



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Este capítulo será producto de acuerdo Arias (2006, p.45) de la revisión documental – bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación. Contemplando, generalmente, en las teorías y conceptos relacionados con la investigación, en el cual se da un breve análisis de lo que contiene las bases teóricas, se referencian algunos antecedentes encontrados sobre el capítulo de estudio, y por último se encuentra el sistema de variable .

1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se consultaron diversos trabajos, como soportes para la solución del problema planteado, luego de una exhaustiva revisión bibliográfica y la respectiva lectura de estudios relacionados con la investigación los cuales a continuación se describen:

En primer lugar, se tomó el trabajo de Saucedo y Taxis (2008), basado en “Factores que afectan la calidad de la energía y su solución”. Esta investigación fue realizada en el Instituto Politécnico Nacional Adolfo Pérez Mateos.

Este trabajo tiene como propósito general el estudio de los principales

factores que se deben tomar en cuenta para obtener la mejor calidad de energía eléctrica. Por otro lado se evaluaron todos los parámetros que se incluyen en la calidad de energía, así también todas las ventajas y desventajas que pueden presentarse por estos. Se ha encontrado que la mayoría de los problemas de la calidad de energía están relacionados con problemas internos de las edificaciones, y no con el suministro eléctrico como tal, así como el 90% de los problemas en la calidad de energía son generados violación de normas y disturbios en la energía eléctrica interna.

Por lo que se considera que en general hay dos tipos básicos de problemas en la calidad de la energía que son, los que crean la interrupción de cargas eléctricas o de circuitos enteros y/o los que causan la interacción del equipo eléctrico y el sistema de suministro eléctrico.

La industria de la computación ha desarrollado un modelo de clasificación estándar para categorizar los eventos relacionados a la Energía Eléctrica de Calidad. El modelo estándar más común es el presentado por la “Computer Business Equipment Manufacturing Association” (CBEMA). Clasificando los eventos, se determinarán que tipo de equipos de protección son requeridos para proteger los sistemas y/o equipos.

Los problemas de la calidad de la energía eléctrica pueden ser detectados instalando equipos de medición de alta velocidad para monitorear el “poder eléctrico”. Este tipo de equipo de prueba proveerá información que será usada en una evaluación para determinar si la “calidad” de la energía es óptima y suficientemente buena para operar cualquier equipo confiadamente.

Finalmente llegaron a la conclusión de que los problemas principales que atacan la calidad de la energía eléctrica, dependen de una docena de características claves de la fuente de electricidad, incluyendo la frecuencia y la tensión, pero las características más críticas son el contenido armónico y los transitorios por sobretensión los cuáles son los principales problemas que afectan a la calidad de la energía eléctrica, y a la vez saber más de sus características y cómo prevenirlos.

Este antecedente fue tomando en cuenta puesto que maneja las mismas variables y está desarrollado bajo la misma temática la cual es la calidad de la energía eléctrica en donde se detectó los factores que influyen en la misma.

Por otra parte, se encuentra el trabajo de Alvarado y Gastón (2008), basaron su investigación en la “Calidad de energía eléctrica y el análisis armónico de sistemas eléctricos de potencia”. Este trabajo fue realizado en la Universidad de Texas en Arlington USA. Muestran el estudio y análisis del comportamiento de un sistema eléctrico de potencia bajo los efectos de las corrientes y voltajes armónicos, las fuentes que las originan, sus efecto en los equipos eléctricos y en el sistema, las respuesta del sistema a las distorsiones armónicas, así como las mediciones y estándares para el análisis armónico y las técnicas para su control.

En el estudio experimental primeramente se realizaron investigaciones sobre las distorsiones armónicas las cuales son creadas por cargas no lineales que absorben corrientes en impulsos bruscos en vez de hacerlo

suavemente en forma sinusoidal. Estos impulsos crean ondas de corriente distorsionadas que originan a su vez corrientes armónicas de retorno hacia otras partes del sistema de alimentación.

Este fenómeno se manifiesta especialmente en los equipos provistos de fuente de alimentación de entrada con condensadores y diodos, es decir, ordenadores personales, impresoras y material electrodoméstico. Los armónicos son corrientes o tensiones cuya frecuencia son múltiplos enteros de frecuencia fundamental de la alimentación.

Finalmente, se plantearon posibles procedimientos para la evaluación de las perturbaciones provocadas por una carga no lineal en las fases de planificación, pre-operacional y de operación los cuales permitirán estar al tanto de todas las características que debería tener el sistema eléctrico y no tener muchos problemas en cuanto a la calidad de la energía eléctrica.

Se concluye que en la actualidad, los armónicos son un subproducto de la electrónica moderna, se manifiestan donde hay un gran número de ordenadores personales, motores de velocidad regulable y otros equipos que absorben corriente en forma de impulsos. El tiempo óptimo para la planeación de la calidad de la energía es durante el diseño de construcción; los reajustes son a menudo, costosos e imprácticos.

En este trabajo se tomó como antecedente puesto que se pudo observar la información, desde como inician hasta cómo afecta los armónicos a la calidad de la energía eléctrica; también todos los parámetros importantes que se deben tener en cuenta para evitar y controlar este fenómeno lo cual

tiene relación con esta investigación.

Cabe señalar, la investigación llevada a cabo por Sarmiento y Sánchez (2007), quienes realizaron “Análisis de la Calidad de la Energía Eléctrica y estudio de la Carga”. Trabajo de Grado realizado en la Universidad Politécnica Salesiana. Esta investigación tiene como propósito reducir al máximo los perjuicios del suministro de energía. Con el objeto de evaluar la calidad de suministro de la red e instalaciones industriales, se realizaron y observaron medidas de las perturbaciones a estudiar (armónicos, fluctuaciones de tensión “efecto flicker” y huecos de tensión), en distintos puntos del sistema eléctrico incluyendo el interior de las propias plantas industriales, lo que permitió, entre otras cosas, conocer si se superan los niveles de perturbación permitidos por las normas o recomendaciones.

En todos los casos, los diferentes medidores que se utilizaron sólo proporcionaron constancia de la existencia de un tipo u otro de perturbación y de su valor resultante de la medida, pero no de la causa ni de la relación existente entre el agente perturbador, la topología del sistema y la localización de la carga perturbada.

Se determinó que la definición de “calidad de la energía eléctrica” es relativa, dependiendo de la utilización que le dará el usuario. Es decir, para un usuario residencial la calidad se basa más en la continuidad equilibrada de la energía, mientras que para un usuario industrial será importante tanto la continuidad como la señal de tensión y corriente.

Luego de realizar los estudios sobre la calidad de la energía eléctrica, se

indican ciertas recomendaciones las cuales ayudaron a tener un mejor concepto de los parámetros más importantes que el sistema de monitoreo deberá mostrar, para así disminuir y evitar las fluctuaciones y los armónicos en una instalación de baja tensión.

Este último antecedente se tomó en cuenta puesto que ambos estudios consideran que en la actualidad, la energía eléctrica es de suma importancia para la humanidad y la calidad de la energía es un concepto utilizado para referirse al estándar de calidad los cuales presentan estos estudios posibles soluciones integrales para la administración de la energía y a la vez demuestran parámetros importantes para considerar en el buen desempeño de la misma.

2. BASES TEÓRICAS

A continuación se presenta la estructura teórica en la cual se fundamenta la investigación, sustentada por varios autores.

2.1. SISTEMAS

De acuerdo con Ogata (2004, p.74), define un sistema teóricamente como “una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado, este no es necesariamente físico; el concepto se aplica a fenómenos abstractos y dinámicos tales como una implicación de sistemas físicos, biológicos, económicos, similares”.

Ahora bien, Cuenca y Salt (2005, p.11), un sistema puede definirse como

“un conjunto de partes o entidades que interaccionan y operan a lo largo del tiempo y del espacio, para realizar algún fin lógico o trabajo dado”, los sistemas pueden ser físicos o concretos (una computadora, un televisor, un humano) o puede ser abstracto o conceptual (software), cada sistema existe dentro de otro más grande, por lo tanto un sistema puede estar formado por subsistemas y partes, y a su vez puede ser parte de un súper-sistema.

