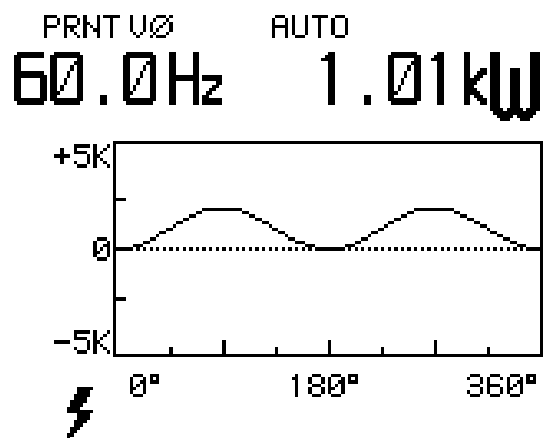


Figura 5.10 Forma de onda de la potencia a la salida con carga en modo batería

En modo batería, se hace una revisión a la distorsión armónica total y como menciona en las especificaciones del fabricante, también se encuentra dentro de los niveles menores al 3% (tanto la tensión que tiene un valor de 0.9%, como la corriente que tiene un valor de 1%).

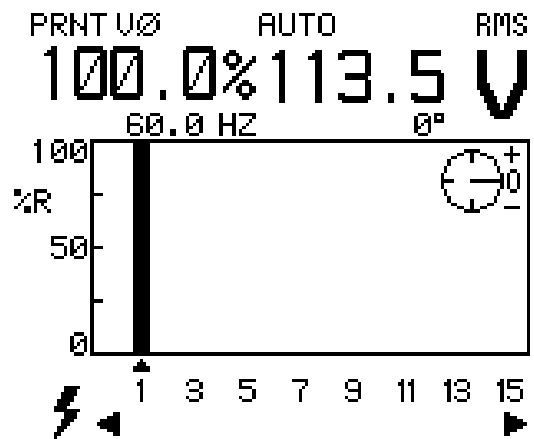


Figura 5.11 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga en modo batería

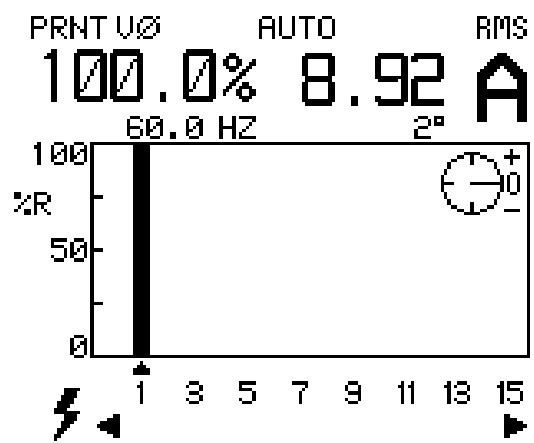


Figura 5.12 Componentes armónicos de voltaje a la salida con carga en modo batería

Es importante mencionar que a pesar de estar en modo batería las formas de onda se mantienen, brindando a la carga una onda senoidal limpia y sin distorsión.

5.3 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA – SOBRECARGA Y CORTOCIRCUITO

Con la UPS operando en modo normal, se conecta una carga resistiva que exceda los rangos de capacidad especificados por el fabricante.

Según las características proporcionadas por el fabricante para la UPS VGD 3000, la protección contra sobrecarga permite el soporte de un 125% de la carga nominal por un minuto y 150% por 10 segundos.

Estos datos fueron corroborados llevando a la UPS a una sobrecarga por encima de los 3kVA, teniendo un soporte aproximado de 10 segundos antes de la UPS se auto protegiera y se apagara.

La prueba de cortocircuito se realiza desconectando la carga de la UPS y provocando un corto circuito en los terminales de salida, el dispositivo se apaga inmediatamente como protección a las corrientes de salida de corto circuito. La UPS no sufre daño, una vez reiniciada, y luego de eliminar el corto circuito funciona correctamente, corroborando la información proporcionada por el fabricante.

5.4 TEST DE CARACTERÍSTICAS A LA SALIDA EN CONDICIONES DINÁMICAS

Los siguientes test incluyen la medición de los parámetros de salida de la UPS VGD 3000 en condiciones dinámicas.

5.4.1 Cambio del Modo de Operación – Modo Normal a Modo Batería

Operando la UPS en modo normal se simula manualmente un corte de energía, con el objetivo analizar el comportamiento dinámico de la UPS, en este caso, cambiando a modo batería. Con ayuda del software UPSMON Plus, se obtiene los comportamientos de los distintos parámetros mostrados en la Figura 5.13, en el

cual se puede apreciar las caídas a cero de las señales de tensión y frecuencia a la entrada, comportamiento esperado por la desconexión de la energía de la red.

La señal que representa el voltaje de salida presenta cierta fluctuación, pero el nivel de tensión se mantiene dentro de un rango permisible. El nivel de energía de las baterías experimenta una caída de forma lenta, estimando un tiempo de respaldo de aproximadamente 12 minutos, correspondiente a la capacidad de la carga soportada. Se debe tener en cuenta que el nivel de carga de las baterías para esta prueba corresponde al 40%, para asemejar una situación real con condiciones poco favorables.

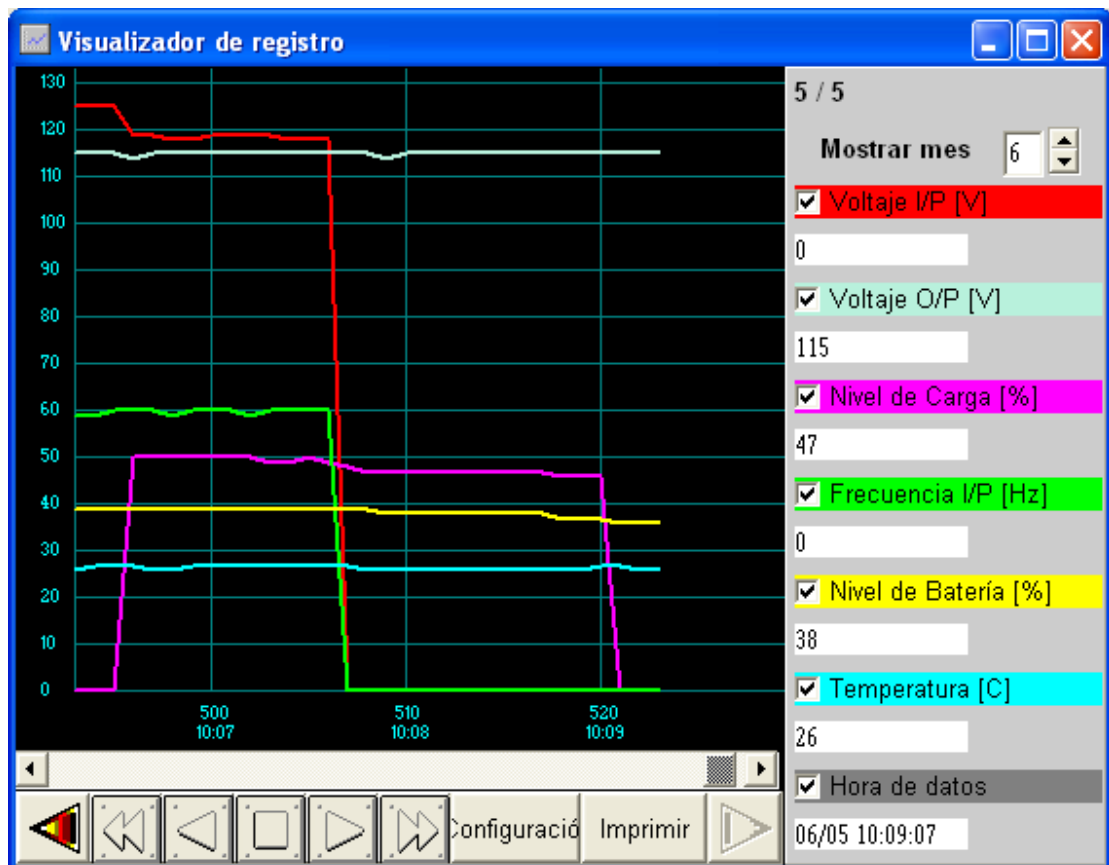


Figura 5.13 Comportamiento de los distintos parámetros al momento de entrar a modo batería

5.4.2 Cambio del Modo de Operación – Modo Normal a Modo Bypass

Operando la UPS en modo normal y con ayuda de UPSMON Plus se programa el equipo para que entre en modo bypass automáticamente, simulando así una posible falla dentro del sistema. Las formas de onda de los voltajes de entrada y salida serán apreciadas durante la transición al modo bypass, permaneciendo estas últimas con valores estables.

A partir de la figura 5.14, se observa un cambio en la tensión de salida al momento de pasar a modo bypass, que es el instante en el cual la señal de entrada y salida se encuentran y en consecuencia toman el mismo valor. Se aprecia también cómo se mantiene el nivel de la carga y un leve aumento en el nivel de energía de las baterías, debido a que la carga no está conectada en el modo batería.

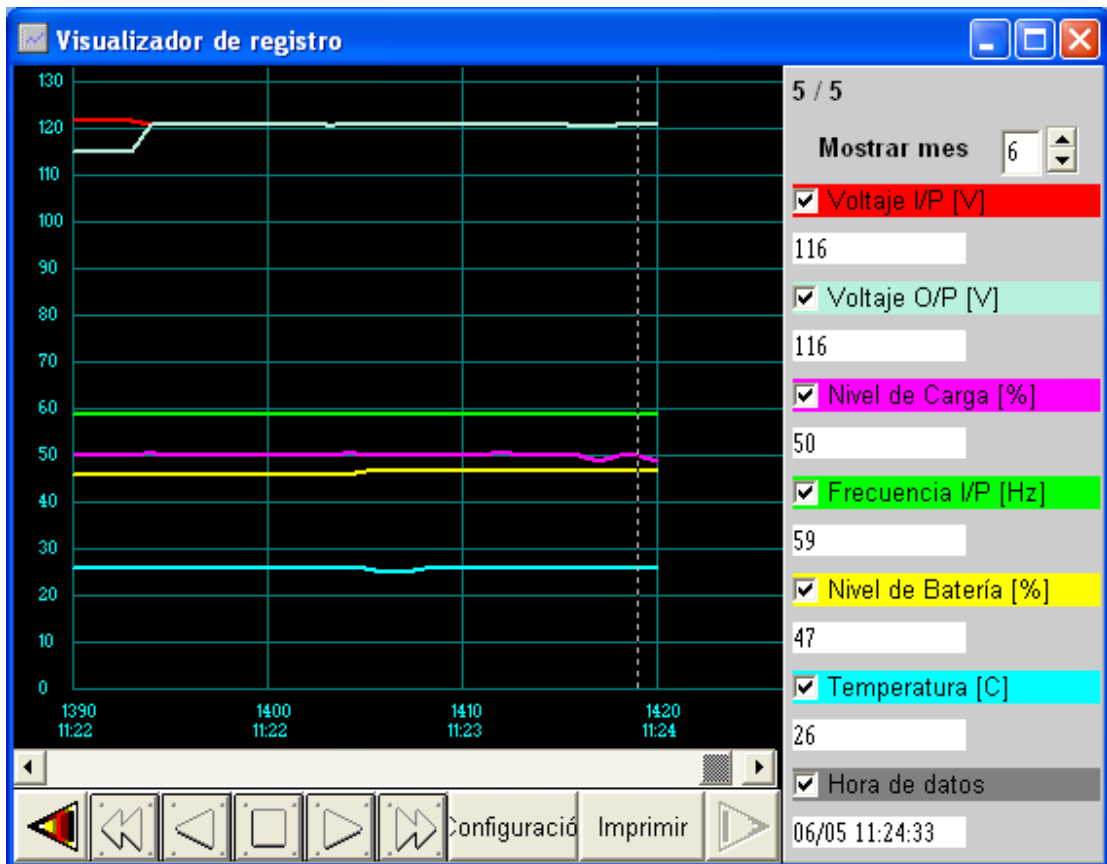


Figura 5.14 Comportamiento de los distintos parámetros al momento de entrar a modo bypass

Las formas de onda obtenidas bajo el modo bypass, en la entrada de la carga, se presentan a continuación, en donde se aprecia una leve deformación de la onda senoidal, provocado por la aparición de un quinto armónico, por causa de las contaminaciones presentes en la red. (Figura 5.18 y 5.19).

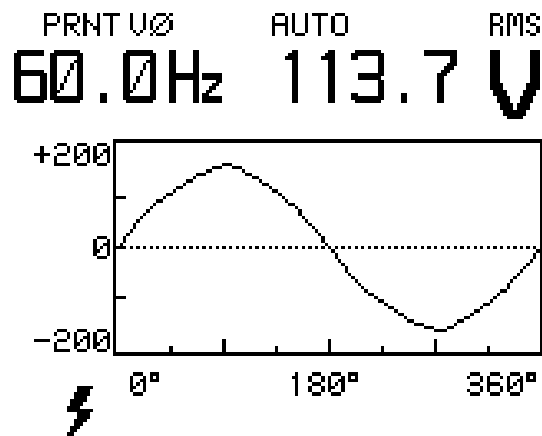


Figura 5.15 Forma de onda de la tensión a la salida en modo bypass

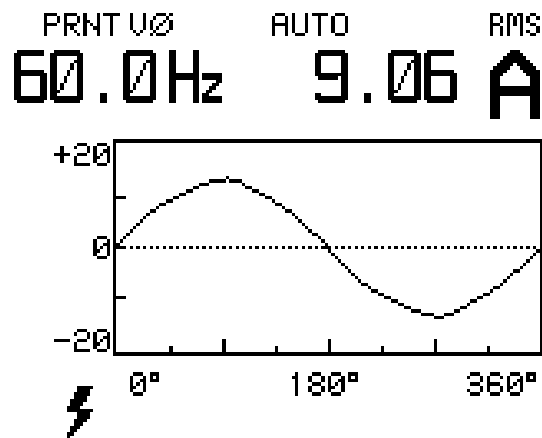


Figura 5.16 Forma de onda de la corriente a la salida en modo bypass

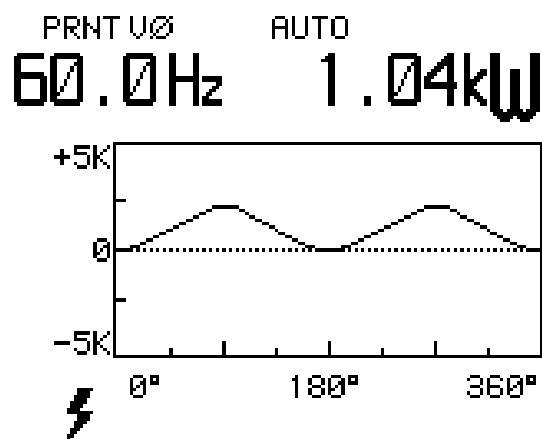


Figura 5.17 Forma de onda de la potencia a la salida en modo bypass

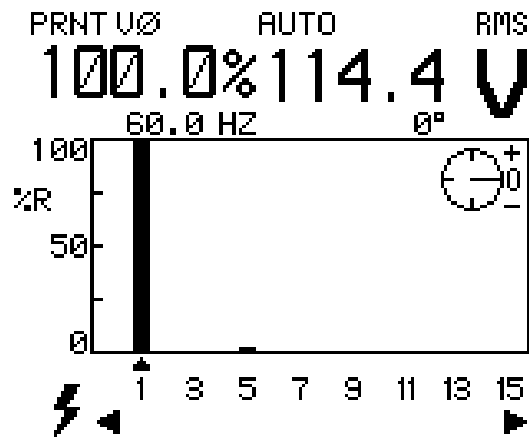


Figura 5.18 Componentes armónicos de voltaje a la salida en modo bypass

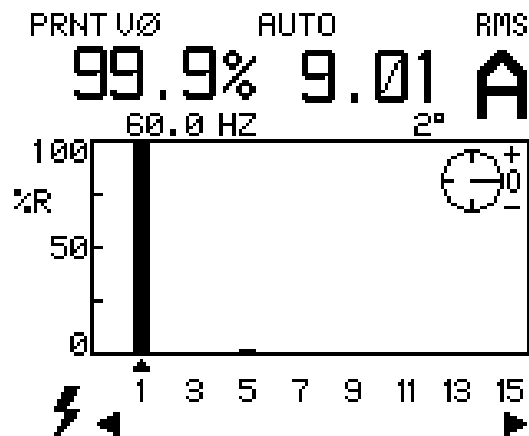


Figura 5.19 Componentes armónicos de corriente a la salida en modo bypass

5.5 TEST DE DESCARGA DE BATERÍAS

Una medida de la confiabilidad de la UPS es llevar un control de la tensión de los packs de baterías, para ello se realiza una prueba de descarga con respecto al tiempo, obteniendo la curva de descarga de la figura 5.20.

