

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Tesis previa a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRICO**

**TEMA: “MODELADO Y SIMULACION DE UN SISTEMA AUTOMATICO DE
ADQUISICION DE DATOS EN CENTRALES HIDROELECTRICAS
PEQUEÑAS”**

**AUTOR:
SANTIAGO ISMAEL FREIRE PIEDRA**

**DIRECTOR:
LEONY ORTIZ MATOS**

Quito, Febrero del 2015

DECLARATORIA DE AUTORÍA:

Yo, Santiago Ismael Freire Piedra, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, 28 de febrero del 2015

Santiago I. Freire P.
CC: 171582734-9

AUTOR

CERTIFICA:

Yo, Ing. Leony Ortiz certificó, haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos técnicos y financieros del informe de la monografía, así como el funcionamiento del “Modelado y simulación de un sistema automático de adquisición de datos en centrales hidroeléctricas pequeñas” realizada por el Sr. Santiago Ismael Freire Piedra, previa a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico en la Carrera de Ingeniería Eléctrica.

Por cumplir los requisitos autoriza su presentación.

Quito, 28 de Febrero del 2015

Ing. Leony Ortiz Matos
DIRECTOR

Dedicatoria

*Quiero dedicar este trabajo a **Dios**, por guiar mis pasos y bendecirme cada día.*

*A mi madre **Ma. Consuelo Piedra**, por ser mi apoyo y compañera durante mis jornadas.*

A mis hermanos, por la paciencia y su total apoyo.

A mi familia.

Agradecimiento

Santiago Ismael Freire Piedra

*Quiero agradecer a mis Padres; **Ma. Consuelo Piedra** y **Gustavo Freire**, a mis hermanos; **Gustavo, Andrés** y **Ma. Consuelo**, gracias, por todo el apoyo brindado.*

*A los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, en especial al **Ing. Leony Ortiz Matos**, por su incondicional ayuda y dirección en la realización de este trabajo.*

A todas las personas que Dios ha puesto, en mi camino y que me apoyaron de alguna manera, gracias, amigos y compañeros.

INDICE GENERAL

Declaratoria de auditoría.....	ii
Certificación.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice General.....	vi
Índice de figuras.....	viii
Índice de fórmulas.....	viii
Índice de tablas.....	ix
Índice Anexos.....	ix
Resumen.....	x
Introducción.....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
1.1 Caracterización de la adquisición de datos.....	2
1.2 Principio de funcionamiento de una Micro Central Hidroeléctrica.....	5
1.3. Calidad de la energía eléctrica.....	7
1.3.1 Mediciones de las potencias y calidad del suministro de energía.....	19
1.3.2 Valor Eficaz de la Energía Eléctrica.....	20
1.4. Características del Microcontrolador PIC18F452.....	21
1.5. Comunicación serie.....	23
1.5.1. Sistemas de transmisión.....	23
1.5.2. Características de la comunicación por RS232.....	25
CAPÍTULO 2. MEDICIÓN Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	27
2.1. Medición y cálculo de los parámetros eléctricos frecuencia, tensión y corriente...	27
2.1.1 Mediciones de frecuencia.....	27
2.1.2. Mediciones de voltaje.....	29
2.1.3. Mediciones de corriente.....	29

2.1.4. Cálculo de las potencias y el factor de potencia.....	30
2.2. Mediciones en un sistema trifásico.....	33
2.3 Conclusiones del Capítulo.....	37
CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	38
3.1. Diagrama en bloques del hardware.....	38
3.2. Circuito acondicionador para la medición de frecuencia.....	39
3.3. Circuito acondicionador para la medición de voltaje.....	40
3.4. Circuito acondicionador para la transmisión de corriente.....	40
3.5. Desarrollo del Software.....	41
3.6. Caracterización del entorno de desarrollo en Labview.....	43
3.7 Conclusiones del Capítulo.....	44
TÍTULO 4: ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN AUTOMÁTICA.....	46
4.1. Introducción.....	46
4.2. Evaluación de los resultados obtenidos.....	46
4.3 Validación del Sistema automatizado mediante el software Matlab.....	48
4.4 Valoración económica.....	50
4.5 Conclusiones del Capítulo.....	51
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	52
Referencias.....	53
Anexos.....	55

INDICE FIGURAS

1. Esquema de funcionamiento de una mini central hidroeléctrica.....	5
2. Transitorios impulsivos.....	9
3. Transitorios Oscilatorios.....	10
4. Transitorios de baja frecuencia.....	10
5. Depresiones de tensión.....	11
6. Crestas.....	12
7. Interrupciones de voltaje.....	12
8. Corriente Armónica.....	15
9. Distribución de pines del microcontrolador PIC 18F452.....	22
10. Encapsulado en el mercado del microcontrolador PIC 18F452.....	22
11. Conector DB9 hembra y macho, conexión para comunicación.....	26
12. Concepto de frecuencia.....	27
13. Ejemplo de medición de frecuencia y período.....	28
14. Concepto y medición de voltaje.....	29
15. Concepto y medición de voltaje.....	30
16. Triángulo de potencias.....	31
17. Forma de onda sistema trifásico.....	33
18. Representación vectorial de un sistema trifásico.....	33
19. Representación generadores de un sistema trifásico.....	34
20. Conexión triángulo.....	34
21. Conexión triángulo comportamiento de corriente.....	35
22. Conexión estrella.....	35
23. Conexión estrella comportamiento de voltaje.....	35
24. Relación de voltaje en un sistema en estrella.....	36
25. Circuito acondicionador para la medición de parámetros de energía eléctrica.....	39
26. Circuito acondicionador para la medición de frecuencia pin 33.....	40
27. Circuito acondicionador para la medición de voltaje pin 3.....	40
28. Circuito acondicionador para la medición de corriente pin 4.....	41
29. Desarrollo del software.....	42
30. Pantalla de monitoreo Labview.....	43
31. Pantalla de programación Labview.....	44
32. Generación de la base de datos en Labview.....	47
33. Comunicación RS232 virtual, entre dos puertos en HHD serial virtual port....	48
34. Programación de validación de datos a través de Matlab.....	49
35. Pantallas de visualización de monitoreo en Matlab.....	50
36. Resultado margen de error en Matlab.....	50