Así mismo, Cosco (2008, p.41):

Un sistema es un ensamblaje de componentes que proporcionan acciones interrelacionados entre sí, los cuales se caracterizan por poseer parámetros inherentes que los definen y muestran condiciones físicas asociadas. Los parámetros de cada uno de los elementos se les denomina parámetros del sistema y las condiciones físicas de cada componente cambiantes con el tiempo determinan el estado de un sistema en cada momento y se les domina variables del sistema.

Además, los sistemas ayudan al personal a visualizar la información más compleja, a analizar problemas y apoyando a la coordinación y el control de los procesos, esta información a su vez origina tres actividades en el sistema para producir dicha información requerida. Es este sentido se considera que el sistema está compuesto por una serie de elementos, preceptos encontrados de manera ordenada con la finalidad de alcanzar los objetivos establecidos, es importante señalar, que un sistema no se puede trabajar de manera aislada, sino de forma conjunta para lograr los objetivos que se proponen.

De acuerdo a las definiciones descritas anteriormente, se infiere que un sistema se define como una combinación de componentes interrelacionados,

los cuales cumplen una serie de normas o tareas que los conducen al logro de un objetivo determinado, siendo estos componentes tangibles o intangibles establecidos de manera ordenada e integrada, permitiendo así producir y analizar la información requerida sobre los procesos.

2.1.1. TIPOS DE SISTEMAS

Seguendo los criterios de Ogata (2004, p.14), estos se clasifican en los siguientes:

2.1.1.1. SISTEMAS DE CONTROL

A juicio de Ogata (2004, p.25), ejercen una poderosa influencia sobre cada faceta de la vida moderna. Desde los más simples artefactos electrodomésticos hasta los equipos más complejos como los satélites espaciales son algunos de los elementos que dependen de los sistemas de controles.

En un sentido más amplio, el propio, define como un sistema que tiende a mantener una relación preestablecida entre las salidas y la entrada de referencia, la entrada de referencia o la salida deseada es o bien constante o varían con el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado, a pesar de las perturbaciones presente (set-point). La parte de un sistema que va ser controlada se denomina planta o proceso, esta parte es afectada por las señales aplicadas, llamadas entradas, y producen señales de interés llamadas salidas, estos sistemas se

dividen según Ogata (ob.cit) en:

(A) SISTEMA DE CONTROL DE CICLO ABIERTO

Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el enjuague en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada.

En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Observe que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto. Por ejemplo, el control del tránsito mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto

(B) SISTEMA DE CONTROL DE CICLO CERRADO

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de

control en lazo cerrado por lo que en la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. Asimismo, en un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, cuya diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación reducen el error y permiten llevar la salida del sistema a un valor conveniente, lo que implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema

2.2. SISTEMA DE MONITOREO

Un sistema de monitoreo permite la observación de las variables de una forma continua y los cambios que las mismas sufren cuando se ven afectadas por agentes externos, en determinados intervalos de tiempo.

Mejía (2010, p. 282), señala que un sistema de monitoreo

Es aquel que ha sido diseñado para examinar el estado de operación de uno o varios sistemas y detectar la desviación que se produzca con respecto a las condiciones de funcionamiento normal, además de tomar relevancia al momento de supervisar operaciones en situaciones críticas. Para lograr un excelente desarrollo de las variables de debe contar con un conjunto de instrumentos tecnológicos que permitan el análisis adecuado de las variaciones.

Es por ello, que para el desarrollo de un sistema de monitoreo deben implantar equipos sensores, tarjetas de interfaz para la comunicación de los equipos periféricos con la computadora y programas de operación para el funcionamiento del sistema que facilitara la recolección de los datos.

Por otra parte, hace notar que aunque los costos de los equipos son

elevados, todos ellos son justificados cuando se observa la prontitud y exactitud en los resultados obtenidos.

2.2.1. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE MONITOREO

Autores como Meritt (1998, p.17) y Deán (1998, p.22), plantean que los sistemas de monitoreo están compuestos de la siguiente forma:

2.2.1.1. TRANSDUCTORES

Son los encargados de recolectar las señales provenientes de los sistemas monitoreados y traducirlos al formato apropiado requerido por el sistema monitor.

2.2.1.2. UNIDAD DE PROCESO

Es la encargada de comparar las señales tomadas por los transductores y cotejar con los almacenados como referencia de límites normales de operación. También es el encargado de tomar las acciones pre-programadas de alarmas cuando las señales provenientes de los transductores sobrepasan los parámetros prefijados de operación manual.

2.2.1.3. UNIDAD DE SALIDA

Son los dispositivos mediante los cuales los sistemas de monitoreo van a presentar la información, bien sea de operación normal o de alarma, estos dispositivos suelen ser lámparas, impresoras, pantalla de video, dispositivos

sonoros como timbres o sirenas, entre otros.

2.2.1.4.- UNIDAD DE PROGRAMACIÓN

Son aquellos mecanismos por medio del cual es programado el sistema monitor, pueden ser terminales de datos, soporte de intercable por tarjeta (finware), unidades de disco, entre otros.

2.3.- SISTEMA DE REGISTRO (ADQUISICIÓN DE DATOS)

Según Coupeao (2005, p.12), acota que el concepto básico:

Agrupar la información asociada a un elemento de un conjunto, y está compuesto por campos. Así por ejemplo, un registro correspondiente a un libro no es más que un elemento de un conjunto: biblioteca, elenco bibliográfico, etc.

A su vez, ese registro contiene toda la información asociada al libro, clasificada en campos: título, autor, fecha de edición.

Se puede hablar de propiedades características o campos característicos, y propiedades secundarias o campos secundarios según definan o complementen el elemento representado por el registro.

2.3.1. TIPOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Coupeau (2005, p. 57), expresa que existen dos tipos:

2.3.1.1. ANALÓGICOS

Son aquellos que manejan la información directa (analógicas) y es

definido como una función continua, tal como una gráfica de voltaje vs tiempo o desplazamiento vs tensión. Un sistema como esta usualmente está conformado por los siguientes elementos:

(A) CONVERSIÓN ANALÓGICO - DIGITAL

Se basan en la conversión de un código binario en un voltaje analógico. Consiste además en tomar señales que se requiere convertir y obtener el valor instantáneo en una ponderación digital.

(B) DISPOSITIVO VISUAL DE PANTALLA

Permite monitorear continuamente las señales de entrada. Este dispositivo puede contener monitores CTR, impresiones en papel, dispositivos de visualización numérica entre ellas.

(C) INSTRUMENTOS DE REGISTRO GRÁFICO

Son registros permanentes, obtenidos de los datos de entrada que incluyen registros distinto, provenientes de registros continuos o registros gráficos, sistema de registro ópticos, entre otros.

(D) CINTAS MAGNÉTICAS Y MEDIOS DE ALMACENAMIENTO MASIVO DE INFORMACIÓN

Permiten ir adquiriendo todos los datos de entrada, apresurando de forma eléctrica original a ir reproduciendo con periodos largos para el mejor

razonamiento de análisis.

2.3.1.2. DIGITALES

En los sistemas de adquisición de datos digitales se puede decir que son aquellos que se conforman por una entrada de números discretos y de pulso continuo cuya relación de tiempo contiene información de la magnitud de la señal. Estos sistemas manejan más información que los sistemas analógicos y se componen de los siguientes elementos:

(A) ACONDICIONADORES DE SEÑAL

Generalmente incluidos en los circuitos asociados a los transductores y pueden contener filtros, amplificadores en donde cada aplicación de medida hace uso de múltiples sensores cuya salida eléctrica depende de factores varios como el rango de temperatura de trabajo, la frecuencia de respuesta, precisiones requeridas, y la mayoría de estos sensores necesita un sistema capaz de acondicionar la señal antes que esta sea registrada por un sistema de adquisición de datos.