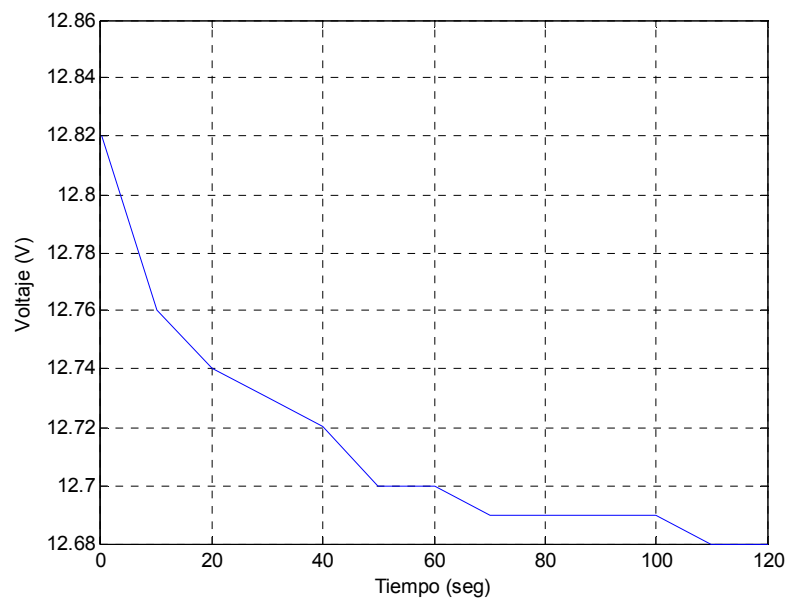


Figura 5.20 Curva de descarga de batería

Los resultados obtenidos comprueban el buen estado de las baterías, sometiéndola a una descarga durante dos minutos (con una carga de 66Ω), manteniendo el voltaje en 12.68 V.

6. SELECCIÓN DE UPS

En el mercado existen ofertas de un sinnúmero de marcas que incluyen las distintas topologías de UPS, por lo tanto, es la necesidad del usuario la que conduce a una selección adecuada. Una vez se identifique la carga de acuerdo a su nivel crítico, en alto, medio y normal, el próximo paso es dimensionar la protección que se requiera. Este proceso debe ser cauteloso, pues existen algunas perturbaciones que no pueden ser manejadas por todos los tipos de UPS.

El desconocimiento de ciertas características eléctricas de la UPS y de la carga a soportar, así como también la toma de decisiones sin tener en cuenta un margen de crecimiento futuro, conlleva a selecciones erróneas, desperdicio o ausencia de capacidad y posibles pérdidas económicas.

En este capítulo se presenta información que contiene algunas consideraciones importantes al momento de elegir un equipo para soporte de energía, UPS y banco de baterías. En éste, está presente una distribución de las capacidades de acuerdo a las áreas de aplicación, además de proporcionar pautas para la determinación de la UPS que se va a usar, dependiendo de cuáles y cuantos equipos se van a proteger, una distribución dependiendo de la aplicación y el conocimiento de la autonomía que soportan algunas UPS dependiendo de su capacidad.

Por último se tratarán algunas aplicaciones en las que no hay necesidad o no es recomendable ser soportadas por UPS.

6.1 TIPOS DE CARGA

La selección de UPS se enfoca en el tipo de cargas consideradas críticas, para garantizar la protección adecuada y sus requerimientos en términos de corrientes de arranque, voltaje de fuente, frecuencia y estabilidad.

Algunas cargas críticas, como lo pueden ser los aparatos médicos sensitivos y los equipos científicos, requieren ajustar la regulación de voltaje y frecuencia y esto solo es posible con la continuidad del funcionamiento del inversor de la UPS. Las cargas están priorizadas según el nivel crítico en tipo A, B y C según la información obtenida a partir de "The Power Protection Guide", del cual son referenciados en este documento como Alto, Medio y Básico respectivamente. Las cargas de prioridad alta son aquellas que deben permanecer energizadas por un largo tiempo, las cargas de prioridad media no necesitan la calidad de alimentación proporcionada por la UPS y pueden ser accionadas directamente de un generador para reducir el trabajo total de la UPS al momento de ser instalado. Las cargas de prioridad básica pueden permitirse fallar cuando lo hace también la fuente de alimentación principal.

Dependiendo de cómo es el comportamiento de su corriente en el tiempo, las cargas son clasificadas como lineales y no lineales. Estas cargas están distribuidas de la siguiente manera:

- **Inductiva:** es una carga en la cual la forma de onda de corriente esta atrasa con respecto a la forma de onda del voltaje y tienen una corriente de arranque alta, por ejemplo un transformador o un motor.
- **Capacitiva:** es una carga en la cual la forma de onda de corriente esta adelantada con respecto a la forma de onda del voltaje, y al igual que la carga inductiva tiene una alta corriente de arranque.

- **Resistiva:** es una carga sin inductancias ni capacitancias, por ejemplo una plancha, donde el dispositivo no tiene una corriente de arranque brusca, es decir aumenta progresivamente hasta estabilizarse.

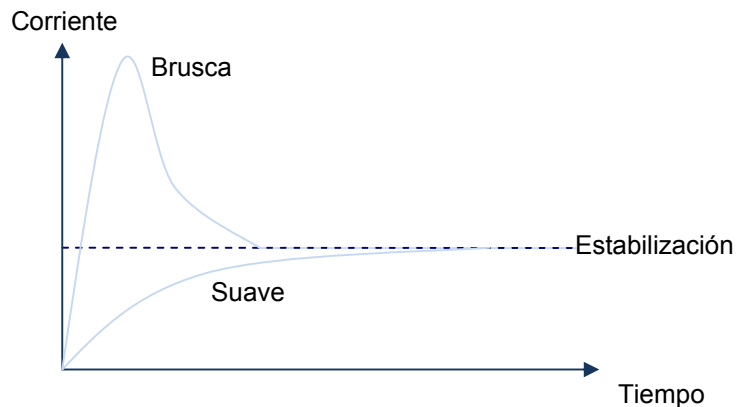


Figura 6.1 Tipos de corrientes de arranque

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Esta clasificación está relacionada con el factor de potencia de la carga, tema que es tratado con mayor detalle en el Anexo D.

6.2 SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL RANGO DE CAPACIDAD²⁷

Una vez la carga ha sido establecida, un modelo en particular perteneciente a alguna topología de UPS puede ser seleccionado. Generalmente los sistemas de UPS se agrupan en cuatro áreas específicas: Aplicaciones en Sistemas de Información y Comunicación, Redes, Procesos Industriales y Empresariales, y Aplicaciones Montadas en Racks. La selección de la UPS puede estar basada en algunas de estas aplicaciones, esto depende del entorno y la necesidad que se requiera.

²⁷ Información extraída de "The Power Protection Guide".

6.2.1 Aplicaciones en Sistemas de Información y Comunicaciones de 300VA a 3kVA

Para aplicaciones de sistemas de información y comunicaciones los cuales incluyen computadores personales, redes de voz y datos residenciales, se implementan UPS comprendidas entre los valores de 300VA a 3kVA, que están contenidas en las tres topologías básicas propia de estos equipos. Las UPS Off-Line son usualmente dispositivos compactos diseñados para escritorio o instalaciones montadas en paredes. Algunas de tipo Line Interactive y On-Line se instalan en torres o racks, pero siempre continuas a las cargas.

Las UPS en este rango son típicamente implementadas en un diseño sin transformador. Esto ayuda a conseguir una UPS compacta, de bajo peso, ruido y calor. Algunas aplicaciones como las que se encuentran dentro de los ambientes médicos o eléctricos en sitios ruidosos requieren aislamiento galvánico. Es aquí donde un transformador es implementado en un compartimiento aparte y posicionado a la entrada o a la salida de la UPS.

Estas proveen hasta seis terminales de salida, y sus conexiones se hacen con un cable No. 10 AWG, que soporta corriente de hasta 15 A. Estas UPS generalmente tienen un banco interno de baterías, el cual puede ser removido fácilmente. Los modelos de Line-Interactive y On-Line, proveen una conexión para packs externos de baterías.

Un factor importante para considerar, es la capacidad que tienen estas UPS de ser monitoreadas. Para ello constan de puertos tipo USB y RS232 para ser controlados a través de software. Además poseen interfaz para redes basadas en el protocolo SNMP²⁸ los cuales están disponibles como accesorio interno o

²⁸ Simple Network Management Protocol, es un sistema de comunicación estandarizado usado en redes de área local para monitorear y controlar sistemas de hardware conectados a través de protocolo TCP/IP

externo. Un elemento adicional conocido como EPO²⁹ puede ser requerido en emergencias para desenergizar todos los sistemas conectados a la UPS remotamente. Los anteriores elementos están señalados en la Figura 6.2.

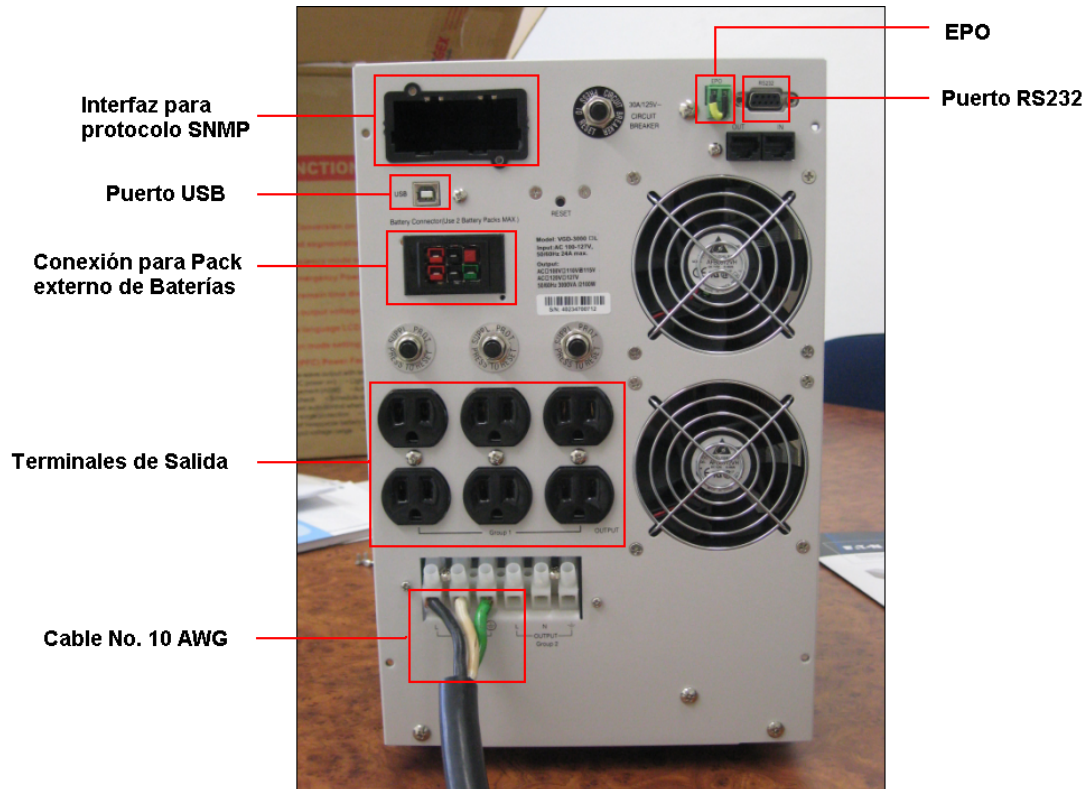


Figura 6.2 Parte posterior de una UPS de 3kVA

6.2.2 Aplicaciones en Redes de 3 a 80kVA

Las UPS dentro del rango de 3 a 80kVA, son implementadas en corporaciones que contengan redes de datos y voz, incluyendo proveedores de servicios de internet (ISPs³⁰) y telecomunicaciones. Estos equipos están diseñados para actuar como fuentes de energía centralizadas y su diseño es generalmente sin

²⁹ Emergency Power Off, también conocido como Emergency Shutdown (ESD) o Remote Shutdown (RSD)

³⁰ Internet Service Providers

transformador. También son adecuadas para soportar redes trifásicas, teniendo en su interior métodos para mitigar la generación de armónicos.

El arreglo de UPS dentro de una red busca proveer un servicio a varios dispositivos ubicados en el mismo sitio. Por lo tanto, el tiempo de reparación de los dispositivos contenidos en una UPS debe ser corto, con fácil acceso a las tarjetas electrónicas, las cuales tienen la posibilidad de extraerse para su reparación. Modelos más grandes pueden operar en configuraciones en paralelo, y así establecer redundancias a cargas críticas.

Las UPS por encima de los 8kVA contienen un bypass interno de mantenimiento. Para aplicaciones en redes es importante considerar la instalación de un bypass externo de mantenimiento, ya que las cargas operan continuamente las 24 horas al día, 7 días a la semana, permitiendo operaciones de mantenimiento durante el trabajo normal sin perturbación a las cargas.

La distribución de las baterías puede ser interna o externa, esta última en gabinetes, estantes o racks cerca a la UPS, debido a su tamaño. Al igual que el anterior ítem, estas UPS tienen la posibilidad de instalar un pack externo de baterías, sin embargo pueden ser respaldadas mediante la implementación de una planta eléctrica. Todas estas instalaciones deben estar contenidas dentro de un mismo espacio, para evitar desorden de cables, y asegurar un monitoreo adecuado de alarmas en un ambiente confortable.



Figura 6.3 UPS PEI de 10kVA que soporta servidores

6.2.3 Aplicaciones en Procesos Industriales y Empresariales de 10 a 800kVA

Las UPS comprendidas entre el rango de 10 a 800kVA se implementan en redes amplias de datos y voz para empresas, también en procesos industriales, seguridad (luces de emergencia y sistemas de alarma contra incendios) y aplicaciones en el campo de la medicina. A diferencia del ítem anterior, estas UPS tradicionalmente están basadas en transformador, además incluyen rectificadores de 6 y 12 pulsos. El transformador provee un alto grado de robustez, pero con baja eficiencia y más generación de calor y ruido que los diseños sin transformador.

La instalación de filtros armónicos pasivos se hace común en estas UPS, así como también se implementan transformadores de aislamiento galvánico. Para este tipo de aplicación la instalación de UPS generalmente se lleva a cabo en configuración paralelo.



Figura 6.4 UPS de 80kVA usada para aplicaciones industriales y empresariales

6.2.4 Aplicaciones en Sistemas Montados Sobre Rack de 700VA a 30kVA

La instalación de sistemas montados sobre rack es comúnmente usada en pequeñas áreas de trabajo, en donde es necesario la disposición de varios equipos en un mismo espacio previniendo el desorden del cableado. Los fabricantes de UPS para instalaciones en rack, diseñan de acuerdo a las medidas estandarizadas de los gabinetes. Tienen una medida de profundidad de un poco menos de 60cm u 80cm, para tener espacio para la instalación de cables y otros. Tienen un panel frontal de 48cm de ancho y una altura que puede variar. La altura se puede medir en términos de U, donde 1U es igual a 44mm. Estos equipos son creados para que encajen perfectamente en los racks y ubicarlos cerca de sus cargas para ocupar menos espacio.

Las UPS pueden ser instaladas en gabinetes en los cuales soporten el peso de éstas, incluyendo el de las cargas. Un gabinete normalmente soporta de 100 a 300kg de peso. Si se trata de UPS con banco de baterías externo, éste último se debe ubicar en la parte inferior del rack para prevenir un derrame de ácido en el resto de los equipos.

Los fabricantes de UPS para aplicaciones en tecnología de información, han sacado al mercado equipos de 700VA a 3kVA disponibles para montaje en racks, incluyendo topologías como Line Interactive y On-Line (sin transformador). Estas UPS también pueden ser configuradas para conectarse en paralelo, proporcionando mejor fiabilidad y respaldo.



Figura 6.5 UPS para montajes en rack de 3kVA

6.3 SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL GRADO DE PROTECCIÓN

Para la instalación de una UPS es necesario realizar un estudio de la ubicación de este equipo, con el fin de conocer los distintos problemas eléctricos que pueden influir en la operación de éste (tema tratado en el Capítulo 1). Una vez analizado el ambiente de trabajo, se debe establecer un nivel de protección contra posibles fallas producida por estos problemas.

Según el grado de protección que se desee adoptar es fundamental establecer tres niveles: Básico, Medio y Alto. El nivel básico es aquel en donde la influencia de los problemas eléctricos no es tan representativa; en el nivel alto, los

problemas se presentan con mayor frecuencia y pueden ocasionar mayor daño. El nivel medio está comprendido entre los dos anteriores.

En la Universidad Industrial de Santander, se identifican tres ubicaciones típicas en donde están contenidas la mayoría de las UPS, como se trata en el Capítulo 4. Teniendo en cuenta cada una de ellas y analizando las necesidades de los usuarios de estos equipos dentro de la Institución, se establece el nivel de protección necesario para mitigar los efectos de los problemas eléctricos, como se muestra en la tabla 6.1. Esta información es de gran utilidad al momento de seleccionar una UPS para operar en alguna dependencia de la UIS, ya que se debe tener pleno conocimiento del grado de protección que se requiere en estos lugares.