Asimismo, el acondicionamiento de señal previo a la adquisición de los datos supone la linealización de la señal, el filtrado de la misma, la amplificación de la salida eléctrica, dependiendo del tipo de sensor en uso y de la tecnología del mismo deberemos enfocarnos en una u otra solución desde el punto de vista tecnológico y económico para cada aplicación determinada.

(B) CONVERTIDOR DE SEÑAL

Traducen una señal analógica de forma aceptable para el convertidor analógico digital y una de sus aplicaciones es amplificar voltajes bajos generados por termopares o galgas extensiométricas.

(C) CONVERTIDOR ANALÓGICO-DIGITAL

Una señal analógica se expresa como un número binario apropiado para procesamientos por computadora, asignando peso a cada posición de bits, a la vez es un dispositivo electrónico capaz de convertir una entrada analógica de voltaje en un valor binario, donde se utiliza en equipos electrónicos como computadora, grabadores de sonido y de vídeo, y equipos de telecomunicaciones, la señal analógica, que varía de forma continua en el tiempo, se conecta a la entrada del dispositivo y se somete a un muestreo a una velocidad fija, obteniéndose así una señal digital a la salida del mismo.

(D) REGISTRO DIGITALES

Este es el tipo de registro usado por la mayoría de sistemas de adquisición monitoreo, se encarga de almacenar datos en dispositivos como disco duros, memorias, CD-ROM, entre otros y con la capacidad de almacenar y procesar mucha información que al servidos le es necesario.

En resumen, los sistemas de adquisición de datos bien sea analógicos o digitales forman parte primordial de un sistema de supervisión, ya que son

los encargados de adquirir, procesar y visualizar los datos que conforman los sistemas en proceso de industrias

2.4. CALIDAD DE ENERGÍA

Según el Reglamento de la Ley de Servicio Eléctrico dicta el reglamento de la República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Energía y Minas, despacho del ministro Caracas, 18.11.2003 N° 308 193° y 144° en la resolución de conformidad con lo establecido en el numeral 15 del artículo 17 y en el artículo 102 de la Ley Orgánica del Servicio Eléctrico, en concordancia con lo dispuesto en los artículos 24 y 129 del Reglamento General de la Ley del Servicio Eléctrico, este Ministerio en uso de las atribuciones conferidas a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, dicta el siguiente en el artículo 7 la calidad del servicio.

El usuario tendrá derecho a recibir el servicio eléctrico de acuerdo con lo establecido en las Normas de Calidad del Servicio de Distribución de Electricidad, en caso de incumplimiento por parte de La Distribuidora, ésta deberá abonar los créditos correspondientes producto de las sanciones.

Ahora bien, a través las investigaciones realizadas por Sánchez (2006, p.33), la calidad de energía puede definirse como “una ausencia de Interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico”.

Así mismo, se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan.

Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Se entiende cuando la energía eléctrica es suministrada a los equipos y dispositivos con las características y condiciones adecuadas que les permita mantener su continuidad sin que se afecte su desempeño ni provoque fallas a sus componentes.

No obstante, existe un problema de calidad de la energía eléctrica cuando ocurre cualquier desviación de la tensión, la corriente o la frecuencia que provoque la mala operación de los equipos de uso final y deteriore la economía o el bienestar de los usuarios; asimismo cuando ocurre alguna interrupción del flujo de energía eléctrica, los efectos asociados a problemas de calidad de la energía son:

- Incremento en las pérdidas de energía.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial
- Incremento del costo, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad y del confort.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. Para aumentar la competitividad las empresas requieren optimizar su proceso productivo mediante:

- Usando equipos de alta eficiencia como motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatizando sus procesos mediante dispositivos electrónicos y de computación (micro controladores, computadores, PLC, etc.).
- Reduciendo los costos vinculados con la continuidad del servicio y la calidad de la energía.
- Reduciendo las pérdidas de energía.
- Evitando los costos por sobredimensionamiento

Evitando el envejecimiento prematuro de los equipos, la proliferación de equipos de control y automatización han aumentado los problemas de confiabilidad en la producción. Pues los equipos electrónicos son una fuente de perturbaciones para la calidad de la energía eléctrica pues distorsionan las ondas de tensión y corriente.

Por otro lado, los equipos de control y automatización son muy sensibles a distorsión o magnitud de la onda de tensión por lo que una variación en la calidad de la energía eléctrica puede ocasionar fallas que paralicen la producción ocasionando tiempo perdido y costos de producción inesperados.

2.4.1. VARIABLE DE MEDICIÓN

Dentro de las variables de medición según Sadiku (2004, p.55), donde sostiene las siguientes definiciones de parámetros como lo son:

2.4.1.1.- VOLTAJE

Sadiku (2004, p.08), se conoce como tensión o diferencial de potencial. La tensión V_{ab} entre dos puntos a y b en un circuito eléctrico es la energía necesaria para mover una carga unitaria desde a hasta b ; matemáticamente, $V_{ab} \triangleq \frac{dw}{dq}$ (1) Donde w es la energía en joules (J), y q es la carga en columbs (C). la tensión V_{ab} o simplemente V , se mide en volts (V).

$$1 \text{ volts} = 1 \text{ joule/columb} = 1 \text{ newton-metro/columb}$$

Así, tensión (o diferencial de potencial) es la energía requerida para mover una carga unitaria a través de un elemento, medidas en voltios (v).

(A). FLUCTUACIONES DE VOLTAJE (FLICKER)

Según el Reglamento de la Ley de Servicio Eléctrico dicta el reglamento de la República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Energía y Minas, despacho del ministro Caracas, N° 225 194° y 145 °, de conformidad con lo establecido en el Artículo 102 de la Ley Orgánica del Servicio Eléctrico, en concordancia con el numeral 14 del Artículo 17 de la misma Ley y los Artículos 99 y 132 de su Reglamento General, este Ministerio en uso de las

atribuciones conferidas a la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, dicta las siguientes: Son cambios de pequeña amplitud en los niveles de tensión ocurridos a una frecuencia menor de los 25 Hertz, originados por variaciones rápidas de carga que causan fluctuación de la luminancia.

No obstante, son el nivel de referencia para Fluctuaciones Rápidas de Tensión, se establece mediante el Índice de Severidad (Pst) de la fluctuación rápida de tensión de corta duración, el cual no debe sobrepasar el valor $Pst=1$, definido como el umbral de irritabilidad asociado a la fluctuación máxima de luminancia que puede ser soportada sin molestia.

El valor del Pst admisible para Puntos de Suministro de redes de Baja, Media y Alta Tensión, no puede exceder el cinco por ciento (5%) del Período de Medición. Estas mediciones se realizarán en forma simultánea con las de niveles de tensión y las de distorsión armónica.

Para la fiscalización de la fluctuación rápida de tensión, se medirá el Índice de Severidad presente en los Puntos de Suministro seleccionados de forma aleatoria en el Municipio, para las Campañas de Medición.

(B) SOBRE VOLTAJE (SWELL)

Saucedo y Taxis (2008, p. 49), expresan que es un incremento temporal en el valor RMS del voltaje de más de 10% del valor nominal que ocurre a la frecuencia fundamental en duración de 0.5 ciclos por 1 minuto. Los swells son causados regularmente por un decremento rápido de la carga tal y como sucede cuando un calentador eléctrico se apaga.

(C) BAJO VOLTAJE (SAGS)

Son decrementos en el voltaje o corriente que ocurren a la frecuencia fundamental con magnitudes entre los 10% y 90% del valor nominal que duran 0.5 ciclos por 1 minuto, estos son normalmente causados cuando cargas pesadas tales como motores son puestos en operación. Estas cargas tienen corrientes de arranque de seis a diez veces su corriente nominal por lo que llegan a afectar la señal del voltaje.

(D) NOTCH

Es un disturbio periódico en la forma de una onda del voltaje causado por la operación normal de aparatos electrónicos cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Ya que estos ocurren continuamente, ellos pueden ser caracterizados a través del espectro armónico de la señal de voltaje afectada, sin embargo ya que las frecuencias asociadas con este efecto son bastantes altas y no pueden ser fácilmente caracterizadas con el equipos de medición normalmente usado para para análisis de armónicas el notching es tratado como un caso especial.