Problemas Eléctricos	Laboratorios	Oficinas	Sistemas de Información
Sag/Swell	Medio	Básico	Alto
Overvoltage/Undervoltage	Alto	Medio	Alto
Transitorio	Alto	Básico	Alto
Ruido Eléctrico	Medio	Básico	Básico
Armónicos	Alto	Básico	Alto
Falla en la Red	Alto	Básico	Alto

Tabla 6.1 Grados de protección necesarios ante problemas eléctricos en ubicaciones típicas de la UIS

Del nivel de protección depende la topología de UPS a implementar, teniendo en cuenta la configuración interna de éstas al momento de realizar esta selección (tema tratado en el Capítulo 2). Esta información se muestra en la tabla 6.2.

UPS \ Nivel	Off-Line	Line Interactive	On-Line
Básico	✓	✓	✓
Medio	-	✓	✓
Alto	-	-	✓

Tabla 6.2 Topologías de UPS según el nivel de protección

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

6.4 SELECCIÓN DE UPS SEGÚN EL CONSUMO DE LA CARGA

El conocimiento del consumo de la carga es primordial al momento de seleccionar una UPS, ya que de éste depende el soporte de energía necesario, es decir, la UPS debe ser capaz de alimentar y mantener la energía en la carga.

El consumo de las cargas puede ser determinado de dos maneras. La primera de ellas se establece a partir de la información suministrada por el fabricante, mediante manuales de usuario, etiquetas, tablas de especificaciones y placas, las cuales deben contener parámetros eléctricos como Amperes, Volt-Amperes o Watts, necesarios para determinar el consumo del equipo. La otra forma de obtener dicha información es mediante la implementación de medidas en la entrada del equipo, obteniendo por tanto datos que permitan hallar la Potencia Aparente (tema tratado en Anexo D) a partir de los valores RMS arrojados por los instrumentos de medida.

El procedimiento para seleccionar una UPS consiste en sumar los valores de Potencia Aparente (VA) que normalmente consumen las cargas a soportar, éstos corresponden a características de valores máximos, medidos bajo condiciones de arranque de los mismos con un 125% a 150% de sobrecarga. Normalmente una vez arrancados los equipos, el consumo suele bajar sobre el 70% marcado por los fabricantes, criterio establecido de acuerdo con la experiencia obtenida en la revisión de las instalaciones de la UIS. Esta consideración fue llevada a cabo para prevenir el sobredimensionamiento de la UPS al tomar los datos exactos de placa, logrando así reducir costos al momento de adquisición.

Al resultado de esta operación se adiciona un margen de crecimiento futuro, es decir, un porcentaje adicional que representa posibles adquisiciones futuras, alrededor del 25% de holgura. En el caso en que estos valores no estén dispuestos en Volt-Amperes, sino en su Potencia Activa (Watts), es posible hacer una conversión teniendo en cuenta el Factor de Potencia medido o suministrado por el fabricante a partir de la siguiente ecuación:

$$Potencia\ Aparente\ (VA) = \frac{Potencia\ Activa\ (W)}{Factor\ de\ Potencia} \quad (6.1)$$

Ejemplo:

Si se desea implementar una UPS para una sala de 30 computadores, cada uno consta de un monitor de 15" y una CPU, el proceso de selección es el siguiente:

- Conocer especificaciones eléctricas de consumo proporcionadas por el fabricante. Se debe tener en cuenta que estos datos corresponden a los valores máximos medidos bajo condiciones de sobrecarga. Considerando que el consumo sólo alcanza un 70% de la información proporcionada por el fabricante, se obtiene la siguiente tabla.

Equipo	Voltaje de Entrada [V]	Corriente de Entrada ³¹ [A]
Monitor 15"	120	1.5 x 0.7 = 1.05
CPU	120	2.5 x 0.7 = 1.75

Tabla 6.3 Ejemplo de especificaciones de Entrada en valores RMS

- Considerando los valores RMS, se calcula la Potencia Aparente (VA)

Equipo	Potencia Aparente [VA]
Monitor 15"	120 x 1.05 = 126
CPU	120 x 1.75 = 210

Tabla 6.4 Potencia Aparente para el ejemplo

- El consumo total del computador corresponde a la suma de los datos de Potencia Aparente.

$$Suma = 126 [VA] + 210 [VA] = 336 [VA]$$

- El total de consumo para los 30 computadores es

³¹ Valor máximo de corriente: Monitor 15" = 1.5 A ; CPU = 2.5 A

$$\text{Total} = 30 \times 336 \text{ [VA]} = 10080 \text{ [VA]}$$

- Aplicar un margen de crecimiento futuro, correspondiente al 25% del valor total.

$$25\% = 10080 \text{ [VA]} \times 0.25 = 2520 \text{ [VA]}$$

Por lo tanto, el valor de consumo global es

$$\text{Consumo Global} = 10080 \text{ [VA]} + 2520 \text{ [VA]} = 12600 \text{ [VA]} \text{ ó } 12.6 \text{ [kVA]}$$

La UPS necesaria para soportar la carga de los 30 computadores sería una de 12.6 kVA, pero debido a la ausencia comercial de éste valor se opta por implementar una UPS de 15 kVA.

La información del consumo medio de algunos equipos está consignada en la tabla 6.5. Se debe tener en cuenta que estos valores están sujetos a variaciones, por lo tanto su uso debe ser cauteloso.

Equipo	Potencia Aparente
Estación de red. Workstation	120 VA
Computador con Monitor CRT de 14" a 15"	336 VA
Computador con Monitor LCD de 14" a 15"	250 VA
Servidor de red gran torre	300 VA
Servidor de red doble fuente	600 VA
Monitor 14" - 15"	126 VA
Monitor 17" – 20"	180 VA
Router	150 VA
Hub, Switch, Bridge o FAX	150 VA
Scanner	160 VA
Caja registradora	150 VA

Tabla 6.5 Ejemplos de consumo medio.

6.5 SELECCIÓN DE UPS SEGÚN LA AUTONOMÍA.

Un factor importante a tener en cuenta al momento de elegir una UPS, es la autonomía o el tiempo de respaldo. Como se mencionó en el Capítulo 3, el tiempo de respaldo es el periodo en el cual la UPS es capaz de soportar la carga en ausencia de la energía proveniente de la red.

La autonomía está directamente relacionada con las características del banco de baterías, ya que son los Amperes-hora Ah, los que determinarán el tiempo de suministro. Para determinar un adecuado tiempo de autonomía necesario para soportar cierta carga, los fabricantes proveen curvas, tablas de autonomía y de descarga útiles para asistir esta selección. Esta información, normalmente viene expresada en minutos y se debe tener en cuenta el porcentaje de carga especificada por el fabricante, ya que en algunos casos la autonomía está representada para full carga y media carga. Por lo tanto es importante el manejo de esta información al momento de seleccionar una UPS según la autonomía.

En una UPS, el tiempo de respaldo debe ser suficiente para mantener el suministro constante, permitiendo un tiempo apropiado para el arranque de los generadores (si existen) y el apagado adecuado de los equipos conectados a ella. Cuando se dimensiona un banco de baterías para UPS, entre los factores más importantes a considerar están:

- Historial de eventos eléctricos en el sitio de trabajo, y en especial la duración de las fallas de energía ocurridas anteriormente.
- La dimensión de las cargas críticas.
- Existencia de mantenimiento del generador en el sitio.
- El ambiente disponible, por ejemplo, espacio, temperatura y humedad.

Establecer un parámetro de comparación entre los diversos tiempos de respaldo, es una tarea tediosa, debido al sinnúmero de baterías existentes en el mercado y

a las distintas configuraciones de las UPS. Por lo tanto, la mejor solución es garantizar que los tiempos de respaldo citados hayan usado el mismo rango de potencia en Watts y Factores de Potencia, para obtener una mejor escogencia.

Existen equipos en donde no es recomendable la conexión a una UPS debido a su alto consumo de corriente, además de que no se consideran elementos indispensables, es decir, no están contenidas dentro del grupo de cargas críticas. Estos equipos pueden perjudicar la operación normal de la UPS en el momento de una fluctuación en la red comercial. Algunos ejemplos de estos dispositivos están la fotocopidora, impresora láser, aspiradoras, ventiladores, grabadoras, televisores, cargadores y otros electrodomésticos que de manera deliberada son conectados a los circuitos de salida de la UPS. Para estos equipos se recomienda el uso de elementos que proporcionen otras soluciones al problema de la calidad de energía, ejemplo de ellos están tratados en el Primer Capítulo.

6.6 PROCESO DE SELECCIÓN DE UNA UPS

De acuerdo con el análisis realizado anteriormente se presenta el procedimiento de la selección de UPS, tomando como base todos los factores que se tienen en cuenta al momento de elegir una UPS, es decir, la aplicación, el rango de capacidad, el grado de protección, consumo de la carga y la autonomía. Este proceso se presentará por medio de una serie de pasos que pueden ser aplicados no solo a una situación convencional dada en la UIS, sino a un escenario en general.

6.6.1 Revisión de la Aplicación y el rango de capacidad

El primer paso es observar el tipo de carga que se va a soportar y el entorno de aplicación en que se encuentre la misma, con el fin de tener referencia del rango de capacidad que se va a usar. La selección debe realizarse según las siguientes aplicaciones:

- Sistemas de Información y Comunicaciones, se referenciarán UPS del rango de 300VA a 3kVA.
- Aplicaciones en Redes, se referenciarán UPS de 3 a 80kVA.
- Procesos Industriales y Empresariales, se referenciarán UPS de 10 a 800kVA.
- Sistemas Montados Sobre Rack, se referenciarán UPS de 700VA a 30kVA.

Lo anterior se hace con el objetivo de tener idea de la capacidad de la UPS a seleccionar, sin embargo se tienen rango de valores muy amplios por lo que es muy precipitado sacar conclusiones.

6.6.2 Revisión de los problemas que afectan el área

En este paso, se revisan los problemas que usualmente afectan el área de trabajo, es decir, indagar sobre la presencia de interrupciones, sags, fluctuaciones, ruido eléctrico etc., y la frecuencia con la que se manifiestan. Estableciendo lo anterior se procede a determinar el grado de protección, dependiendo de la estación de trabajo, con base en lo recomendado en la tabla 6.1. Luego se procede a proyectar una topología de UPS dependiendo de dicho grado de protección, por lo que se recurre a la tabla 6.2 para ver qué tipo de UPS se pueden implementar.

6.6.3 Medición del consumo de las cargas

Este es tal vez uno de los pasos más importante en este proceso de selección, ya que se considera el parámetro más importante de la UPS, la capacidad. Para hallar este valor es necesario saber cuál es el consumo de la carga en Volt-Amperes. La cual se encuentra cumpliendo con el procedimiento descrito en el ítem 6.4 y que se presenta de forma resumida:

- Se mide el consumo de corriente de cada equipo a un voltaje de entrada determinado, cuando se trabaja en condiciones de alta exigencia. Ambos

parámetros son descritos en valores RMS para calcular el valor de la potencia aparente.

$$S \text{ [VA]} = V \text{ [Vrms]} \times I \text{ [Arms]}$$

Otra forma es tomar los datos de placa del equipo a soportar y considerar un 70% de su potencia aparente.

- Se suma el consumo de cada equipo a soportar, para tener el dato de la potencia total requerida.

$$S_{\text{total}} = S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

- Se considera un margen de crecimiento futuro, correspondiente al 25% del valor total.

Con lo anterior se obtiene la cantidad de potencia necesaria para soportar la carga.

6.6.4 Selección de la Autonomía

El siguiente factor a considerar es la autonomía que se requiere para soportar el equipo. En este paso ya es necesario tener en claro las características más relevantes de la UPS.

Como se dijo con anterioridad, debido a la existencia de muchas marcas de fabricantes que proveen una infinidad de tipos de baterías para implementar en UPS, es recomendable acotar la selección a marcas que están al mejor alcance del comprador y normalizar los valores tanto de corriente (Ah) como de voltaje (V). También se recomienda el uso de las baterías que vienen predeterminadas por el fabricante de la UPS.

Se procede a revisar los datos de las distintas baterías disponibles, comparando las curvas de descarga de cada una y sus tablas de autonomía. Aquella que

proporcione el mayor tiempo de respaldo y por ende el mejor valor de voltaje terminal³², será el de preferencia.

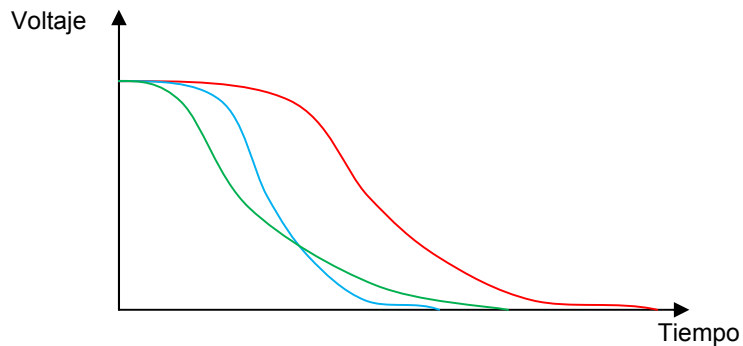


Figura 6.6 Tres baterías de la misma tensión y los mismos Ah con sus respectivas curvas de descargas

Si se tiene por ejemplos tres marcas de baterías que proporcionan el mismo voltaje y los mismos Ah, como se describe en la figura 6.6, lo más lógico es escoger la batería con el mayor tiempo de autonomía, es decir, la que describe la curva de descarga de color rojo.

Un diagrama que sintetiza el proceso de selección de una UPS, se muestra a continuación.

³² Voltaje terminal o final, es aquel valor de voltaje que posee la batería cuando se encuentra descargada. Este valor no debe ser menor al voltaje umbral.

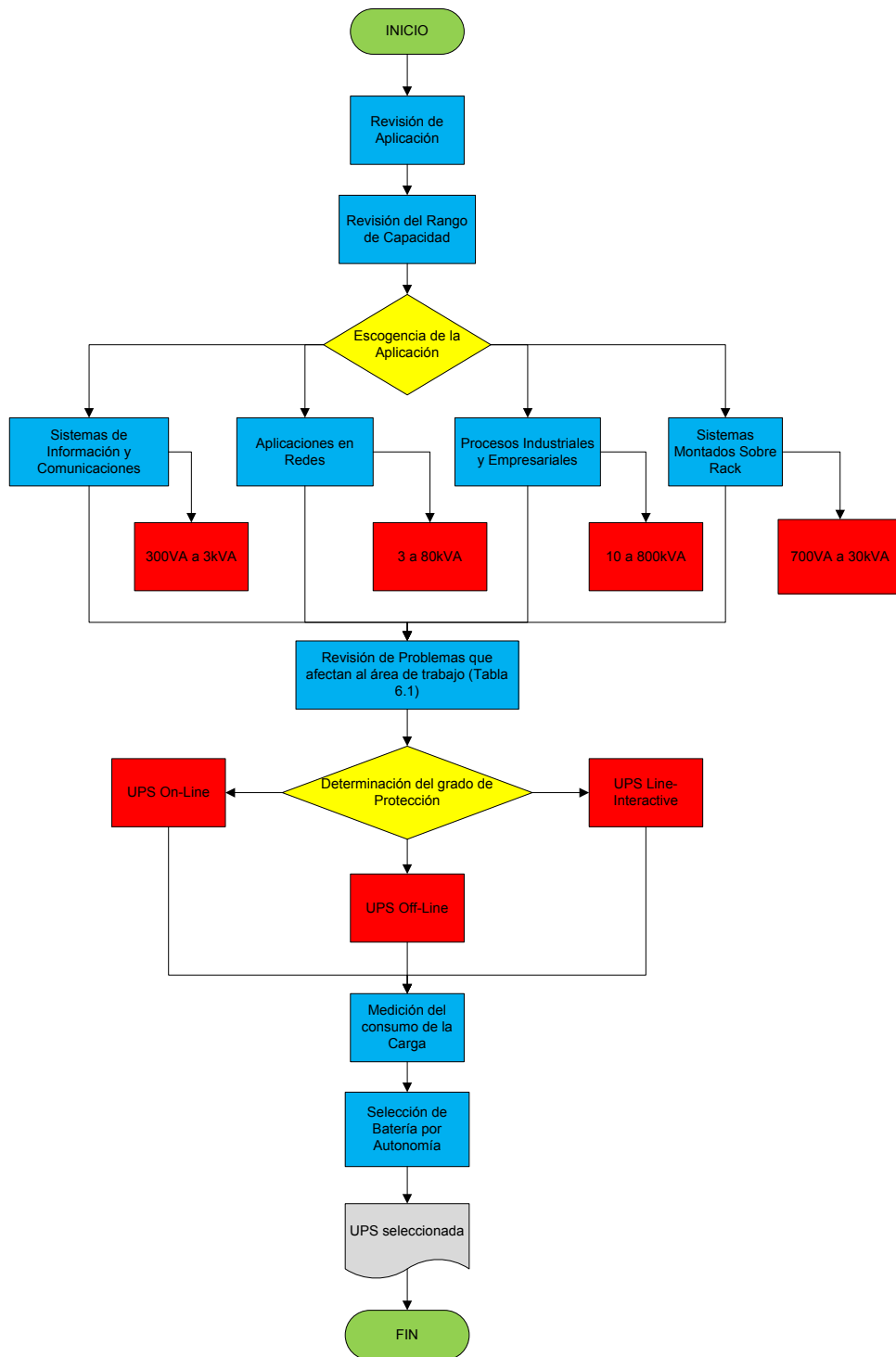


Figura 6.7 Diagrama de flujo del proceso de selección de UPS

7. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La UPS como equipo para el soporte de energía, requiere una rutina de mantenimiento que asegure el buen estado y el continuo funcionamiento, necesarios para proteger determinada carga. En ocasiones, durante estas actividades existe la necesidad de reemplazos de diversos componentes que la conforman, tales como baterías, ventiladores, capacitores, tiristores, entre otros que permiten prolongar la vida útil del dispositivo.

El desarrollo de actividades de mantenimiento está estrechamente ligado al cubrimiento de la garantía ofrecida por el fabricante, ya que durante este periodo de tiempo no podrán realizarse labores que no sean autorizadas por dicha marca. Por lo tanto, puede ocurrir que durante el periodo de garantía, se realice actividades de mantenimiento, en las cuales, todos los costos sean cubiertos con un tiempo de respuesta garantizado y se implemente una revisión adicional para optimizar el rendimiento. Por otro lado, sin un plan de mantenimiento ofrecido por el fabricante bajo garantía, se está en la obligación de reponer el equipo, hecho que afecta la protección ininterrumpida de la carga. El caso más desfavorable ocurre cuando la UPS está fuera de garantía y no se lleva a cabo actividades de mantenimiento, dejando la responsabilidad de prevenir fallas al diseño de la UPS. Por eso es recomendable que una vez se haya agotado el periodo de garantía se implemente un plan de mantenimiento para la protección de sistemas de soporte de energía.

Este capítulo contiene información correspondiente a los tipos de mantenimiento, así como también la descripción de un plan de mantenimiento preventivo trazado para equipos de soporte de energía UPS y Banco de Baterías localizados en las distintas Unidades Académico- Administrativas de la UIS, basado en el nivel crítico

de las cargas que soportan. Al mismo tiempo, se presenta una propuesta de protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo, todo ello soportado en el Plan de Continuidad de la Energía presentado por “The Power Protection Guide”, las actividades de mantenimiento de la Norma Internacional IEC/EN 62040-3 y el estándar IEEE 450-1995.

7.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO

Una definición de mantenimiento abarca todo el conjunto de funciones, acciones y gestiones realizadas a un dispositivo, instalación o estación, con el propósito de llegar a un estado ideal, en el cual se pueda llevar a cabo todas las labores correspondientes de una forma correcta. Desde este punto, parte la razón de aplicar el mantenimiento, ya que en un lugar de trabajo siempre se está sujeto a la influencia desgastante de agentes externos como humedad del aire, calor, polvo, gases corrosivos y sustancias tóxicas; además de influencias dañinas de agentes internos como movimientos de fluidos, vibraciones mecánicas, presión, incremento de tensión, altas temperaturas, choques térmicos, roturas, puntos calientes, entre otros.

La importancia del mantenimiento radica en los factores que lo destacan. Uno de los factores más importantes es la corrección de las condiciones defectuosas de cualquier equipo, hecho que aumenta la calidad del producto, además de la prolongación de la vida útil, disminuyendo el gasto de inversión en nuevos dispositivos. También fomentar e implementar la automatización de los procesos ayudaría a disminuir el costo de la mano de obra, aumentando la productividad, es por esta razón que se necesita de un plan de mantenimiento para realizar bien estas labores.

7.1.1 Tipos de Mantenimiento

Existen ciertos modos de mantenimiento, que no pueden funcionar de manera separada, sino de una forma conjunta para conformar un plan de mantenimiento funcional. Éstos últimos se tratan a continuación.

7.1.1.1 Mantenimiento Correctivo

También llamado mantenimiento reactivo, consiste en conservar en funcionamiento el equipo hasta que deje de hacerlo normalmente, es decir, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, o solo se actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso el mantenimiento será nulo, si no se produce ninguna avería, y se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas de corrección de errores.

Este modo de mantenimiento tiene como consecuencias interrupciones no previstas en el proceso de producción, perturba las cadenas productivas, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados y la planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

7.1.1.2 Mantenimiento Preventivo

También es denominado mantenimiento planificado, tiene lugar antes de ocurrir una falla o avería. Consiste en la inspección periódica y coordinada, de los elementos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra. Este tipo de mantenimiento presenta las siguientes características:

- Se ejecuta en momentos en que no se está produciendo actividades, por lo que se aprovecha los tiempos de receso.
- Se lleva a cabo seguido de un programa previamente elaborado donde se detalla las actividades a realizar y el procedimiento a seguir, con el objetivo de tener las herramientas y repuestos necesarios a la mano.

- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la organización.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la organización contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

7.1.1.3 Mantenimiento Predictivo

“El mantenimiento predictivo es aquel que utiliza datos extrapolados o tendencias para determinar la vida de servicio sin problemas de una máquina³³”.

Para llevar a cabo esto, se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado.

Los procedimientos utilizados para la estimación del mantenimiento predictivo pueden ser:

- Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)

³³ GONZÁLEZ CARLOS, Principios de mantenimiento, Posgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander.

- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado) o medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

7.1.1.4 Mantenimiento Proactivo

Este tipo de mantenimiento está relacionado con valores de unión, colaboración y solidaridad de un grupo de trabajo, es decir que todos trabajan en pro de la buena ejecución de las labores. Por eso es necesario tener el conocimiento para llevar a cabo el mantenimiento y el aporte conjunto de una manera directa o indirecta a la solución de la problemática. No solo los técnicos, deben participar en este mantenimiento, sino todos los profesionales, ejecutivos, y directivos que están relacionados con el equipo o instalación que se está tratando. Cada individuo desde su cargo o función dentro de la organización, actuará de acuerdo a este cargo, asumiendo un rol en las operaciones de mantenimiento, bajo la premisa de atender las prioridades del mantenimiento en forma oportuna y eficiente.

7.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRAZADO PARA EQUIPOS DE SOPORTE DE ENERGÍA UPS Y BANCO DE BATERÍAS EN LA UIS

El análisis de la información obtenida a partir de la realización de este proyecto, condujo a la elaboración del inventario de las UPS y Banco de Baterías pertenecientes a las diversas Unidades Académico-Administrativas permitiendo con éste, el comienzo de un historial de mantenimiento para estos equipos.

Con base en el estudio realizado, se establece la importancia de un mantenimiento periódico de las UPS que soportan cargas con distintos niveles críticos, con el objetivo de prevenir posibles fallas que interrumpan el continuo cumplimiento de labores como Universidad.

Con el propósito de impulsar una cultura de prevención y organización dentro de la UIS, se traza un Plan de Mantenimiento Preventivo para estos equipos de soporte de energía.

La distribución de las UPS de acuerdo al nivel crítico de las cargas respaldadas (tema tratado en el Capítulo 4), es la base para el diseño del Plan de Mantenimiento, en donde también se tiene en cuenta la capacidad y el respaldo del equipo. De acuerdo a estos parámetros, se impone una periodicidad de mantenimiento, establecida por un tiempo en meses, la cual es mostrada en la tabla 7.1.

Nivel Capacidad	Básico	Medio	Alto
1 kVA a 3 kVA	12 Meses	12 Meses	6 Meses
4,5 kVA a 10 kVA	6 Meses	6 Meses	6 Meses
12 kVA a 80 kVA	No Aplica	6 Meses	4 Meses

Tabla 7.1 Periodicidad de Mantenimiento según Capacidad y Nivel Crítico³⁴

Según lo anterior, se establece en las cargas de nivel crítico alto, un periodo de mantenimiento de 6 meses para las UPS con capacidad comprendida entre 1kVA y 10kVA, debido a la necesidad de un respaldo continuo, ya que una posible falla podría incurrir en pérdida de procesos. También cabe notar, que las UPS comprendidas entre 12kVA y 80 kVA soportan la mayoría de las cargas críticas de la UIS bajo el mismo nivel, por ello necesitan de un periodo de 4 meses para evaluar su funcionamiento. La periodicidad para los niveles críticos medio y básico está distribuida con base en la capacidad de las UPS, ya que el respaldo a sus procesos es de menor prioridad con respecto al nivel alto. Sin embargo, se deben seguir unos pasos en común para prevenir fallas en todas las UPS.

³⁴ El tiempo de periodicidad de mantenimiento puede variar según el grado de uso del equipo.

7.2.1 Pasos para la Prevención de Fallas

Esta valoración en un principio consiste en visitas rutinarias de inspección visual que incluyen:

- Evaluación del ambiente de operación, es decir, humedad del aire, calor, polvo, temperatura.
- Monitoreo de variables internas de la UPS, mediante información suministrada por el display, por ejemplo, valores de entrada y salida, nivel de carga en las baterías, modos de operación.

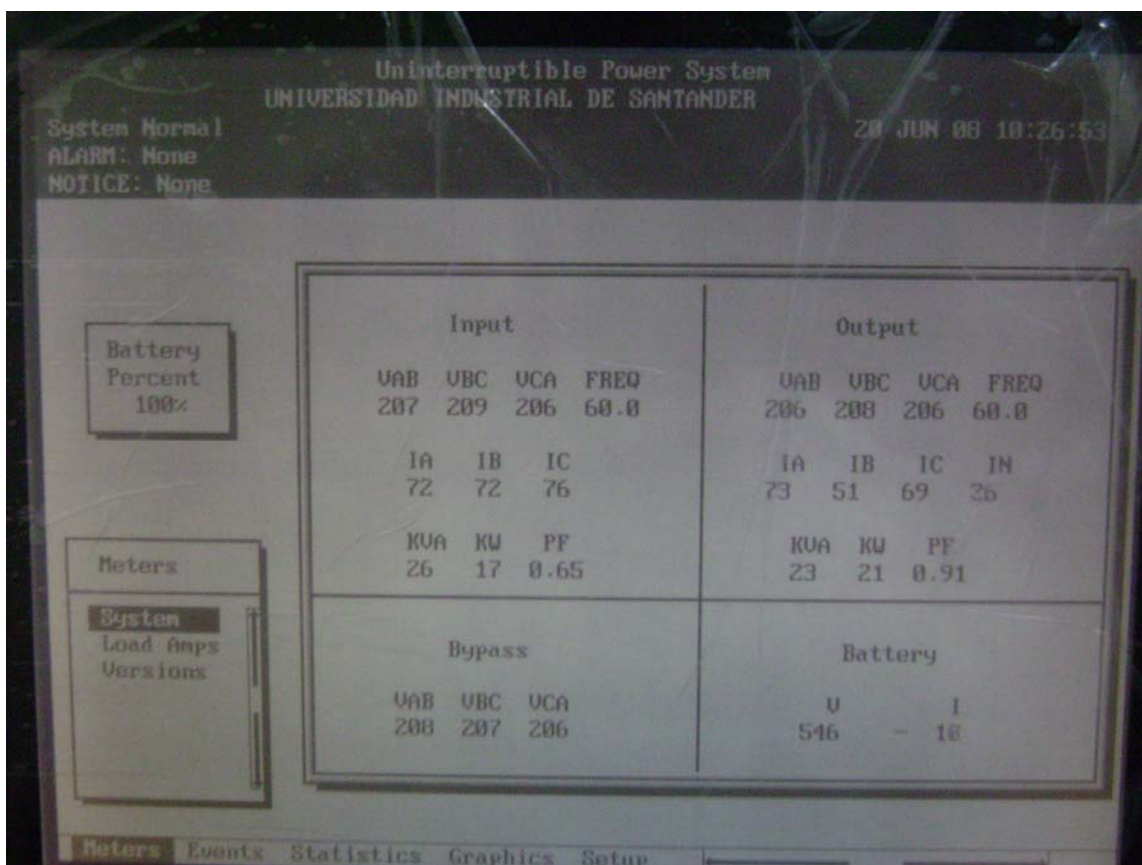


Figura 7.1 Visualización del display de una UPS de 80kVA ubicada en el edificio de Laboratorios Livianos de la UIS

- Reconocimiento de alarmas provenientes de la UPS, tanto visuales como sonoras. Para una mejor comprensión de éstas, se debe remitir al manual de usuario propio de cada marca, ya que la programación de éstas puede variar. Es aconsejable tener al alcance tablas de alarmas en las proximidades de la UPS.
- Inspección física, es decir, el estado de la UPS y las baterías, por ejemplo, contenidos líquidos provenientes del ácido de las baterías, suciedad, abolladuras, corrosión, sulfatación, vibración, exceso de calor.



Figura 7.2 Ejemplos de sulfatación y suciedad. Imagen tomada de un mantenimiento preventivo a UPS del CENTIC

En caso de presencia de alguna anomalía, ya ocurra esta última en un tiempo menor al previsto, se deben tomar medidas correctivas, las cuales serán tratadas más adelante.

7.2.2 Visitas Programadas

El cumplimiento del Plan de Mantenimiento depende del compromiso que adquiera el personal de mantenimiento a realizar visitas programadas de acuerdo a lo descrito a la tabla 7.1, el contenido de estas visitas consta de los siguientes pasos:

- Verificación de datos con respecto a la Hoja de vida del equipo.

- Reconocimiento de las condiciones ambientales de la estación de trabajo.
- Verificación de corrientes de carga, con el objetivo de descartar posibles conexiones o cargas activas y así poder desconectar la UPS.
- Revisión de voltajes, con el fin de constatar que se encuentra completamente desenergizado el dispositivo, además por motivos de seguridad.
- Desconexión del banco de baterías.
- Desarrollo de las labores de limpieza a tarjetas y componentes internos de la UPS, como por ejemplo la aspiración y barrido del polvo.
- Inspección detallada de las etapas que componen la UPS. Revisión de puntos calientes, conexiones flojas, estado de los ventiladores, estado de los varistores, condensadores, resistencias. La realización de ésta es tratada más adelante.
- Realización de las pruebas a las baterías, cuyo procedimiento a seguir puede ser el mismo realizado en el capítulo 5.
- Diligenciar el contenido del Informe Técnico de Mantenimiento, realizando mediciones y especificaciones eléctricas.
- Recalibración de las tarjetas de control según los valores predeterminados por los fabricantes. Estos procesos deben ser realizados en intervalos de tiempo no mayores a 1 año.

Los anteriores pasos deben ser consignados en el Informe Técnico de Mantenimiento con el objetivo de llevar un historial de estas labores para cada UPS, sirviendo como base para el próximo mantenimiento.

7.2.3 Pruebas a UPS

Para comprobar la veracidad y el buen funcionamiento de la UPS, es recomendable seguir los test realizados en el capítulo 5. Estos últimos deben ser efectuados a UPS que soporten las cargas más críticas, en un tiempo programado de receso, en donde no se requiera soporte alguno. El periodo de estas pruebas no debe ser mayor a 3 años.

7.3 PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

El mantenimiento en una organización no solo debe ser una actividad rutinaria sino una “cultura” que se inicia desde el momento de la adquisición del equipo, determina su confiabilidad, eficiencia y manutención hasta el momento en que las labores de mantenimiento no sean viables y se considere mejor un reemplazo.

Esta cultura, se debe considerar no sólo propia del personal calificado sino también de forma integral que abarque todos los integrantes de una organización. En consecuencia un programa de mantenimiento debe incluir como mínimo una inspección periódica de las estaciones de trabajo para valorar el funcionamiento y el estado de los equipos, con el objetivo de determinar posibles fallas que puedan ocasionar trastornos a las labores cotidianas. Al mismo tiempo, la realización de un mantenimiento oportuno y adecuado para corregir averías encontradas.

Un buen programa de mantenimiento es aquel que puede lograr una reducción de costos y tiempos de receso con una distribución apropiada entre *el mantenimiento preventivo* y *el mantenimiento correctivo*. La probabilidad de falla de un equipo está latente, pero el objetivo del programa de mantenimiento es que estas fallas no ocurran en un momento crítico, en donde es indispensable la fiabilidad del equipo, teniendo la posibilidad de predecir la falla antes de que ocurra y repararla antes de causar daño. Con lo anterior se permite la continuidad de las labores desarrolladas como organización y se previenen pérdidas económicas.

Con el propósito de contribuir a una cultura de mantenimiento en la Universidad Industrial de Santander, se presenta una propuesta de protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos de soporte de energía, el cual debe ceñirse a los siguientes principios generales:

1. No esperar a la presencia de una avería imprevista en el equipo, se remienda una revisión visual periódica, para corregir fallas antes de que ocurra.
2. La persistencia, precaución y el recurso humano son factores fundamentales al momento de implementar un plan de mantenimiento. La revisión constante de las visitas programas de acuerdo al plan de mantenimiento diseñado, así como también la evaluación de los informes técnicos de mantenimiento, son hábitos que debe tener el personal encargado de las labores de mantenimiento.
3. La comunidad en general debe tener conciencia de la importancia de un plan de mantenimiento, adoptando actitudes flexibles en el momento de realización de estas labores, sobre todo en situaciones de emergencia o cuando se refiere a la seguridad industrial por fallas en equipos que afecten la integridad humana.
4. Es importante hacer mención que un protocolo de mantenimiento basado en un plan debe seguir una sucesión de pasos programados. Estos pasos, deben resolver la siguiente problemática:
 - Identificación de elementos a inspeccionar. Para el caso que compete a este proyecto, se revisan las UPS y bancos de baterías, teniendo como soporte un inventario actualizado de estos equipos.
 - Planteamiento de fechas y designación de personal para la realización de las labores de mantenimiento. En este caso, el personal de la

División de Mantenimiento Tecnológico de la UIS es quien realice las gestiones para el mantenimiento de las UPS y banco de baterías, basándose en el plan de mantenimiento trazado en este trabajo, usando herramientas informáticas como el plano de localización de estos equipos.