(E) INTERRUPCIONES

Una interrupción ocurre cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no excede un minuto, las cuales pueden ser el resultado de fallas en el sistema, equipos

averiados o debidas al mal funcionamiento de los sistemas de control que se caracterizan por su duración ya que la magnitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal.

El cierre instantáneo generalmente limita la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. La duración de una interrupción motivada por el funcionamiento indebido de equipos o pérdidas de conexión es irregular

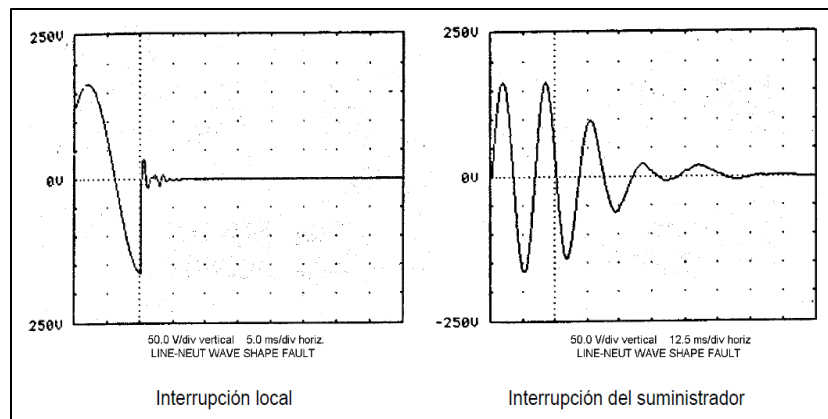


Figura 1. Interrupciones.
Autor: Cazco, Castelli (2011).

2.4.1.2. CORRIENTE

Sadiku (2004, p. 06), expresa que la corriente es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiempo, medida en amperes (A).

Matemáticamente, la relación de la corriente i , la carga q y el tiempo t es:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2)$$

donde:

La carga es una propiedad eléctrica de las partículas atómicas de las que se compone la material, medida en coulombs (C).

Ahora bien, la corriente se mide en amperes (A), y

$$1 \text{ Ampere} = 1 \text{ coulomb /segundos}$$

La carga transferida entre el tiempo T_1 y T_2 se obtiene integrando ambos miembros de la ecuación (1). Se obtiene

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} i \, dt \quad (3)$$

La forma en que se define la corriente como i en la ecuación (1) indica que no es lo necesario que la corriente no sea una función de valor constante, pueden haber varios tipos de corriente; es decir, la carga puede variar con el tiempo de diversas maneras.

Una corriente directa (cd), es una corriente que permanece constante en el tiempo.

Una corriente alterna (ca), es una corriente que varía senoidalmente con el tiempo.

Una vez definida la corriente como el movimiento de cargas, es de esperar que la corriente tenga una dirección asociada al flujo. Como ya se mencionó, por convención se considera que la dirección de flujo de la corriente es la dirección del movimiento de la carga positiva.

2.4.1.3. POTENCIA

Sadiku (2004, p.11), expresa que es la variación respecto del tiempo de

entrega o absorción de la energía medida en watts (W).

Es la relación se escribe como

$$P = \frac{W}{t} \quad (4)$$

Donde P es la potencia, en watts (W); w es la energía, en joules (J), y t es el tiempo, en segundos (s). de las ecuaciones (1), (3), (4) se desprende que

$$P = \frac{W}{t} = \frac{W}{t} \cdot \frac{t}{t} \quad (5)$$

ósea;

$$P = \frac{W}{t} \cdot \frac{t}{t}$$

La potencia p en la ecuación (6), es una cantidad que varía con el tiempo y se llama potencia instantánea. Así la potencia absorbida o suministrada por un elemento es el producto de la tensión entre los extremos del elemento y la corriente a través de él.

2.4.1.4.- FACTOR DE POTENCIA

El FP es un parámetro regulado que permite conocer la relación que existe entre la potencia reactiva desarrollada por la carga respecto a la potencia real consumida por la misma; en consecuencia se pretende que la potencia proporcionada por el proveedor, de la energía eléctrica, potencia aparente S , sea utilizada para evitar el regreso de potencia a la fuente, debido al efecto reactivo a la carga.

Dicha relación por norma debe ser mayor a 0.9 y menor a 1.0, que corresponde a un ángulo de desfase entre la corriente y la tensión.

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \quad (6)$$

2.4.1.5. VALOR EFICAZ RMS

Es la manera estándar de medir el nivel de una onda sinusoidal. El valor rms es el valor equivalente al de una señal constante (DC) que desarrollaría la misma potencia media “P” en un resistor “R” de referencia. En potencia los niveles de voltaje (y la corriente) se miden en RMS: Hay tres tipos de variaciones de RMS: sag, swell e interrupción.

2.4.1.6.- DISTORSION ARMONICA

Según Guzmán (2007, p. 29), expresa que los armónicos provienen del teorema de Fourier y define que bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones sinodales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo periodo y frecuencia que la función original y el resto serán funciones sinodales cuya frecuencia son, múltiplo de la fundamental. Estas componentes son denominadas armónicas de la función periódica original.

Las ondas simétricas contienen únicamente armónicas impares mientras que para ondas asimétricas existen armónicos pares como impares.

Con respecto a esto, en un sistema de potencia eléctrica, los aparatos y

equipos que se conectan a él, tanto por la propia empresa como por los clientes, están diseñados para operar a 60 Hz (Continente Americano), con una tensión y corriente sinodal. Por diferentes razones se puede presentar un flujo eléctrico a otra frecuencia de 60hz sobre algunas partes del sistema de potencia o dentro de las instalaciones de un usuario. La forma de onda existente está compuesta por un número de ondas sinodales de diferentes frecuencias, incluyendo una referida a la frecuencia fundamental.

El termino componente armónico o simplemente armónico, se refiere a cualquiera de las componentes sinodales mencionadas previamente la cual es un múltiplo de la fundamental. La amplitud de los armónicos es generalmente expresada en porciento de la fundamental. Los armónicos se definen habitualmente con los dos datos más importantes que les caracterizan, que son:

Su amplitud: hace referencia al valor de la tensión o intensidad del armónico.

Su orden: hace referencia al valor de su frecuencia referida a la fundamental (60 hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia tres veces superior a la fundamental, es decir $3 * 60\text{hz} = 180 \text{ hz}$.

Cualquier fenómeno periódico puede ser representado por una serie de Fourier:

$$s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{2} \cos(n\omega t) + \frac{b_n}{2} \sin(n\omega t) \quad (7)$$

donde:

Y_0 es la componente de corriente directa, la cual es generalmente cero en sistema eléctrico de distribución.

Y_n = valores RMS de la componente armónica

ϕ_n = Ángulo de fase de la componente armónica cuando $t=0$

Los armónicos por encima del orden 23 son despreciables.

La cantidad de armónicos es generalmente expresada en término de su valor RMS dado que el efecto calorífico depende de este valor de la onda distorsionada. Para una onda sinodal, bajo condiciones de estado estable, la energía disipado por el efecto JOULES es la suma de las energías disipadas por cada una de las componentes armónicas:

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} I_n^2 R \quad (8)$$

donde:

$$I_n = \frac{V_n}{Z_n}$$

O también: $P = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{V_n^2}{Z_n}$, (suponiendo que la resistencia se tome como una constante), este cálculo permite intuir una de los principales efectos de los armónicos que es el aumento de la intensidad eficaz que atraviesa una instalación debido a las componentes armónicas que lleva asociado una onda distorsionada. El porcentaje de armónicos y la distorsión total armónica cuantifican la disturbancia armónica que puede existir en un red de suministro eléctrico.

La tasa de armónicos o por ciento de armónicos, expresa la magnitud de cada armónico con respecto a la fundamental. La distorsión total armónica (THD), cuantifica el efecto térmico de todos los armónicos.