- Control de cumplimiento de labores. El plan de mantenimiento propone un diseño en el cual se llevan a cabo labores de mantenimiento con una periodicidad determinada, llevando un control mediante hojas de vida e informes técnicos de mantenimiento para equipos de soporte de energía.

7.3.1 Propuesta de Protocolo de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

Teniendo en cuenta lo estudiado hasta este momento con respecto a las características importantes de un plan de mantenimiento, a continuación se presenta la estructura de una propuesta de protocolo de mantenimiento preventivo y correctivo para equipos de soporte de energía, UPS y banco de baterías.

7.3.1.1 Alcance

Presentar una propuesta de protocolo de mantenimiento que sirva como guía para las labores preventivas y correctivas llevadas a cabo por el personal de la División de Mantenimiento Tecnológico a equipos de soporte de energía localizados en la sede principal de la UIS.

7.3.1.2 Gestión de Mantenimiento

Una medida a tomar en cuenta antes de realizar la gestión de mantenimiento, es informar con anticipación a la U.A.A responsable del equipo, de la próxima visita programada, con el objetivo de encontrar un ambiente adecuado para llevar a cabo las labores de trabajo, además de no perjudicar al personal de la respectiva

unidad. Las visitas programadas están descritas según el plan de mantenimiento trazado anteriormente.

7.3.1.3 Medidas contra riesgo

Una vez diligenciada la visita a la estación de trabajo, se debe asegurar que se cumple todas las medidas contra riesgo en el sitio. Si una señal de riesgo es identificada, el procedimiento a seguir es asistir la falencia con el propósito de minimizarla.

7.3.1.4 Equipo de Protección Personal

Los siguientes equipos de protección personal deben ser usados para realizar una apropiada labor de mantenimiento:

- Casco de seguridad.
- Tapones para oído.
- Gafas Protectoras.
- Máscara contra el polvo o tapabocas.
- Guantes aislantes.
- Vestimenta de alta visibilidad, recomendable de color naranja o amarillo, con insignias alusivas al DMT.
- Overoles.
- Botas de seguridad.

7.3.1.5 Revisión de Aislamiento

Se debe asegurar del aislamiento eléctrico tanto del dispositivo a revisar como el lugar de estación, ya que la mayoría de los fabricantes no abarcan dentro de la garantía el daño de equipo o de la salud humana por motivos de mal aislamiento en la estación de trabajo. Por eso es necesario realizar una revisión previa con personal autorizado para asegurarse del aislamiento del sitio.

7.3.1.6 Ruta al Área de Trabajo

La ruta hacia el área de trabajo debe ser revisada para descartar cualquier riesgo de encontrar obstáculos en el camino, en caso de que se requiera transportar elementos grandes y pesados. Todo el equipo que sea transportado al área de trabajo debe ser levantado y transportado cuidadosamente, como lo recomienden los respectivos manuales.

7.3.1.7 Uso de los Instrumentos de Medida

Los instrumentos de medida deben estar calibrados para que sus resultados sean veraces y no incurran en datos no válidos debido a “errores gruesos”³⁵.

7.3.1.8 Requerimientos para Prevención Contra Fuego

Cualquier material combustible debe ser removido del lugar. El personal de mantenimiento debe asegurarse de tener a la mano la localización de extinguidores contra fuego.

7.3.1.9 Metodología de Trabajo

7.3.1.9.1 Operación y rendimiento de la UPS

7.3.1.9.1.1 Mantenimiento Preventivo

Antes de desenergizar el sistema y de realizar una inspección completa del estado de la UPS, se debe asegurar la ausencia de alarmas y verificar además que todas las medidas y valores de configuración (en el display) estén correctos. El ambiente alrededor de la UPS debe ser inspeccionado con el propósito de descartar problemas tales como altas temperaturas, restricciones en flujo de aire, presencia de polvo y suciedad, entre otros.

³⁵ Errores Gruesos, “son en gran parte de origen humano, como mala lectura de los instrumentos, ajustes incorrectos, y aplicación inapropiada, así como equivocaciones en los cálculos.” – Tomado de <http://gavilan.uis.edu.co/~jaamaya/> - Instrumentación Electrónica.

7.3.1.9.1.2 Mantenimiento Correctivo

Antes de desenergizar el sistema, se realiza una inspección a la UPS para determinar el tipo de falla o alarma que presenta. La información suministrada por el fabricante ofrece gran ayuda para determinar el tipo de alarma.

7.3.1.9.2 Autorización para el paso a bypass

Antes de pasar a la UPS a operación bypass, el personal autorizado para las labores de mantenimiento debe avisar el momento para realizar este paso (esto no es aplicable a sistemas en configuración paralelo), por lo que el respaldo de las baterías no estará disponible al momento de que ocurra una falla en la red. Si la autorización para llevar a cabo este paso es negativa, la revisión del sistema se efectúa bajo algunas restricciones.

7.3.1.9.3 UPS en modo bypass

Si se autoriza el paso de la UPS a modo bypass, el procedimiento se llevará a cabo según especificaciones propias del fabricante. Una vez se encuentre en este modo de operación, la UPS se apagará completamente aislándola de cualquier fuente de energía incluidas las baterías. En este modo se podrá efectuar pruebas al interior de la UPS, sin cortar el suministro a las cargas.

7.3.1.9.4 Inspección Detallada y Servicio de la UPS

Todos los paneles y tarjetas electrónicas que componen la UPS deben ser revisados para asegurar que no haya energía almacenada. Seguido de esto se procede a la limpieza de dichas tarjetas y se busca defectos físicos tales como sobrecalentamiento, punto calientes, fisuras y componentes quemados.

Además serán revisados elementos como breakers, ensambles, capacitores, relés, contactores, transformadores, bobinas, semiconductores, PCBs, aislantes

térmicos, fusibles, ventiladores, panel del display, puertos de comunicación y dispositivos auxiliares.

Si se encuentra alguna anomalía en uno de los componentes mencionados, se hará notación en el informe técnico de mantenimiento correspondiente y se dará aviso al responsable del equipo para la corrección de la misma.

7.3.1.9.5 Inspección Detallada del Banco de Baterías

Con la UPS aislada del banco de baterías, todas las conexiones entre UPS y Baterías, así como también fusibles, deben ser removidas para empezar la inspección a las baterías. Las siguientes revisiones a considerar son las siguientes:

- Inspección visual de todas las baterías que componen el banco, para encontrar señales de daño, corrosión o sulfatación.
- Revisión de las baterías para encontrar posibles fugas o derrames de líquidos.
- Todos los terminales deben ser evaluados para asegurar que se encuentren en óptimas condiciones.
- El voltaje de circuito abierto de cada una de las baterías deben ser revisados y comparados para verificar la existencia de un desbalance de voltaje. Si este último está presente, se procede a una revisión más profunda de la batería defectuosa.
- La realización de un test de descarga de baterías se considera fundamental para conocer el comportamiento individual frente a una carga durante el tiempo, y así determinar la cantidad de baterías que se encuentran por debajo del valor de voltaje promedio. Por encima de un 50% de baterías defectuosas es recomendable que se realice el reemplazo de la totalidad del banco.

Si durante las inspecciones anteriores, se encuentra que existe un derrame de ácido, éste debe ser inmediatamente absorbido para prevenir que se conduzca a un drenaje. El ácido puede ser neutralizado usando Bicarbonato de Sodio, Carbonato de Sodio o Carbonato de Calcio, lavando cuidadosamente con agua el área afectada.

Una vez la revisión de las baterías este completa, los elementos deben ser limpiados y puestos en su sitio.

7.3.1.9.6 Reparación de UPS y Reemplazo de Partes

Una vez confirmada la avería de algún elemento interno de la UPS, este será reemplazado o reparado como sea el caso. El repuesto de los componentes defectuosos tiene que poseer la misma referencia y marca recomendada por el fabricante.

Luego de la reparación y reemplazo de elementos defectuosos, se procede a reubicar los paneles y tarjetas que los contengan.

7.3.1.9.7 Trámite del Informe Técnico de Mantenimiento

Un factor clave para el desarrollo de un plan de mantenimiento es el trámite completo y verás del Informe Técnico de Mantenimiento. Todas las observaciones e inspecciones llevadas a cabo a lo largo de las labores de mantenimiento deben ser consignadas en el informe, esto con el objetivo de llevar un historial del equipo.

7.3.1.9.8 Reconexión, Reinicio y Chequeo de la UPS.

Cuando todo el procedimiento de ensamblaje sea completado, todas las fuentes de energía son reconectadas a la UPS y el sistema es reiniciado de acuerdo con el manual de usuario correspondiente. La UPS debe ser revisada en todos los tipos de operación, es decir, en bypass, modo normal y modo batería, con el propósito de asegurar el correcto funcionamiento del equipo. Durante estas

operaciones se revisa el panel del display para asegurar la normalidad de todos los valores y la funcionalidad de las opciones configurables.

7.3.1.9.9 Test de descarga de la UPS

La UPS será puesta en modo batería para medir si el tiempo de autonomía es razonable. Para la realización de este test, se usa una carga de prueba o una carga real, dependiendo de los requerimientos del sitio. Éste sólo se puede realizar si el sistema está cargado en su totalidad, en caso contrario, en esta prueba deben tomarse nuevas consideraciones durante la descarga, como prever un menor tiempo de respaldo.

Para completar este test, la energía de la red principal no se conectará hasta que el tiempo de autonomía requerido sea completado y las baterías se descarguen completamente, por lo que la UPS debería apagarse.

7.3.1.9.10 Retorno del Servicio

Una vez que el personal de mantenimiento esté satisfecho con la operación de la UPS, esta última es energizada y puesta en servicio de acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por los manuales de usuario. Finalmente se confirma la conexión y protección de las cargas.

CONCLUSIONES

Con frecuencia incrementa la necesidad de implementar UPS en una variedad de campos de aplicación, por lo que es importante tener los conocimientos necesarios acerca de equipos de soporte de energía, con el propósito de establecer parámetros puntuales de selección, puesta en marcha y medidas que permitan lidiar con los problemas que puedan surgir durante el funcionamiento de estos equipos, además de adoptar las respectivas labores de mantenimiento. Los fundamentos anteriores son considerados claves en la prevención de eventos perjudiciales como el sobredimensionamiento o mala escogencia de la topología de una UPS, consecuencias que afectan directamente a las cargas y al presupuesto con que cuentan las entidades responsables de estos equipos, hecho que contrasta con la realidad de la Universidad.

Un aporte importante basado en los estudios realizados durante el desarrollo de este proyecto, consiste en afirmar que la topología de mejor comportamiento y aquella que proporciona el mayor grado de protección y fiabilidad es la UPS On-Line o Double Conversion. La composición interna de este equipo con filtros a la entrada y/o a la salida, transformadores de aislamiento galvánico, procesos de inversión y la excelente forma de onda a la salida, hacen de esta UPS la mejor de las topologías. Sin embargo las ventajas de este equipo son contrarrestadas por su alto costo. Aunque lo anterior es cierto, para grandes procesos como los industriales, grandes redes y cargas críticas, la mejor opción sin duda es la UPS On-Line. Es por tal razón que durante el desarrollo de este libro se hizo énfasis en esta topología.

El desarrollo de este proyecto se ve justificado en la organización de información que se proporciona a la División de Mantenimiento Tecnológico, a través de un inventario organizado, actualizado y detallado de equipos de soporte de energía,

UPS y banco de baterías, además de herramienta ilustrativa que contiene la localización de estos equipos dentro del plano del campus universitario, los cuales mediante hojas de vida e informes técnicos, logran establecer las bases para llevar a cabo labores de mantenimiento sustentadas en el historial de actividades realizados a estos dispositivos. La funcionalidad de estos aportes se ve representada en el Plan de Mantenimiento Preventivo trazado para estos dispositivos de respaldo de energía, cuya finalidad es prevenir fallas que atenten contra el continuo cumplimiento de las labores como Universidad.

La realización de pruebas basadas en la Norma Internacional IEC 62040-3, llevadas a cabo en el proceso de caracterización aportado en este trabajo de grado, permite corroborar las especificaciones proporcionadas por los fabricantes de equipos de soporte de energía UPS, mediante datos obtenidos con instrumentos de medida debidamente calibrados. Estos resultados demuestran las propiedades que posee una UPS de topología On-Line al entregar una señal limpia y de buena calidad, al mismo tiempo que proporciona un suministro ininterrumpido durante un tiempo de respaldo preestablecido por el fabricante, el cual concuerda con los medidos en práctica, además de una excelente respuesta en condiciones dinámicas.

La implementación de un Protocolo de Mantenimiento Preventivo y Correctivo, deja como beneficio la prolongación del tiempo de vida útil de los equipos, disminuye los índices de fallas y el tiempo de reacción al momento de una emergencia, mejora el desempeño, incrementa la fiabilidad e integridad de los sistema, a la vez que fortalece una cultura de protección y prevención en la Universidad. Otra ventaja de la puesta en marcha del Plan de Mantenimiento soportado por el Protocolo, es la aclaración de los conceptos al inicio del mantenimiento, labores que deben realizarse a estos equipos y sus limitantes, e ideas puntuales que sirvan para la selección futura de otras UPS con base en la experiencia obtenida con las actuales.

La experiencia obtenida con la realización de este proyecto demuestra que día a día más organizaciones, instituciones, empresarios, propietarios e ingenieros han establecido conciencia de los grandes beneficios técnico-económicos que se alcanzan con la implementación de un buen Plan de Mantenimiento Preventivo, dentro de la Universidad muchas personas han tenido dudas antes de adoptarlo, ninguna después.

OBSERVACIONES

El inventario realizado en este proyecto sirve como base para la observación de varios aspectos. Indudablemente, la UPS de mayor demanda en la Universidad Industrial de Santander es la fabricada por Powercom, cuyas pruebas plasmadas en el Capítulo 5, dan fe de su desempeño y buen servicio, además de las referencias proporcionadas por los usuarios en las distintas dependencias de la UIS durante las visitas, corroboran su confiabilidad. Además, cabe destacar el interés que existe en algunas Unidades Académico-Administrativas por proteger sus equipos, como por ejemplo, el caso de la Escuela de Matemáticas, que es una de las dependencias que implementan UPS en mayor cantidad, en contraste con casos como el de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, que sorprenden por el poco interés que tienen por proteger a sus equipos, los cuales constan de una gran cantidad de dispositivos electrónicos, laboratorios, salas de cómputo y otras cargas críticas, que no son respaldadas. A nivel general, la Universidad Industrial de Santander no cuenta con una cultura de protección, es decir, no todas las U.A.A. emplean UPS para soportar sus cargas.

Durante las visitas realizadas a las distintas Unidades Académico-Administrativas que forman parte de la Universidad Industrial de Santander se observó la presencia de información desorganizada referente a la asignación de números de inventario, teniendo casos de existencia de UPS sin identificación alguna, dispositivos inexistentes, es decir, equipos que son dados de baja por la División de Mantenimiento Tecnológico, información que no es actualizada, además de la confusión entre inventarios de diferentes dispositivos, como por ejemplo la UPS perteneciente a Ingeniería Mecánica localizada en el edificio de Laboratorios Pesados.

Dentro de las instalaciones de la División de Mantenimiento Tecnológico se presenta la acumulación de residuos contaminantes por parte de los equipos que han sido dados de baja, específicamente baterías provenientes de UPS que han cumplido su vida útil, las cuales no tienen un manejo especial al momento de desecharlas, aumentando el riesgo profesional al personal responsable de estos residuos.

RECOMENDACIONES

En caso de un reemplazo de baterías, es recomendable que en UPS con pack interno sea tenida en cuenta la marca que contiene el banco original, obteniendo las mismas especificaciones eléctricas, ya que la combinación de marcas reduciría el rendimiento de las mismas, debido a la diferencia de componentes de fabricación. Esto último es útil al momento de aplicar en baterías defectuosas contenidas dentro de un banco externo. Un criterio de reposición corresponde a la valoración de más del 50% de las baterías, si el estado de éstas no cumple con los requisitos necesarios, debe reponerse la totalidad de baterías que componen el banco, y en este momento se podrían reemplazar por aquellas que presentan un mejor comportamiento eléctrico que las suministradas por el fabricante.