2.4.1.7. PUESTA O TOMA A TIERRA

Sucedo y Taxis (2008, p.109), acotan que:

El tratamiento de la puesta a tierra de las instalaciones eléctricas con frecuencia a un supuesto un reto para su solución, dado que son elementos que tienen contacto con algo tan variable, y muchas veces impredecibles, como es la propia naturaleza. Ello ha llevado a buscar soluciones, muchas veces empíricas, y pocas veces basadas en modelos ajustados a las circunstancias reales.

Por ello, uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en la sub estaciones y edificios era de disponer de una red de tierras adecuadas a la cual se conectan los neutros de los aparatos, los aparta rayos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metálicas que deban estar a potenciales de tierra.

Teniendo como objetivo principal dar seguridad al personal, proteger el equipo y mejorar la calidad del servicio, tanto en condiciones de funcionamiento normal como en falla en el sistema.

Hay que resaltar que el objeto principal de la puesta a tierra es delimitar la tensión de cualquier elemento respecto a tierra. Recordando que desde el

punto de vista eléctrico, los accidentes se pueden reducir o eliminar disminuyendo la tensión, aminorando el tiempo de contacto con materiales en tensión.

Con la puesta a tierra se disminuyeron esos riesgos , pues se evita que las masas metálicas se pongan en tensión al tenerlas conectadas a tierra, en la actualidad se están teniendo mayores cuidados en el diseño de las redes de tierra, ya que el uso generalizado de los sistemas de cómputo y comunicaciones, no se pueden permitir elevaciones de potencial, ya que en el caso de un sistema de cómputo, un impulso de sobre tensión se puede transmitir como una dato erróneo, lo cual puede ser más perjudicial que si dañara el equipo.

2.4.1.8. DISTURBIO

Son perturbaciones que se pueden presentar en cualquier sistema eléctrico tanto en magnitud y frecuencia distintas a los valores fundamentales (60 Hz).

Estas perturbaciones se manifiestan como sobre voltaje, bajo voltaje, impulsos transitorios, distorsión, ruido, etc. Los disturbios tienen dos tipos de orígenes, los externos y los internos al sistema eléctrico. Los disturbios de origen externo son los producidos por las descargas atmosféricas (rayos) en las líneas eléctricas, contactos incidentales entre dos líneas eléctricas principales.

Los de origen interno, son producidos por la operación de dispositivos de desconexión, conmutación electrónica, arranque de motores entre otros.

2.4.1.9. TRANSITORIO

Es un disturbio que ocurre en la forma de onda de CA, con una duración inferior a medio ciclo que es evidente por la abrupta discontinuidad que presenta. Puede ser de cualquier polaridad y puede ser aditiva o sustractiva a la onda nominal

2.4.1.10. RUIDO

Se considera como ruido las señales eléctricas no deseadas que producen efectos indeseables en los circuitos de control en los que se presentan y que incluyen el equipo electrónico sensible en su totalidad o en algunas de sus partes. El ruido es una señal eléctrica indeseable con un contenido espectral inferior a 200 KHz, superpuesto a la tensión o a la corriente del sistema en los conductores de las fases o en los conductores neutros o líneas de señales. Pueden ser causado por dispositivos de electrónica de potencia, circuitos de control, equipos de arco, cargas con rectificadores de estado sólido y fuentes conmutadas.

2.5. INSTALACIONES DE BAJA TENSION

La Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), establece las reglas mínimas para la instalación segura de conductores y equipos, hace

referencia a la baja tensión se tiene como un nivel de menor o igual que 600volt. De estas evidencias, COVENIN tiene como normas las siguiente con respecto a baja tensión.

Artículo 110-16. Espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico en tensiones nominales de 600 V o menores. Se proveerá y mantendrá acceso y espacio de trabajo alrededor de todo equipo eléctrico, con el objeto de permitir una rápida y segura manipulación y mantenimiento del equipo. Con excepción de lo requerido o permitido en otras partes de este Código, las dimensiones del espacio de trabajo en la dirección del acceso a las partes activas de no más de 600 Volt nominal y que puedan necesitar inspección, ajuste, servicio o mantenimiento bajo tensión, no serán menores que las indicadas en la Tabla.

**Tabla 1.
TENSIONES**

Tensión nominal a tierra Volt	Condiciones Distancia libre mínima (m)		
	1	2	3
0 - 150	(m) 0,9	(m) 0,9	(m) 0,9
151-600	0,9	1	1,2

Fuente: COVENIN (2000).

2.5.1. ESPACIOS LIBRES DE TRABAJO

El espacio de trabajo requerido por esta sección no se utilizará para almacenamiento. El espacio de trabajo, cuando esté en un pasillo, pasadizo o en un espacio general abierto, se resguardará de manera adecuada en

aquellas ocasiones en que las partes activas normalmente cubiertas, se destapen para inspección o mantenimiento.

Artículo 110-17 Resguardo de las partes activas. (600 Volt. nominal o menor). Partes activas Resguardadas contra contacto accidental. Con excepción de lo requerido o permitido en otra parte de este código, las partes activas de equipos eléctricos que trabajen a 50 Volt, o más, serán resguardadas contra contactos accidentales.

Artículo 110-18 Partes que producen arcos. Las partes de equipos eléctricos que en funcionamiento normal producen arcos, chispas, llamas o metal fundido, estarán encerradas, o separadas y aisladas de cualquier material combustible.

Artículo 110-19 Luz y fuerza tomadas de conductores en sistemas de rieles. Los circuitos para alumbrado y fuerza no deberán conectarse a ningún de rieles con retorno por tierra

Artículo 110-21 Identificación. En todo equipo eléctrico se indicará el nombre del fabricante, la marca de fábrica o cualquier otra señal descriptiva que permita la identificación de la empresa responsable por el producto. Se proveerá también otras marcas especificando la tensión, intensidad de corriente, potencia y otros valores nominales que requiera este Código. La identificación será lo suficientemente resistente para soportar el efecto de las condiciones ambientales.

Artículo 110-22 Identificación de los medios de desconexión. Cada medio de desconexión requerido por este Código para motores y artefactos, y cada

acometida, alimentador o circuito ramal en el punto donde se origina, estará marcado claramente, indicando su uso, a menos que esté ubicado y dispuesto de tal manera que el propósito sea evidente.

La marca será de suficiente durabilidad para resistir el ambiente que lo rodea. Cuando un interruptor automático o un fusible formen parte de una combinación en serie, la cubierta del equipo será marcada para indicar que el equipo ha sido utilizado con la combinación en serie la marca debe ser claramente visible.

2.6. MICROCONTROLADORES

Por otra parte, Palacio (2004, p.135), también afirma que cuando se define un microcontrolador se puede decir que:

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, como el control de una lavadora, un teclado de ordenador, una impresora, un sistema de alarma para esto, el microcontrolador utiliza muy pocos componentes.

Un sistema con microcontrolador debe disponer de una memoria donde se almacene el programa que gobierna el funcionamiento del mismo que una vez programado y configurado, solo sirve para realizar la tarea asignada.

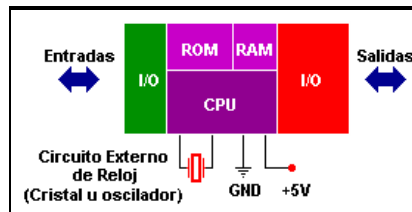


Figura 2. Microcontrolador "Circuito Externo de Reloj"
Fuente: Palacio (2001)

2.6.1. MEMORIA

Los PICs, al estar contruidos con arquitectura Harvard, poseen dos bloques de memoria distintos, una para la memoria de programa y otra para la de datos.

Estas dos memorias son independientes entre ellas teniendo tamaño y longitudes de palabra distintas. Cada bloque posee su propio bus, de tal forma que el acceso a cada uno puede producirse durante el mismo ciclo del oscilador.