Existen cargas que por sus características eléctricas no son aconsejables soportar por una UPS, un caso específico de éstas son la impresoras láser, tal como se mencionó en el Capítulo 6, las cuales al momento de imprimir demandan elevados valores de corriente que pueden afectar los componentes de la UPS, provocando sobrecarga al dispositivo, hecho que afecta su normal funcionamiento. Tal es el caso de las UPS localizadas en las Unidades Académico-Administrativas como Secretaría General y Tesorería, en las cuales fue reportado el mal funcionamiento de las mismas, problema que fue solucionado al desconectar impresoras láser que habían sido conectadas en sus salidas.

En instalaciones donde operan UPS de gran capacidad, es recomendable mantener un ambiente adecuado que favorezca su funcionamiento, tal como se menciona en el Protocolo de Mantenimiento aportado en este proyecto. Un ejemplo de ello, es el caso del CENTIC, cuyos cuartos de operación destinados para UPS y banco de baterías no presentan condiciones de ventilación aceptables para estos dispositivos, disminuyendo la vida útil, debido a las elevadas

temperaturas que se alcanzan en estos cuartos. Por ello se hace necesaria la instalación de sistemas de ventilación complementarios que mantengan las condiciones ambientales propicias para el funcionamiento de estos equipos de soporte de energía. Al mismo tiempo se hace indispensable la implementación de un sistema de bypass externo con el objetivo de realizar labores de mantenimiento sin la necesidad de cortar el suministro eléctrico a las cargas.

Es recomendable poner en práctica los diversos sistemas de monitoreo remoto para equipos de soporte de energía (UPS), basado en las herramientas proporcionadas por el fabricante, dentro de las que incluye un software para el seguimiento de parámetros del equipo, cuyos resultados pueden ser procesados a través de conexiones como cables para puertos RS232 y USB, arrojando resultados veraces con rango de tolerancia aceptable en comparación con los medidos en la caracterización realizada a este dispositivo.

Para brindar un aporte adicional al desarrollo de este proyecto, se debe propiciar su continuidad mediante fases que permitan llevar a cabo la adquisición de equipos e instrumentos de medida que contribuyan a la realización de la mayoría de las pruebas establecidas en la Norma IEC 62040-3, así como también establecer mediciones y estudios profundos que permitan implementar un mejor criterio con respecto a la periodicidad de las visitas programadas incluidas en el Plan de Mantenimiento Preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

KOFFLER, Robin and YATES, Jason. The Power Protection Guide. The desing, installation and operation of uninterruptible power supplies, Riello UPS Manufacturing srl, UK First Edition, 2007.

KIEHNE, H. A. Battery Technology Handbook, Marcel Dekker, INC, Second Edition, Breckerfeld, Germany, 2003.

Norme Internationale / International Standard CEI/IEC 62040-3. Uninterruptible power system (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements, 1999.

International Standard IEC/EN 61000-2-2:1990. Electromagnatic Compatibility (EMC) – Part 2: Environment – Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply system, 1990.

IEEE Standard 1159-1995. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, 1995.

IEEE Standard 100-2000. IEEE The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, Seventh Edition, 2000.

IEEE Standard 450-1995. IEEE Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications, 1995.

NEMA Standards Publication PE 1-2003. Uninterruptible power system (UPS), Specification and Performance Verification, 2003.

RASHID, Muhammad H. Power Electronics Handbook, Academic Press, 2001.

HAYT, William H. A. Análisis de Circuitos en Ingeniería, McGraw Hill, Sexta Edición, 2002.

GONZÁLES B, Carlos R. Principios de Mantenimiento, Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2004.

AMAYA PALACIO, José Alejandro. Memorias de la materia de Instrumentación electrónica. UIS. Bucaramanga, 2007.

PALOMINO GARAVITO, Cristóbal; RAMIREZ RODRIGUEZ, Frey y VILLABONA AGUDELO, Henry Arturo. Fuente De Potencia Ininterrumpida; Diseño Y Construcción. Universidad Industrial de Santander, 1989.

MEDINA, Juan Pablo y SUAREZ MANTILLA, Elber Hernán. Optimización De Fuente Ininterrumpida De Potencia. Universidad Industrial de Santander, 1998.

MANTILLA CEBALLOS, Fernando y MEJIA, Hugo Rojas. Diseño Y Construcción De Una Fuente Sin Interrupción Para Cargas Criticas (U.P.S.). Universidad Industrial de Santander, 1981.

ANEXO A

(Información)

GENERALIDADES DE LA UPS ON-LINE

On-Line es una de las tres topologías de UPS estáticas, definidas dentro de la Norma Internacional IEC 62040-3, que por sus características y ventajas es reconocida como la UPS de mayor demanda al momento de la selección. Dos configuraciones dentro de ésta topología están disponibles, una de ellas basada en transformador y la otra sin él. Ambas conforman una fuente ininterrumpida de energía regulada. Estas difieren en la manera de generar la fuente en DC requerida para sus inversores, y por lo tanto sus etapas de salida. Éstos varían en cuanto a tamaño físico, eficiencia, ruido a la salida, y los niveles de distorsión armónica que ellos pueden generar.

Las UPS On-Line basadas en transformador, tradicionalmente son diseñadas para capacidades desde 8 kVA hasta 800 kVA. Las aplicaciones más comunes para este tipo de UPS tienden a empezar alrededor de 120 kVA. Este tipo de UPS trae consigo un transformador robusto que aísla al inversor de la carga, haciéndolo más aceptable para aplicaciones de mayor demanda como por ejemplo sitios industriales, donde existe un alto grado de ruido eléctrico, pulsos, transitorios, altas tensiones y altas corrientes de corto circuito.

Las UPS On-Line sin transformador, se destaca por tener un diseño más moderno que la anterior y comúnmente viene disponible con capacidades desde 700 VA hasta 120 kVA. Esta configuración ha llegado a ser el estándar para ambientes relacionados con servicios de información. Además, presenta muchas ventajas derivadas del hecho de que esta UPS no tiene un transformador interno, por lo

que tiene una estructura más compacta, ocupa una menor área, genera menos ruido y calor, y sus niveles de distorsión armónica son menores.

Ambas configuraciones están en la capacidad de ser operadas en paralelo con lo que se logra altos niveles de fiabilidad y de oposición a cambios bruscos.

A.1 Configuraciones de la UPS On-Line

A.1.1 UPS basada en Transformador

La etapa de rectificación consta generalmente de un rectificador-cargador que controla la fase y que convierte la fuente en AC (ya sea proveniente de la red o de un generador) en una fuente unidireccional DC con bajo rizado, el cual carga el banco de baterías y alimenta al inversor. El banco de baterías es acoplado al rectificador-cargador a través de un switch.

Uno de los beneficios de poseer una etapa de rectificador- cargador, es que puede proveer un porcentaje de corriente de salida controlada (depende de la carga) para cargar las baterías, lo que es de gran utilidad al momento de tener un gran banco de baterías que requiera un corto tiempo de recarga.

A partir de la energía recibida del rectificador en DC, el inversor genera una fuente en AC, la cual es elevada mediante un transformador para cargas que requieran de mucha potencia. El transformador también tiene como función proteger el inversor de alteraciones de la carga, además de proveer aislamiento galvánico.

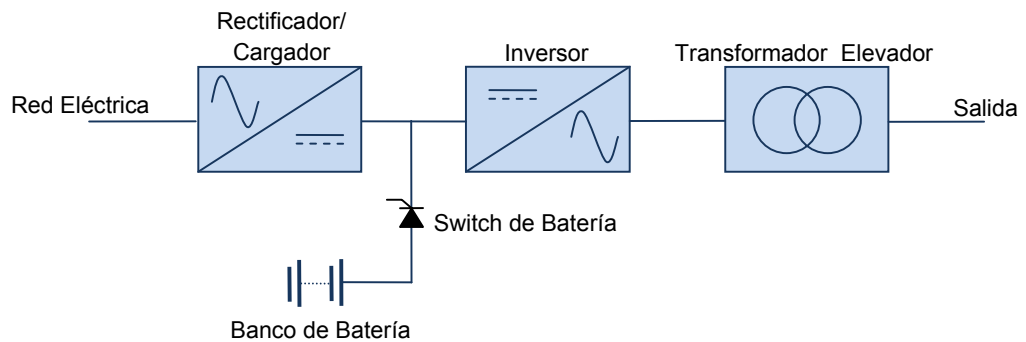


Figura A.1 UPS On-Line Basado en Transformador

A.1.2 UPS sin Transformador

La primera etapa combina un rectificador y un booster/converter³⁶ para generar una fuente en DC que alimente el inversor. Un puente rectificador trifásico no controlado, convierte el voltaje AC en uno en DC.

En la segunda etapa, el inversor toma la energía suministrada por el booster/converter y pasa a un voltaje AC, la que finalmente será suministrada a la carga. En esta configuración no hay presente un transformador elevador, ya que el inversor es abastecido con niveles de voltaje en DC muy altos. Un beneficio adicional de este método de conversión de voltaje es que el rectificador puede operar normalmente cuando es alimentado ya sea por una entrada monofásica o trifásica. Esto puede ser configurado usualmente en instalaciones para sistemas mayores a 20 kVA.

³⁶ Dispositivo usado dentro de la UPS On-Line sin transformador para elevar el valor de la señal de DC proveniente del rectificador o banco de baterías

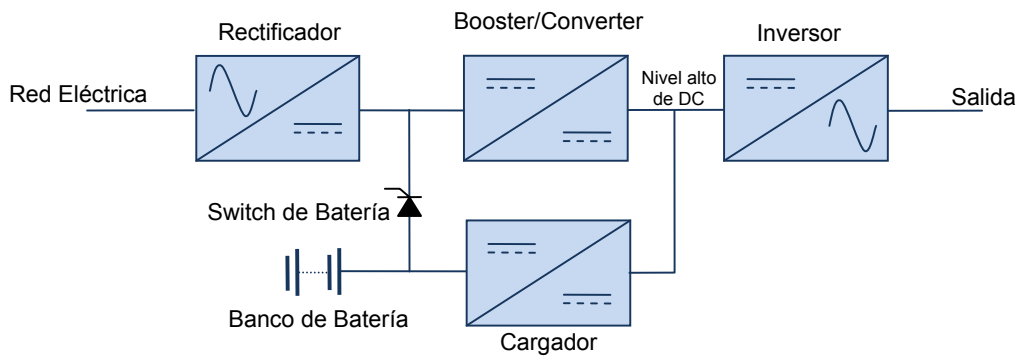


Figura A.2 UPS On-Line sin Transformador

A.2 Rectificadores y Cargadores de Baterías

A.2.1 UPS basada en Transformador

Los rectificadores-cargadores son medidos en términos de la potencia que ellos puedan desarrollar y son clasificados como rectificadores de 6 pulsos (Figura A.3) y 12 pulsos (Figura A.4). El número de pulsos representa al número de tiristores o SCRs, los cuales son usados por el rectificador para controlar los niveles de voltaje de la salida en DC. Los sistemas de UPS mayores a 60 kVA poseen rectificadores de 6 pulsos con la posibilidad de extender a 12 pulsos. Los sistemas mayores a 250 kVA normalmente tienen un rectificador de 12 pulsos para reducir las componentes ondulatorias de la salida e incrementar la frecuencia de las mismas.

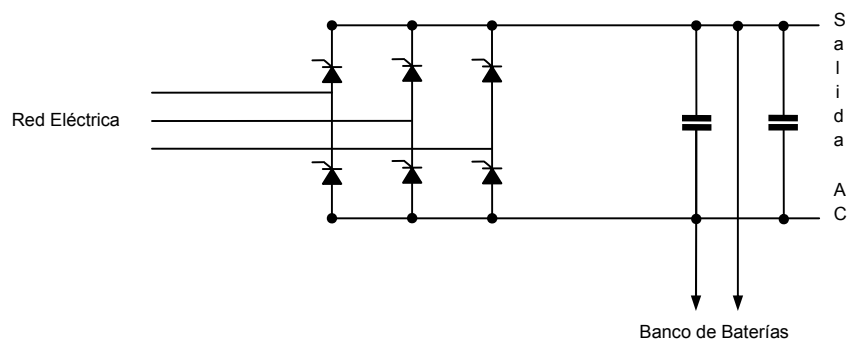


Figura A.3 Rectificador Trifásico de 6 Pulsos

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

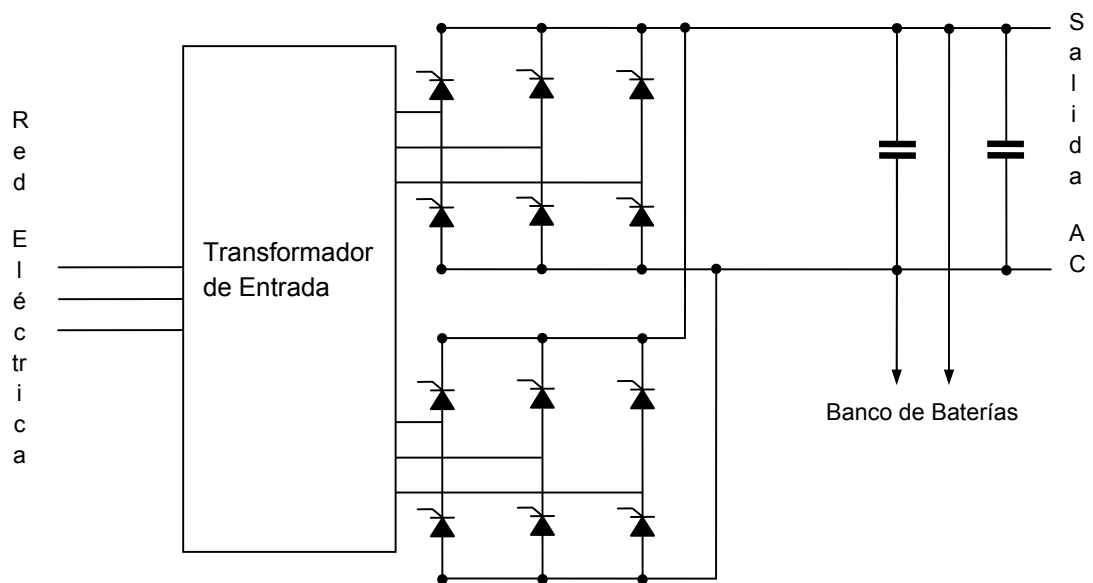


Figura A.4 Rectificador Trifásico de 12 Pulsos

Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

A.2.1 UPS sin Transformador

El rectificador provee la función de alimentar al booster/converter, el cual proporciona energía al inversor y al banco de baterías. La fuente de entrada proveniente de la red eléctrica que va al rectificador, es pasada primero a través de un puente rectificador trifásico no controlado, que convierte el voltaje AC en un voltaje DC unidireccional no regulado. El nivel de este voltaje es determinado por el nivel de voltaje AC, es decir, si el nivel de voltaje AC proveniente de la red sube o baja, también lo hará el voltaje en DC.

El circuito elevador de Punto Medio (Mid Point Booster) mostrado en la Figura A.5 es usado para incrementar la salida del rectificador.

El circuito booster/converter opera usando energía almacenada y transferida principalmente por elementos inductivos (L1 y L2) y componentes capacitivos (C1

y C2). Dentro del diseño del booster/converter, se implementan IGBTs³⁷ que funcionan como interruptores para que los inductores y los capacitores cumplan el proceso de almacenamiento de energía.

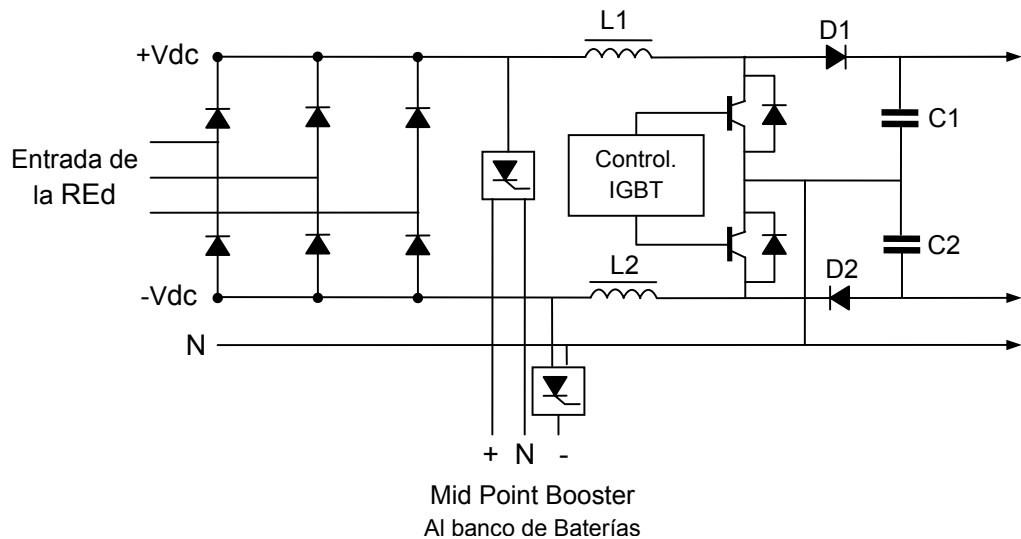


Figura A.5 Circuito rectificador de una UPS sin transformador
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

A.3 Inversores

A.3.1 UPS basada en Transformador

Los diseños de inversores modernos usan la tecnología IGBT en lugar de componentes que funcionan como interruptores tales como transistores de potencia y tiristores. Los IGBTs combinan la velocidad y la alta capacidad de potencia del transistor bipolar con las configuraciones de control de voltaje de un MOSFET.