2.6.1.1. MEMORIA DE DATOS

La memoria de datos puede dividirse en la RAM de fines generales y los Registros de Funciones Especiales (SFR). La memoria de datos contiene también los datos de la memoria EEPROM. Esta memoria no está directamente introducida en la memoria de datos, si no es registrada en forma indirecta. Esto significa que un puntero indirecto de direcciones especifica la dirección de la memoria de datos EEPROM para escribir y leer.

La memoria de datos se organiza en "bancos" y la cantidad de estos depende de la gama de PIC que estemos utilizando. Dependiendo del área de memoria a la cual se desea referir a la hora de programar la tenemos que definir mediante el registro FSR. Esta memoria de datos funciona de forma similar al "banco de registros" de un procesador por lo cual sus posiciones implementan registros de propósito especial y propósito general.

Las primeras posiciones de la memoria se destinan a registros específicos.

2.6.1.2. MEMORIA DE PROGRAMA

Esta memoria también se le denomina memoria de instrucciones. Existen diferentes tipos de memorias de programa dependiendo de las necesidades, en este caso se centrará la atención a los PICs con memoria tipo flash. Este tipo de memoria se puede programar y borrar eléctricamente alrededor de 1000 veces, lo cual la hace muy útil para el aprendizaje ya que con una pequeña inversión en un chip se puede programar tantas veces como se requiera.

La cantidad de memoria también depende de la gama de PIC que se esté utilizando ya que para gamas bajas y programas simples se dispone de PICs - 18 - microcontrolador con menos memoria y menos costosos y para proyectos de mayor envergadura se utilizan de PICs de más memoria.

2.6.1.3. REGISTROS

Los PICs utilizan una arquitectura basada en registros. Esto significa que todos los objetos del sistema (puertos de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registros.

Existen diferentes tipos de registros:

- Registro de propósito general , puertos E/S, Contadores, etc..

- Registros especiales, registros de funcionamiento y configuración. Todos los registros están ubicados en una posición específica de la memoria.

2.6.1.4. CONTACTOR DE PROGRAMA

Este registro, normalmente denominado PC (program counter), es totalmente equivalente al de todos los microprocesadores y contiene la dirección de la próxima instrucción a ejecutar.

Se incrementa automáticamente al ejecutar cada instrucción, de manera que la secuencia natural de ejecución del programa es lineal, una instrucción después de la otra. Algunas instrucciones llevan el nombre de control, cambian el contenido del PC alterando la secuencia lineal de ejecución.

Dentro de estas instrucciones se encuentran el GOTO y el CALL que permiten cargar en forma directa un valor constante en el PC haciendo que el programa salte a cualquier posición de la memoria. Otras instrucciones de control son los SKIP o “saltos” condicionales, que producen un incremento adicional del PC si se cumple una condición específica, haciendo que el programa salte, sin ejecutar, la instrucción siguiente.

Al resetearse el microprocesador, todos los bits del PC toman valor 1, de manera que la dirección de arranque del programa es siempre la última posición de memoria de programa.

En esta posición se deberá poner una instrucción de salto al punto donde verdaderamente se inicia el programa. A diferencia de la mayoría de los microprocesadores convencionales, el PC es también accesible al

programador como registro de memoria interna de datos, en la posición de 02. Es decir que cualquier instrucción común que opere sobre registros puede ser utilizada para alterar el PC y desviar la ejecución del programa.

El uso indiscriminado de este tipo de instrucciones complica el programa y puede ser muy peligroso, ya que puede producir comportamientos difíciles de predecir. Sin embargo, algunas de estas instrucciones utilizadas con cierto método, pueden ser muy útiles para implementar poderosas estructuras.

2.6.1.5. STACK

En los microcontroladores PIC el stack es una memoria interna dedicada, de tamaño limitado, separada de las memorias de datos y de programa, inaccesible al programador, y organizada en forma de pila, que es utilizada solamente, y en forma automática, para guardar las direcciones de retorno de subrutinas e interrupciones. Permite guardar una copia completa del PC.

Las posiciones de la pila en un PIC está limitado lo que no permite hacer uso intensivo del anidamiento de subrutinas. Solo se pueden anidar dos niveles de subrutinas, es decir que una subrutina que es llamada desde el programa principal, puede a su vez llamar a otra subrutina, pero esta última no puede llamar a una tercera, porque se desborda la capacidad del stack, que solo puede almacenar dos direcciones de retorno.

Estos microcontroladores están diseñados para aplicaciones de alta velocidad en tiempo real, en las que el overhead (demoras adicionales) ocasiona un excesivo anidamiento de subrutinas que es inaceptable.

Como ya se mencionó anteriormente, el stack y el puntero interno que lo direcciona, son invisibles para el programador, solo se los accede automáticamente para guardar o rescatar las direcciones de programa cuando se ejecutan las instrucciones de llamada o retorno de subrutinas, o cuando se produce una interrupción o se ejecuta una instrucción de retorno de ella.

2.6.1.6. PUERTO DE ENTRADA/ SALIDA

Un recurso imprescindible para los microcontroladores son los puertos de entradas y salidas con los cuales se comunica con los periféricos del mundo exterior.

Dependiendo de la gama de PIC que se estén utilizando estos tendrán más o menos puestos de E/S y también dependiendo de la gama utilizada pueden ser digitales, analógicas, multiplexadas, etc. También algunos PICs permiten utilizarlas como comparadores y conversores, pero esas características ya dependen de cada PIC en particular. Los puertos de entrada y salida utilizan la denominación de puerto A, puerto B, etc, dependiendo de la cantidad de puertos que tengan.

2.6.1.7. TEMPORIZADOR/CONTADOR

Una exigencia en las aplicaciones de control es la regulación estricta de los tiempos que duran las diversas acciones que realiza el sistema. El

dispositivo típico destinado a gobernar los tiempos recibe el nombre de temporizador o "timer" y, básicamente, consiste en un contador ascendente o descendente que determina un tiempo determinado entre el valor que se le carga y el momento en que se produce su desbordamiento o paso por 0.



Figura 3. Temporizador
Autor: Palacio (2001)

La figura 3, es un esquema simplificado de un temporizador. En este caso se trata de un contador descendente, que, una vez cargado con un valor, se decrementa al ritmo de los impulsos de reloj hasta que llega a 0.

La cantidad de temporizadores depende de la gama de PIC que se esté utilizando, la gama baja los microcontroladores PIC sólo disponen de dos temporizadores. Uno de ellos actúa como principal y sobre él recae el control de tiempos de las operaciones del sistema. El otro recibe el nombre de perro guardián o "Watchdog". Las gamas más altas de microcontroladores PIC disponen de más temporizadores.

El perro guardián vigila que el programa no se "cuelgue" y dejen de ejecutarse las instrucciones secuenciales del mismo tal como lo ha previsto el diseñador. Para realizar esta labor de vigilancia, el perro guardián da un paseo por la CPU cada cierto tiempo y comprueba si el programa se ejecuta

normalmente; en caso contrario, por ejemplo si el control está detenido en un bucle infinito o a la espera de algún acontecimiento que no se produce, el perro ladra y provoca un reset, reiniciando todo el sistema.

Tanto el temporizador principal, TMR0, como el perro guardián, WDT, a veces precisan controlar tiempos largos y aumentar la duración de los impulsos de reloj que les incrementan o decrementan. Para cubrir esta necesidad, se dispone de un circuito programable llamado Divisor de frecuencia que divide la frecuencia utilizada por diversos rangos para poder realizar temporizaciones más largas.

2.6.1.8. INTERRUPCIONES

Una interrupción consiste en una detención del programa en curso para realizar una determinada rutina que atienda la causa que ha provocado la interrupción. Es como una llamada a subrutina, que se origina por otra causa que por una instrucción del tipo CALL. Tras la terminación de la rutina de interrupción, se retorna al programa principal en el punto en que se abandonó.

Las causas que originan una interrupción pueden ser externas, como la activación de una patita con el nivel lógico apropiado, e internas, como las que pueden producirse al desbordarse un temporizador, como el TMR0. En las aplicaciones industriales, las interrupciones son un producto muy potente para atender los acontecimientos físicos en tiempo real. Existen diferentes tipos de interrupciones que también dependen del tipo de microcontrolador

que se utiliza por ello si requiere saber más sobre las interrupciones de un PIC en concreto se debe consultar del data sheet del PIC utilizado.