La Figura A.6 muestra la conexión y funcionamiento del inversor en una UPS basada en transformador. El principio de funcionamiento de este inversor consiste

³⁷ Insulated Gate Bipolar Transistor

en el encendido y apagado de IGBT1 e IGBT2 en forma alterna. Cuando IGBT1 está encendido e IGBT2 está apagado, la salida es máxima (+Vdc) y cuando ocurre lo contrario, la salida es cero.

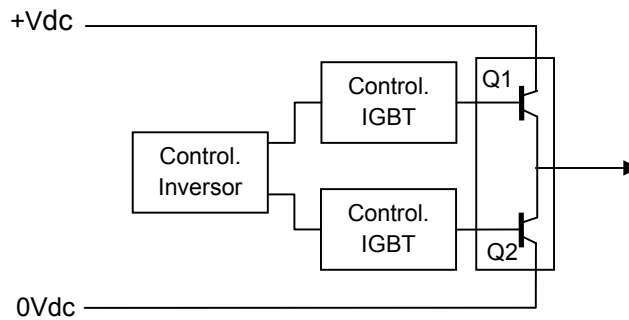


Figura A.6 Circuito Inversor utilizado en una UPS basada en transformador
Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

A.3.1.1 Modulación por Ancho de Pulso (PWM)³⁸

Funciona variando el encendido y apagado periódico de los IGBTs, el voltaje de salida se controla variando el ancho de los pulsos. En la Figura A.7 muestra la relación que existe entre la variación del ancho de pulso y su efecto en la forma de onda senoidal obtenida en la salida.

³⁸ Pulse Width Modulation

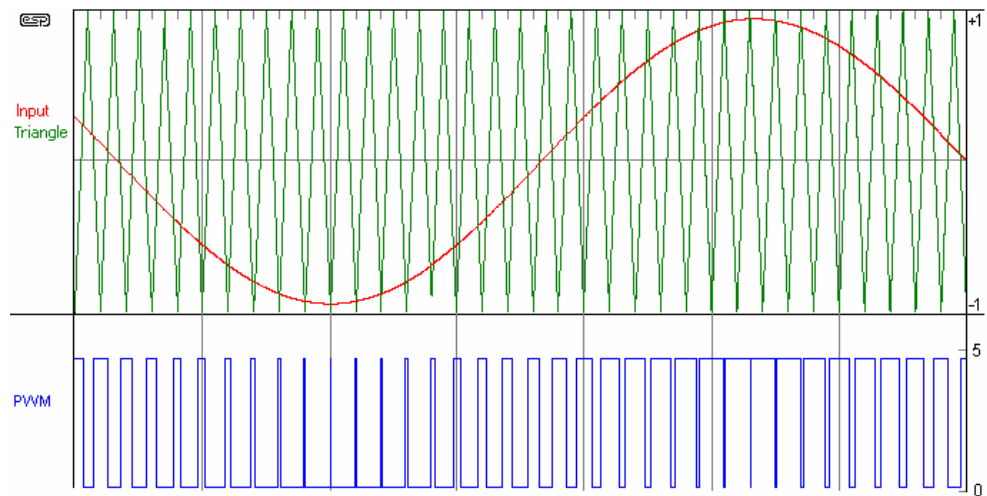


Figura A.7 Ejemplo de modulación por ancho de pulso
 Fuente: <http://sound.westhost.com/>

A.3.2 UPS sin Transformador

En los sistemas de UPS sin transformador la operación del inversor es similar a la descrita en A.3.1, con el adicional que la señal alternará entre valores positivos y negativos con respecto al neutro (Figura A.8).

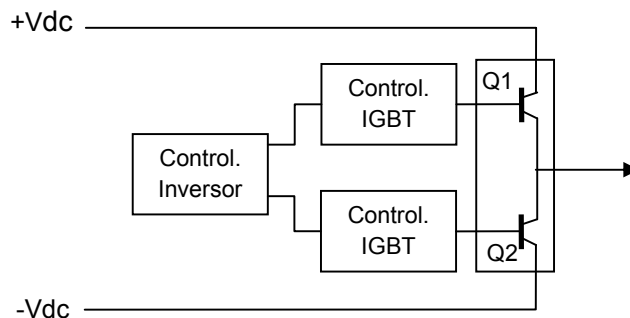


Figura A. 8 Circuito Inversor utilizado en una UPS basada en transformador
 Fuente: Realizado por los autores, basado en The Power Protection Guide

Al igual que el caso anterior, este inversor tiene la capacidad de ser configurado para una modulación por ancho de pulso.

A.4 Comparación entre UPS basada en Transformador y sin Transformador.

A continuación se mostrará una tabla que muestra algunos parámetros que diferencian las dos configuraciones pertenecientes a una UPS On-Line.

Característica	Sin Transformador	Basada en Transformador
Factor de Potencia de Entrada	0.96	0.8/0.9
Distorsión Armónica	$\leq 27\%$	$\leq 30\%$
THD con Filtro Armónico	$\leq 4\%$	$\leq 5\%$
THD con Rectificador	$\leq 3\%$	$\leq 3\%$
Eficiencia del Sistema	$\geq 96\%$	$\geq 93\%$
Nivel de Ruido	50-56dBA	53-62dBA

Tabla A.1 Cuadro comparativo de las principales características de las configuraciones de UPS On-Line

Fuente: The Power Protection Guide

ANEXO B

INVENTARIO DE UPS Y BANCO DE BATERÍAS EN LA UIS

Tabla B. 1 Tabla de Inventario

EDIFICIO	UAA(UNIDAD ACADÉMICO-ADMINISTRATIVA)	INVENTARIO	MARCA	CAPACIDAD
Administración	Rectoría	58429	Powercom	600 VA
	Planeación	62416	Powercom	2 kVA
	Secretaría General	48483	Powerware	1440 VA
		60640	Powercom	1.5 kVA
	Dirección de Contratación y Proyectos de Inversión	64300	Powercom	1.5 kVA
		76291	PEI	2 kVA
	Vice rectoría Académica	58410	Powercom	1.5 kVA
		65994	Powercom	1 kVA
	Sección Tesorería	32135	Deltec	1920 VA
	División Servicios de Información	31969	Deltec	1440 VA
		52135	PEI	3 kVA
		52136	PEI	3 kVA
		58430	Powercom	600 VA
		76280	PEI	10 kVA
		76285	PEI	5 kVA
	INSED 1	INSED	65063	Powercom
69989			Powercom	600 VA
CEDEUIS		65774	Powercom	12 kVA
División de Publicaciones		47846	Powerware	12.5 kVA

EDIFICIO	UAA(UNIDAD ACADEMICO-ADMINISTRATIVA)	INVENTARIO	MARCA	CAPACIDAD
Administración 2	INSED	32138	Tripp Lite	1250 VA
		48466	Powerware	2 kVA
		69988	Ablerex	600 VA
	Relaciones Exteriores	53057	Nicomar	1.5 kVA
	Dirección General de Regionalización	48577	Powercom	600 VA
		56569	Powercom	400 VA
Bienestar Universitario	Sección de Servicios Integrales de Salud y Desarrollo Social	65946	Powercom	1 kVA
Ingeniería Industrial	Escuela de Estudios Industriales y Empresariales	45875	Tripp Lite	1050 VA
		45876	Tripp Lite	1050 VA
		45877	Tripp Lite	1050 VA
		45878	Tripp Lite	1050 VA
		52089	Nicomar	1.5 VA
		52090	Nicomar	1.5 VA
		55688	Powercom	3 kVA
		61547	Powercom	3 kVA
		76811	Tripp Lite	750 VA
Laboratorio de Alta Tensión	Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones	65633	Powercom	1 kVA
		65634	Powercom	3 kVA
CICELPA	Escuela de Química	56263	Powercom	400 VA
Daniel Casas	INSED	65060	Powercom	600 VA

EDIFICIO	UAA(UNIDAD ACADEMICO-ADMINISTRATIVA)	INVENTARIO	MARCA	CAPACIDAD
Edificio Ingeniería Civil	Decanato Facultad Fisico-Mecánicas	61467	Powercom	600 VA
		61468	Powercom	600 VA
		61682	Powercom	400 VA
		81502	Powercom	600 VA
	Escuela de Ingeniería Civil	52168	Powerware	3 kVA
		78921	Powercom	3 kVA
Edificio Ingeniería Civil	Escuela de Ingeniería Mecánica	65776	Powercom	3 kVA
	Escuela de Ingeniería de Sistemas	68910	Tripp Lite	1 kVA
Jorge Bautista V.	Escuela de Geología	62883	Powercom	6 kVA
		65772	Powercom	6 kVA
		81382	Powercom	3 kVA
		82127	Powercom	1 kVA
		83235	Powercom	1 kVA
	Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencias de los Materiales	54829	Powercom	1 kVA
		80899	Powercom	600 VA
	Escuela de Ingeniería de Petróleos	44981	Tripp Lite	1050 VA
Química Laboratorios	Escuela de Ingeniería Química	71426	Powercom	1 kVA
CENTIC	CENTIC	76276	PEI	20 kVA
		76277	PEI	10 kVA
		76278	PEI	10 kVA
		76279	PEI	10 kVA
		76281	PEI	5 kVA

EDIFICIO	UAA(UNIDAD ACADEMICO-ADMINISTRATIVA)	INVENTARIO	MARCA	CAPACIDAD
CENTIC	CENTIC	76282	PEI	5 kVA
		76283	PEI	5 kVA
		76284	PEI	5 kVA
Camilo Torres	Escuela de Matemáticas	63803	Powercom	8 kVA
		63804	Powercom	8 kVA
		65735	Powercom	8 kVA
	Escuela de Química	62433	Powercom	8 kVA
Laboratorios Livianos	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	62412	Powercom	1.5 kVA
		62413	Powercom	1.5 kVA
		62414	Powercom	1.5 kVA
	Escuela de Biología	58843	Powercom	400 VA
		83625	Powercom	600 VA
	Escuela de Física	58939	Tripp Lite	500 VA
		58940	Tripp Lite	500 VA
	Escuela de Matemáticas	48459	Powercom	1 kVA
		55089	Powercom	600 VA
		60325	Powercom	600 VA
		60625	Powercom	600 VA
		60626	Powercom	600 VA
		63805	Powercom	1.5 kVA
		63806	Powercom	1.5 kVA
		78240	APC	3 kVA
Escuela de Química	57332	Tripp Lite	500 VA	

EDIFICIO	UAA(UNIDAD ACADEMICO-ADMINISTRATIVA)	INVENTARIO	MARCA	CAPACIDAD
Laboratorios Livianos	Escuela de Química	58576	Powercom	4.5 kVA
		61630	APC	1 kVA
		61631	APC	1 kVA
		62191	Powercom	1 kVA
	Decanato Facultad de Ciencias	40923	Powerware	80 kVA
		55677	Powerware	1400 VA
Laboratorios de Posgrado	Escuela de Física	48725	Powercom	400 VA
Biblioteca	Biblioteca	31111	Deltec	6 kVA
		57983	Powercom	6 kVA
		57984	Powercom	6 kVA
Ingeniería Mecánica	Escuela de Ingeniería Mecánica	53917	Nicomar	1 kVA
		65775	Powercom	3 kVA
Planta Telefónica	División de Servicios de Información	76640	Powerware	3 kVA
Ciencias Humanas	Instituto de Lenguas	76292	PEI	8 kVA
		84414	Powercom	8 kVA
Auditorio Luis A. Calvo	Dirección Cultural	83184	Powercom	1 kVA
Mantenimiento y Planta Física	División de Mantenimiento Tecnológico	56663	Powercom	400 VA
		60624	Powercom	1 kVA
CENIVAM	Dirección de Investigación Facultad de Ciencias	60693	PEI	3 kVA

ANEXO C

FORMATOS DE MANTENIMIENTO

C.1 Hoja de Vida de UPS y Banco de Baterías



HOJA DE VIDA DE LAS UPS PARA CONTROL DE MANTENIMIENTO/CALIBRACIÓN

PROCESOS RECURSOS TECNOLÓGICOS

EQUIPO UPS	S.N U1060622890	MARCA PEI	MODELO
U.A.A CENTIC	INVENTARIO No. 76277		
VOLTAJE DE ENTRADA 208/120 AC	VOLTAJE DE SALIDA 208/120 AC	CORRIENTE DE SALIDA 27 A ϕ	
POTENCIA 10KVA	THD < 3 %		
FRECUENCIA 60 Hz	FACTOR DE POTENCIA 0.85		
OTRAS DESCRIPCIONES UPS TRUE ONLINE P.W.M; TRIFÁSICA			
BATERÍAS			
MARCA VISION CP 12240	VOLTAJE 12 V	CANTIDAD 12	
CORRIENTE 24 AH	VOLTAJE TOTAL 144 VDC		
USO DEL EQUIPO Respaldo a salas dobles del CENTIC, aproximadamente respalda 55 computadores en el primer piso.			
PERIODICIDAD DE MANTENIMIENTO 6 MESES	CONTACTO DIVISIÓN DE MANTENIMIENTO TECNOLÓGICO		
OBSERVACIONES			

C.2 Informe Técnico de Mantenimiento

INFORME TÉCNICO DE MANTENIMIENTO UPS PROCESO RECURSOS TECNOLÓGICOS

FECHA DE MANTENIMIENTO 25 Mayo de 2008			TIPO DE MANTENIMIENTO Preventivo							
U.A.A. CENTIC			INVENTARIO No. 76277							
INSPECCIONES ELÉCTRICAS			MEDICIONES REALIZADAS							
Transformadores e Inductores	OK x	FAULT	Voltaje de Entrada entre Fase							
Fusibles de Rectificador/Cargador	OK x	FAULT	R - S 227 V	S - T 225 V	T - R 226 V					
Fusibles del Inversor	OK x	FAULT	Voltaje de entrada entre L y N							
Condensadores de DC y AC	OK x	FAULT	R - N 129 V	S - N 130 V	T - N 129 V					
Tarjetas de Control	OK x	FAULT	Corriente de entrada por fase							
Transistores y SCR's	OK x	FAULT	R - N	S - N	T - N					
Switch Estático	OK x	FAULT	Voltaje de salida entre fases							
Cargador de Baterías	OK x	FAULT	R - S 209 V	S - T 206 V	T - R 209 V					
Ventiladores	OK x	FAULT	Voltaje de Salidas entre L y N							
Aseo del Cuarto	OK	FAULT x	R - N 120 V	S - N 120 V	T - N 121 V					
Temperatura del Cuarto	OK	FAULT x	Corrientes de salida							
Otras inspecciones			R 27 A	S 27 A	T 27 A					
			Voltaje total de Baterías 144 VDC							
			Potencia de Salida 10 KVA							
BATERÍAS										
MARCA VISION CP12240	VOLTAJE 12 V		CANTIDAD 12		CORRIENTE 24 AH					
LECTURA DE BATERÍAS (V)	1	12.32	7	12.33	13	19	25	31	37	43
	2	12.36	8	12.34	14	20	26	32	38	44
	3	12.32	9	12.26	15	21	27	33	39	45
	4	12.34	10	12.36	16	22	28	34	40	46
	5	12.31	11	12.32	17	23	29	35	41	47
	6	12.33	12	12.36	18	24	30	36	42	48
OBSERVACIONES										
Se observó la presencia de polvo en el cuarto en donde estaban localizadas las UPS, el cual puede ser causante de fallas en los dispositivos electrónicos que componen la UPS, al mismo tiempo es conveniente hacer mención sobre la temperatura elevada del cuarto los días Domingo.										
HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS										
Multímetro, pinza amperimétrica, destornilladores, llaves para tuercas, aspiradora, linterna, elementos de limpieza, resistencia de prueba.										
TÉCNICO	FECHA DE ENTREGA DE INFORME		REVISÓ							

ANEXO D

(Información)

GENERALIDADES DE LA POTENCIA

D.1 Potencia Aparente – Volt-Ampere (VA)

Volt-Ampere es una unidad de medida de la *potencia aparente* de un dispositivo eléctrico. Una vez conocido, puede ser usada apropiadamente para seleccionar una UPS. Los VA se hallan multiplicando los valores RMS del voltaje (V) y de la corriente (A).

$$\text{Potencia Aparente (VA)} = \text{Volts (V)} \times \text{Amperes (A)} \quad (\text{D.1})$$

Por ejemplo, si un dispositivo eléctrico es conectado a una fuente monofásica de 120Vac y la corriente que consume el dispositivo es de 10A, el resultado la potencia aparente del dispositivo debería ser:

$$\text{Potencia Aparente} = 10 \times 120 = 1200\text{VA} \text{ ó } 1.2\text{kVA}$$

Para una carga trifásica, el cálculo es un poco diferente. Una UPS trifásica de 15kVA proporcionará un máximo de 5kVA por fase, es decir 15/3, bajo condiciones normales. Por tanto, para medir una UPS con carga trifásica, los VA por fase deben ser calculados primero. Entonces los tres valores tienen que ser comparados para tener una potencia aparente relativa distribuida en cada fase. Si este es el caso, la potencia de mayor valor es multiplicada por tres para calcular la capacidad de la UPS. Si las cargas por fase no están bien balanceadas, esta aproximación puede ocasionar un sobredimensionamiento de la UPS. Por ejemplo, si se va a alimentar una carga que tenga 2kVA en la fase uno, 3kVA en la fase dos, y 10kVA en la fase tres, entonces la carga debería ser medida con una potencia aparente total de:

$$3 \times 10\text{kVA} = 30\text{kVA}$$

Sin embargo, si las cargas fueran balanceadas a 5kVA por fase, entonces una UPS de 15kVA debería ser usada.