2.6.1.9. INSTRUCCIONES

Según lo comentado anteriormente, dependiendo de la gama del microcontrolador que se esté utilizando (baja, media o alta) tienen más o menos número de instrucciones. Los modelos de la gama baja disponen de un repertorio de 33 instrucciones, 35 los de la gama media y unas 76 los de la alta. En este apartado no se entrará en detalle sobre las instrucciones de que dispone cada PIC, para ello se tendrá que repasar los data sheet de cada microcontrolador concreto.

2.6.1.10. MODOS DE DIRECCIONAMIENTO

Cuando se programa un PIC, a la hora de especificar los datos se puede hacer de 3 formas distintas a la cual se les da el nombre de modos de direccionamiento. Estos 3 modos de direccionamiento son:

- 1.- Inmediato.
- 2.- Directo.
- 3.- Indirecto.

El modo inmediato es cuando se utiliza el valor literal. El modo directo es cuando se tiene un valor que apunta a una determinada posición de memoria. El modo indirecto es cuando se opera el registro INDF que accede a la posición que apunta el contenido del registro FSR ubicado en el área de

datos.

2.7. LABVIEW

Según Regules (2000; p.55), considera que:

LabVIEW (acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Environment Workbench) es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico y que constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos.

Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones.

Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales. LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas.

Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

2.7.1. COMO TRABAJA

Los programas desarrollados mediante LabVIEW se denominan *Instrumentos Virtuales (VIs)*, porque su apariencia y funcionamiento imitan los de un instrumento real. Sin embargo son análogos a las funciones

creadas con los lenguajes de programación convencionales. Los *VIs* tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente, y aceptan parámetros procedentes de otros *VIs*.

Todos los *VIs* tienen un *panel frontal* y un *diagrama de bloques*. Las *paletas* contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los *VIs*. A continuación se procederá a realizar descripción de estos conceptos.

2.7.1.1. PANEL FRONTAL

Se trata de la interfaz gráfica del *VI* con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa.

Un *panel frontal* está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de ellos puede estar definido como un *control* (a) o un *indicador* (b). Los primeros sirven para introducir parámetros al *VI*, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

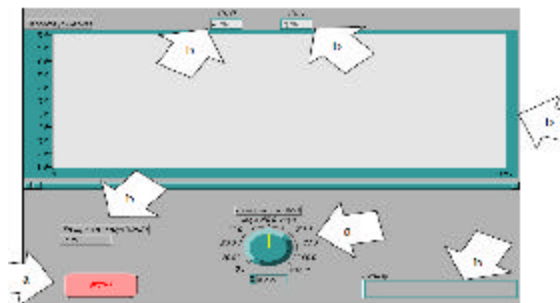


Figura 4. Panel Frontal de LabVIEW
Fuente: Regules (2010).

2.7.1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES

El *diagrama de bloques* constituye el código fuente del VI. En el *diagrama de bloques* es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el *panel frontal*.

El *diagrama de bloques* incluye *funciones y estructuras* integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el *lenguaje G* las *funciones* y las *estructuras* son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los *controles e indicadores* que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los *terminales*. A continuación se presenta un ejemplo de lo recién citado:

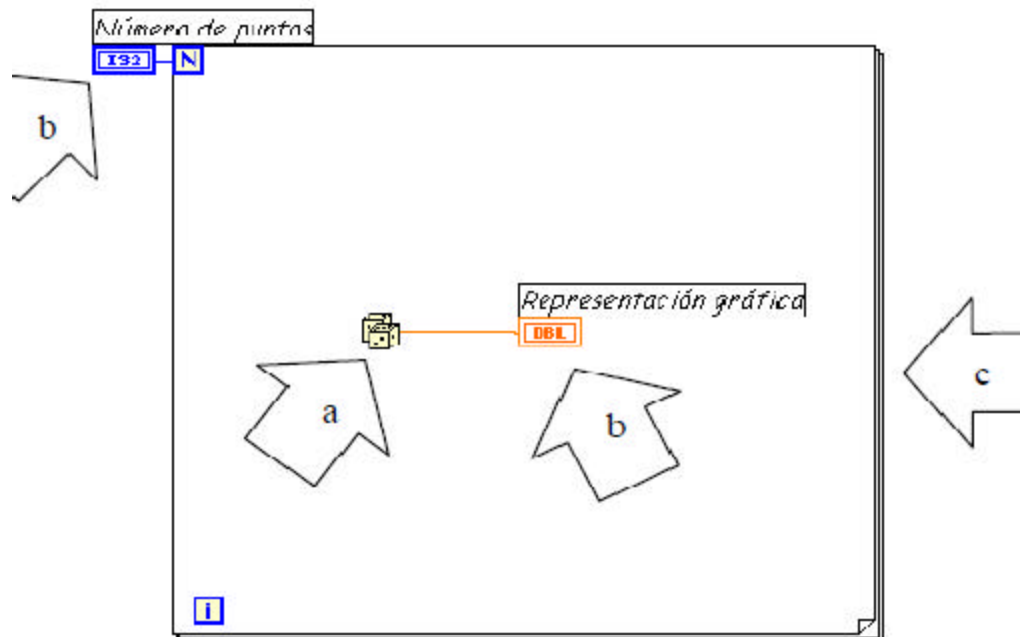


Figura 5. Diagrama de bloques
Autor: Regules (2010).

- (a) Función.
- (b) Terminales (control e indicador).
- (c) Estructura.

El *diagrama de bloques* se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos. LabVIEW posee una extensa biblioteca de *funciones*, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

Las *estructuras*, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (bucle, *for*, *while*, *case*,...).

Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.

2.7.1.3. PALETAS

Las *paletas* de LabVIEW proporcionan las herramientas que se requieren para crear y modificar tanto el *panel frontal* como el *diagrama de bloques*. Existen las siguientes paletas: Paleta de herramientas (Tools palette). Se emplea tanto en el *panel frontal* como en el *diagrama de bloques*. Contiene las herramientas necesarias para editar y depurar los objetos tanto del *panel*

frontal como del diagrama de bloques.



Figura 6. Paletas de LabVIEW
Autor: Regule (2010).

2.7.2. PROGRAMACIÓN EN LABVIEW

Con el entorno gráfico de programación de LabVIEW se comienza a programar a partir del panel frontal. En primer lugar se definirán y seleccionarán de la paleta de controles todos los controles (entradas que dará el usuario) e indicadores (salidas que presentará en pantalla el VI) que se emplearán para introducir los datos por parte del usuario y presentar en pantalla los resultados.

Una vez colocados en la ventana correspondiente al panel frontal todos los objetos necesarios, debe pasarse a la ventana Diagram (menú Windows > Show Diagram), que es donde se realiza la programación propiamente dicha (diagrama de bloques). Al abrir esta ventana, en ella se encuentran los terminales correspondientes a los objetos situados en el panel frontal, dispuestos automáticamente por LabVIEW. Se deben ir situando las funciones, estructuras, etc. que se requieran para el desarrollo del programa, las cuales se unen a los terminales mediante cables.

Para facilitar la tarea de conexión de todos los terminales, en el menú "Help" puede elegirse la opción "Show Help", con lo que al colocar el cursor del ratón sobre un elemento aparece una ventana con información relativa a éste (parámetros de entrada y salida). Además, si se tiene seleccionado el cursor de cableado, al situar éste sobre un elemento se muestran los terminales de forma intermitente.

2.7.2.1. EJECUCIÓN DE UN VI

Una vez se ha concluido la programación del VI se debe proceder a su ejecución. Para ello la ventana activa debe ser el panel frontal (si se está en la ventana del diagrama de bloques, se debe seleccionar la opción Show Panel del menú Window). Una vez situados en el panel frontal, se pulsará el botón de Run, situado en la barra de herramientas.