D.2 Potencia Real – Watts (W)

Los Watts son la unidad de medida de la Potencia Real, es decir, a la *Potencia Activa* disipada por una carga (es lo que consume la componente resistiva de dicha carga). También puede ser usada correctamente para seleccionar la UPS. Ésta es la medida real de consumo por parte de la carga.

Los Watts que consume una componente resistiva de una carga puede ser calculado usando la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia Activa (W)} = \text{Amperes (A)} \times \text{Volts (V)} \quad (\text{D.2})$$

Por ejemplo si una carga con componente resistiva es conectada a una fuente de 120Vac consume una corriente de 10 A, entonces la potencia activa disipada será:

$$\text{Potencia Activa (W)} = 10 \times 120 = 1200\text{W} \text{ ó } 1.2\text{kW}$$

Para una carga trifásica, el cálculo de potencia es un poco diferente. Una UPS trifásica de 30kW, proporcionará un máximo de 10kW por fase bajo condiciones normales.

Para seleccionar una UPS que soporte una carga trifásica en Watts, primero deben ser calculados los Watts por fase, entonces los tres valores tienen que ser comparados para tener una potencia activa relativa distribuida en cada fase. Si este es el caso, la potencia de mayor valor es multiplicada por tres para calcular la capacidad de la UPS. Si las cargas por fase no están bien balanceadas, esta aproximación también puede llevar a un sobredimensionamiento de la UPS, por eso es recomendable antes de realizar una instalación, que las cargas sean redistribuidas de tal manera que queden balanceadas. Por ejemplo, para una carga que tiene 4kW en la fase uno, 6kW en la fase dos y 20kW en la fase tres, la UPS debería ser medida de la siguiente manera:

$$3 \times 20\text{kW} = 60\text{kW}$$

Sin embargo, si las cargas se balancearan a 10kW por fase, entonces una UPS de 30kW sería usada.

Para cargas capacitivas e inductivas, otro elemento que debe ser considerado es el desfase que hay entre las ondas de corriente y voltaje, esto lleva a establecer otro tipo de potencia, la *Potencia Reactiva* (VAr, o Volt-Amps reactivos) que está relacionado con la reactancia de la carga. La Potencia Reactiva es aquella potencia que no es usada por la carga y es retornada a la fuente. Cuando la forma de onda de la corriente está desfasada con respecto a la forma de onda de tensión, la carga está produciendo pérdida de potencia, ya que la cantidad de corriente y de energía suministrada a la carga no se está siendo entregada en su totalidad. Los Watts señalados por una carga capacitiva o inductiva pueden ser calculados teniendo en cuenta el grado en el que las formas de onda de corriente y voltaje están desfasadas una de otra. Esto es mejor conocido como *factor de potencia*.

$$\text{Potencia Activa (W)} = \text{Potencia Aparente (VA)} \times \text{Factor de Potencia (FP)} \quad (\text{D.3})$$

$$\text{Potencia Activa (W)} = (V_{\text{RMS}} \times I_{\text{RMS}}) \times \text{Factor de Potencia (FP)} \quad (\text{D.4})^{39}$$

D.3 El Factor de Potencia

El factor de potencia (para cargas no lineales) es algunas veces referido como *Factor de Potencia de Desplazamiento* o *Factor de Potencia de Fase*. Esta es la relación entre la Potencia Activa (W) y la Potencia Aparente (VA) en un circuito de corriente alterna y corresponde a la diferencia del ángulo de fases entre la forma de onda del Voltaje y la forma de onda de la Corriente. El FP es calculado como un valor decimal o como un porcentaje, es decir, un factor de potencia 0.65 es lo

³⁹ $V_{\text{RMS}} = V_{\text{M}} / \sqrt{2}$; V_{M} : Valor Máximo.

mismo que decir un factor de potencia de 65%. Por lo que los valores van desde 0 a 1 ó 0 a 100% respectivamente.

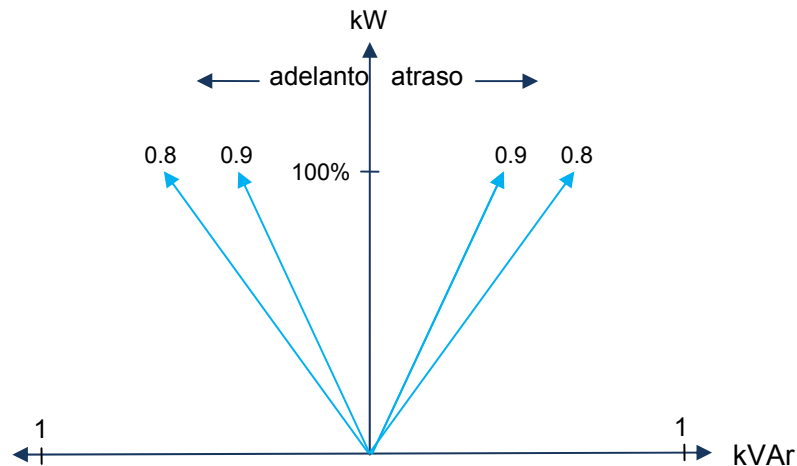


Figura D. 1 Representación gráfica del Factor de Potencia

Para una carga inductiva, donde la corriente está atrasada con respecto al voltaje en un ángulo φ , el factor de potencia resultante debería ser igual a $\cos\varphi$ (donde φ es el ángulo de fase entre la forma de onda de voltaje y la forma de onda de corriente). Por ejemplo, para una fase de 40° , el factor de potencia sería:

$$\cos 40^\circ = 0.766 \text{ ó } 76.6\% \text{ atrasado.}$$

Por convención para una carga inductiva se define una potencia reactiva positiva y para una carga capacitiva una potencia reactiva negativa, o simplemente se dice que el factor de potencia está en atraso o en adelanto respectivamente, ya que el valor del factor de potencia generalmente no se muestra positivo o negativo. El Factor de Potencia puede ser representado en un triángulo de vectores de potencia, como se muestra en la Figura D.2.

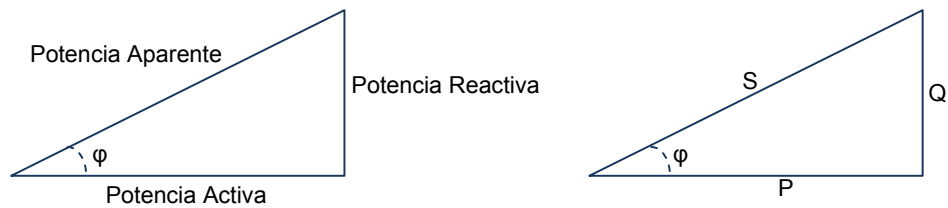


Figura D. 2 Triángulo de vectores de potencia

la

Potencia Reactiva como **Q**, del triángulo de vectores de potencia se observa que:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S} = \frac{W}{VA} = \cos \phi \quad (\text{D.4})$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{D.5})$$

$$VA = \sqrt{W^2 + VAr^2} \quad (\text{D.6})$$

D.3.1 Factor de Potencia en Atraso

Las cargas con Factor de Potencia en Atraso, tienen una forma de onda de corriente en atraso con respecto a la forma de onda del voltaje, por un factor igual a la reactancia de la carga, comprendido generalmente entre 0.5 y 0.95. La Figura D.3 muestra que una carga de 1200VA con un factor de potencia en atraso de 0.766 debería tener una potencia activa de 919.2 W.

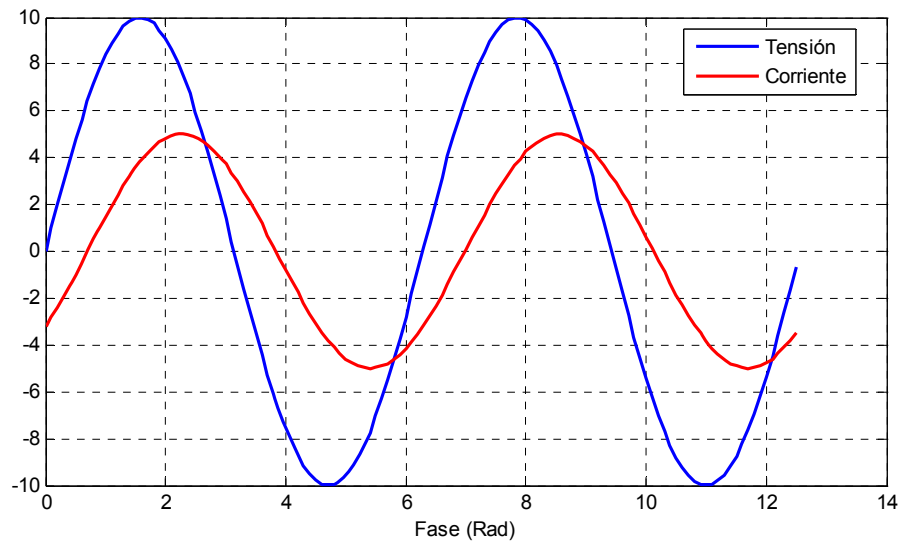


Figura D.3 Carga Inductiva con un factor de potencia de 0.766 (desfase de 40°) en atraso

D.3.2 Factor de Potencia Unitario

Las cargas con Factor de Potencia Unitario tienen tanto la forma de onda de corriente como la de voltaje en fase. La Figura D.4 muestra que una carga de 1200VA con un factor de potencia igual a uno (1), que debería tener una potencia activa iguala 1200W ó 1.2 kW.

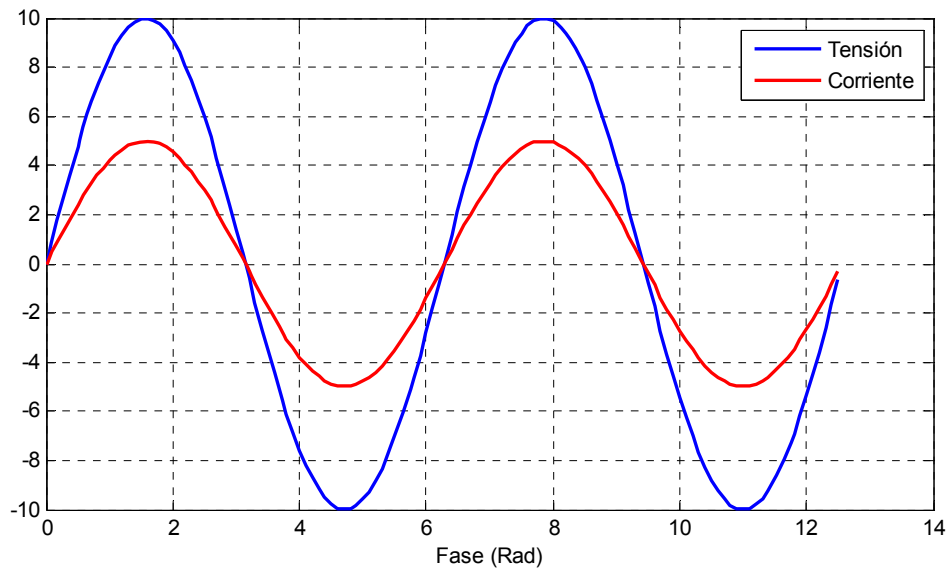


Figura D.4 Carga con factor de potencia unitario (desfase de 0°)

D.3.3 Factor de Potencia en Adelanto

Las cargas con Factor de Potencia en Adelanto tienen la forma de onda de corriente en adelanto con respecto a la forma de onda del voltaje, por un factor igual a la reactancia de la carga, comprendido generalmente entre 0.8 y 0.95. La Figura D.5 muestra que una carga de 1200VA con un factor de potencia en adelanto de 0.766 debería tener una potencia activa de valor 919.2 W.

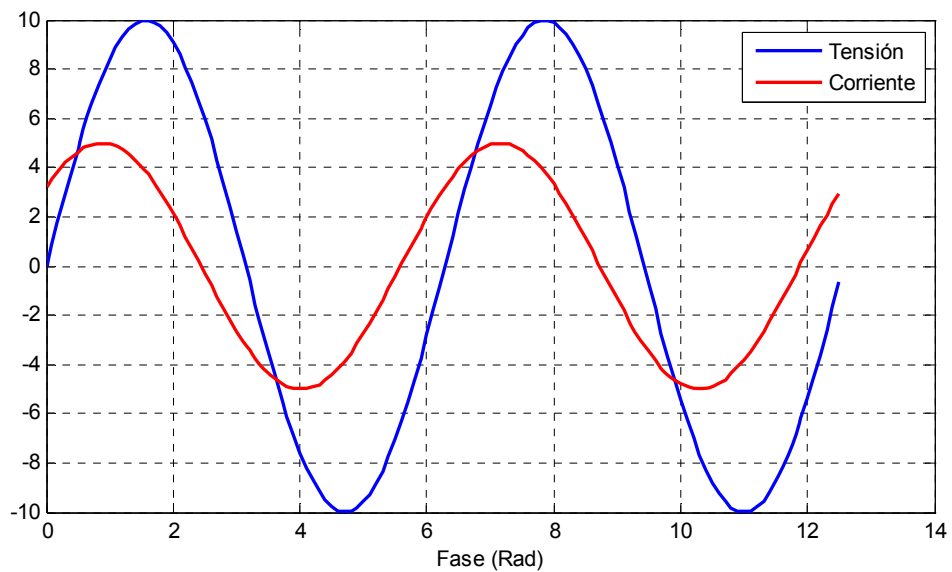


Figura D. 5 Carga capacitiva con un factor de potencia de 0.766 (desfase de 40°) en adelanto

D.4 Efectos de los Armónicos en el Factor de Potencia

Los efectos del factor de potencia y su influencia en la potencia aparente vistos anteriormente solo aplican en sistemas que trabajen solo con la frecuencia fundamental (60Hz en Colombia). Por lo tanto no se toma en cuenta los efectos de los armónicos inducidos en la fuente principal por las cargas, los cuales afectan al factor de potencia y a la vez, a la potencia aparente. Cuando los efectos de los armónicos sí se toman en cuenta, se adiciona una Potencia de Distorsión (D), cuya unidad es VAd y se habla de un Factor de Potencia de Distorsión, que es producido por los armónicos generados por cargas no lineales. Como estos armónicos típicamente no están en fase con la frecuencia fundamental, naturalmente se incrementará la potencia reactiva (potencia sin entregar) y por lo tanto decrece todo el factor de potencia de la carga. Los efectos de la distorsión del FP en el triángulo de vectores de potencia son mostrados en la figura siguiente.

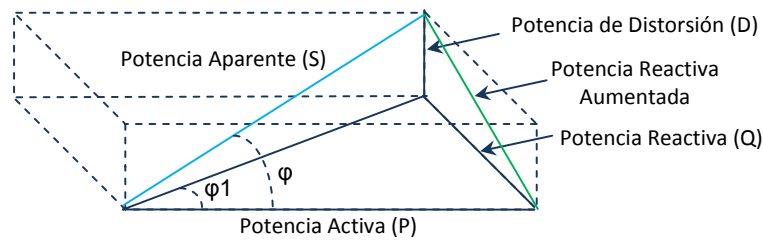


Figura D. 6 Diagrama vectorial de potencia en cargas no lineales

Comparada con la Figura D.2, ahora el triángulo es tridimensional e incluye un vector adicional que representa la distorsión, resultando una nueva potencia aparente y por ende un nuevo factor de potencia. El ángulo ϕ_1 representa el desplazamiento de la fundamental. El Factor de Potencia Real o El Factor de Potencia Total representan un desplazamiento del FP inicial debido a la distorsión, arrojando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{P}{S} = \frac{W}{VA} = \cos \phi \quad (\text{D.9})^{40}$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (\text{D.8})$$

Para cualquier sistema eléctrico, un factor de potencia más alto, equivale a una mayor eficiencia de transmisión de la potencia a la carga y un mejor trabajo de los equipos. En términos de lo discutido anteriormente sobre el factor de potencia, se puede decir que las cargas lineales producen desplazamiento del factor de potencia, y que las cargas no lineales producen una combinación y distorsión del factor de potencia. También se puede decir que las cargas no lineales producen el mayor factor de potencia (cercano a la unidad). Sin embargo el Factor de Potencia Total es bajo debido a la presencia de la distorsión armónica.

⁴⁰ Incluyendo ambos desplazamientos y la componente de distorsión