El programa comenzará a ejecutarse. Mientras dura la ejecución del mismo, la apariencia del botón de Run es la que se muestra a continuación:

De este modo el programa se ejecutará una sola vez. Si se desea una ejecución continua, se pulsará el botón situado a la derecha del de Run (Continuous Run). Si durante el funcionamiento continuo del programa se vuelve a pulsar el citado botón, se finalizará la última ejecución del mismo, tras lo cual el programa se parará.

Para finalizar la ejecución de un programa se puede operar de dos formas. La primera, y la más aconsejable, es emplear un botón en el panel frontal del VI, cuya pulsación produzca la interrupción del bucle de ejecución

de la aplicación. La segunda forma de detener la ejecución del VI es pulsando el botón de pausa o el de stop. La diferencia entre ambos es que si se pulsa stop, la ejecución del programa finaliza inmediatamente, mientras que si se pulsa pausa, se produce una detención en el funcionamiento del programa, retomándose su ejecución una vez se vuelve a pulsar el mismo botón.

2.7.1.2. ESTRUCTURAS

En la paleta de funciones la primera opción es la de las estructuras. Éstas controlan el flujo del programa, bien sea mediante la secuenciación de acciones, ejecución de bucles, otros.

Las estructuras se comportan como cualquier otro nodo en el diagrama de bloques, ejecutando automáticamente lo que está programado en su interior una vez tiene disponibles los datos de entrada, y una vez ejecutadas las instrucciones requeridas, suministran los correspondientes valores a los cables unidos a sus salidas. Sin embargo, cada estructura ejecuta su subdiagrama de acuerdo con las reglas específicas que rigen su comportamiento, y que se especifican a continuación.

Un subdiagrama es una colección de nodos, cables y terminales situados en el interior del rectángulo que constituye la estructura. El For Loop y el While Loop únicamente tienen un subdiagrama. El Case Structure y el Sequence Structure, sin embargo, pueden tener múltiples subdiagramas, superpuestos como si se tratara de cartas en una baraja, por lo que en el

diagrama de bloques únicamente será posible visualizar al tiempo uno de ellos. Los subdiagramas se construyen del mismo modo que el resto del programa.

While Loop, es el equivalente al bucle *while* empleado en los lenguajes convencionales de programación. Su funcionamiento es similar al del bucle *for*, El bucle *while* es equivalente al código siguiente:

<p><i>Do</i></p> <p><i>Se ejecuta lo que hay en el interior del bloque</i></p> <p><i>while terminal condicional is true</i></p>

Figura 7. Código de bucle while
Autor: regules (2010).

El programa comprueba el valor de lo que se halle conectado al terminal condicional al finalizar el bucle. Por lo tanto, el bucle siempre se ejecuta al menos una vez. Con esta estructura también se pueden emplear los *shift registers* para tener disponibles los datos obtenidos en iteraciones anteriores (es decir, para memorizar valores obtenidos). su empleo es análogo al de los bucles *for*, por lo que omitiré su explicación.

Formula Node, la estructura denominada *Formula Node* se emplea para introducir en el diagrama de bloques fórmulas de un modo directo. Resulta de gran utilidad cuando la ecuación tiene muchas variables o es relativamente compleja. Para definir una fórmula mediante esta estructura, se actuará del siguiente modo:

En primer lugar, se deben definir las variables de entrada y las de salida.

Para ello, se pulsa con el botón derecho del ratón sobre el borde de la formula node.

A continuación se seleccionará Add Input o Add Output, según se trate de una entrada o una salida, respectivamente. Aparecerá un rectángulo, en el que se debe escribir el nombre de la variable (se distingue entre mayúsculas y minúsculas). Todas las variables que se empleen deben estar declaradas como entradas o salidas. Las que se empleen como variables intermedias se declararán como salidas, aunque posteriormente no se unan a ningún bloque posterior.

Los operadores y funciones que se pueden emplear se explican en la ayuda de LabVIEW, y son los que se muestran en la figura N° 8, la cual se muestra a continuación:

<i>Operadores:</i>						
<i>asignación</i>		=				
<i>condicional ?:</i>						
<i>OR lógico</i>						
<i>AND lógico</i>	&&					
<i>relacionales</i>	==	!=	>	<	>=	<=
<i>aritméticos</i>		+	-	*	/	^
 <i>Funciones:</i>						
<i>abs</i>	<i>acos</i>	<i>acosh</i>	<i>asin</i>	<i>asinh</i>	<i>atan</i>	<i>atanh</i>
<i>ceil</i>	<i>cos</i>	<i>cosh</i>	<i>cot</i>	<i>csc</i>	<i>exp</i>	<i>expml</i>
<i>floor</i>	<i>getexp</i>	<i>getman</i>	<i>int</i>	<i>intrz</i>	<i>ln</i>	
<i>lnpl</i>	<i>log</i>	<i>log2</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>mod</i>	<i>rand</i>
<i>rem</i>	<i>sec</i>	<i>sgn</i>	<i>sin</i>	<i>sinc</i>	<i>sinh</i>	<i>sqrt</i>
<i>tan</i>	<i>tanh</i>					

Figura 8. Operadores y funciones de LabVIEW
Fuente: Regules (2010).

3. SISTEMA DE VARIABLES

El sistema de variables es un punto importante abordar con el objeto de conocer cuáles son los elementos que se estudiaron en la investigación. Por su parte, Ramírez (2009, p.48) expresa que las variables son los elementos que determinan las características propias de una organización independientemente de los rasgos de estas.

Bajo esta concepción es pertinente señalar que la definición conceptual de las variables implica ofrecer una visión clara de cómo ellas han sido concebidas a lo largo del desarrollo de la investigación.

3.1. DEFINICIÓN NOMINAL

A nivel nominal el “sistema de Monitoreo” según el diccionario de la Real Academia Española (RAE) es un término cuyo origen se encuentra en monitor, que es un aparato que toma imágenes de instalaciones filmadoras o sensores y que permite visualizar algo en una pantalla. El monitor, por lo tanto, ayuda a controlar o supervisar una situación. Esto nos permite inferir que monitoreo es la acción y efecto de monitorear, el verbo que se utiliza para nombrar a la supervisión o el control a través de un monitor. Por extensión, el monitoreo es cualquier acción de este tipo, más allá de la utilización de un monitor.

En cuanto a ‘Registro de calidad de energía’ nominalmente se refiere a la capacidad de trabajo relacionado con la capacidad de generar movimiento

o lograr la transformación de algo. En el ámbito económico y tecnológico, el registro de calidad de energía hace referencia a un recurso natural y los elementos asociados que permiten hacer un uso industrial del mismo.

3.2. DEFINICIÓN CONCEPTUAL

Sistema de monitoreo

Mejía (2001, p.282), señala que un sistema de monitoreo es: aquel que ha sido diseñado para examinar el estado de operación de uno o varios sistemas y detectar la desviación que se produzca con respecto a las condiciones de funcionamiento normal, además de tomar relevancia al momento de supervisar operaciones en situaciones críticas.

Registro de la calidad de energía

Según Mejía (2001, p.287), expresa que el registro de la calidad de energía “son instrumentos para el análisis destinados a la localización y solución de problemas, las tareas de mantenimiento preventivo y el registro y análisis a largo plazo en aplicaciones industriales y redes de suministro eléctrico y control de calidad”.

3.3. DEFINICIÓN OPERACIONAL

La definición operacional de la variable “Sistema de Monitoreo” es “Seguimiento y/o control” la cual es definida por Mejías (2001, p.310), como: la aplicación de controles periódicos tomando medidas de control que deben

ser estandarizables con la capacidad para registrar las propiedades que se desea valorar y, siempre que sea posible, la escala de las mediciones debe ser la apropiada para detectar los cambios que se investigan.

Por otro lado, la definición operacional de “registro de la calidad de energía” es “Calidad” en donde Jiménez (200, p.20), expresa que es la Calidad es la herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie, el cual es un objetivo alcanzable, un esfuerzo continuo a mejorar, más que un grado fijo de excelencia para obtener un resultado.