INDICE DE FORMULAS

1. Frecuencia de Onda.....	8
2. Potencia Eléctrica.....	19
3. Intensidad de corriente eficaz (DC).....	20

4. Intensidad de corriente eficaz (AC).....	21
5. Período de Onda.....	28
6. Frecuencia de Onda.....	28
7. Potencia Activa.....	31
8. Potencia Activa $\text{Cos}\phi$	31
9. Potencia Reactiva.....	32
10. Potencia Aparente.....	32
11. Factor de potencia.....	32
12. Rrelación de corriente en sistemas 3ϕ conexión Δ	36

INDICE TABLAS

Tabla 1- Especificaciones técnicas PIC 18F452.....	21
--	----

INDICE ANEXOS

Anexo 1- Programación del PIC 18F452.....	55
Anexo 2- Programación Matlab.....	56
Anexo 3- Características de los programas utilizados.....	57

RESUMEN

El presente trabajo ha desarrollado un sistema de medición aprovechando las facilidades y potencialidades que nos brinda la computadora y el microcontrolador obteniendo registros de interés de estudio para saber el comportamiento de los diferentes parámetros de la energía eléctrica.

Se realizará el análisis y la validación de los resultados obtenidos a través de simulaciones en programas informáticos existentes como Matlab y Labview, creando esquemas que en la realidad se presentan en el hoy por hoy de la producción de energía eléctrica.

Específicamente se ha planteado un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de parámetros eléctricos en pequeñas centrales hidroeléctricas usando el microcontrolador PIC18F452. Se caracterizará el entorno de desarrollo en Labview en conjunto con la validación del Sistema automatizado con Matlab.

Se desarrollará en la investigación un diseño de un Sistema de Adquisición de Datos para la medición y monitoreo de parámetros eléctricos en una min-hidroeléctrica. Usando un microcontrolador que permita el desarrollo de un sistema automatizado que permita un mejor procesamiento de las variables y su transmisión hacia una PC, aumentando las facilidades y prestaciones para su control y supervisión.

En el desarrollo de este trabajo se realizará una caracterización de los sistemas adquisición de datos mediante el Microcontrolador PIC18F452, explotando el sistema de comunicación serie RS232.

Cabe mencionar que los parámetros estudiados son valores ideales, ya que se está monitoreando las magnitudes que una central entrega al transformar la energía mecánica en eléctrica, sin carga alguna.

ABSTRACT

Abstract - This paper has developed a measurement system by means of facilities and potential that gives us the computer and microcontroller obtaining study records of interest to know the behavior of the different parameters of electric power.

Analysis and validation of results obtained through simulations existing software like Matlab and LabVIEW, creating patterns that in reality are presented today in the production of electricity will take place.

Specifically, it has posed a data acquisition system for monitoring electrical parameters in small hydropower using the PIC18F452 microcontroller. The development environment will be characterized in Labview in conjunction with automated validation system with Matlab.

Research will develop a design of a Data Acquisition System for the measurement and monitoring of electrical parameters in a min-hydro. Using a microcontroller that allows the development of an automated system that allows better handling of the variables and their transmission to a PC, increasing the facilities and services for control and supervision.

In developing this work a characterization of data acquisition systems using the Microcontroller PIC18F452 be made by exploiting the RS232 serial communication system.

It is noteworthy that the parameters studied are ideal values, as it is monitoring the magnitudes a central delivery to transform mechanical energy into electricity, without charge.

INTRODUCCION

Dentro de la generación de energía eléctrica a través de una central hidroeléctrica donde existen varios procesos físicos de transformación de energías para llegar a producir electricidad, esta central hidroeléctrica explota el caudal de agua de los ríos, lagos, presas en donde hay que tener en cuenta el ahorro de agua, el aprovechamiento de la potencia eléctrica en lugares aislados y la energía de potencial del agua que mueve una turbina, que lleva acoplado a su eje un generador que a su salida da potencia, tensión y frecuencia, para saber si esta producción es la óptima con todos sus parámetros normados para su comercialización, se tiene la necesidad de tener un sistema de monitoreo de los parámetros de energía eléctrica.

Una de las principales limitantes que suelen encontrarse son los sistemas de medición y monitoreo de estas variables para un mejor control y funcionamiento de estas centrales, además de otras perturbaciones como el cambio brusco de la potencia demandada por los consumidores y variaciones de caudal y de presión de agua, conllevan a tener un control para un mayor control de calidad de energía y una mejor eficiencia de producción de la central.

Por lo expuesto anteriormente, se ha desarrollado modelamiento virtual y de simulación de un sistema automático de adquisición de datos de parámetros eléctricos en pequeñas centrales hidroeléctricas.

Con la utilización de varios programas se ha llegado a crear una simulación virtual donde interactúan estos programas, que tienen determinadas funciones como simulación, adquisición de datos y validación de parámetros.

El presente trabajo muestra un sistema de adquisición de datos virtuales, creado en base a fundamentos básicos, de medición y comportamiento de voltaje, corriente y frecuencia parámetros que son analizados y evaluados en el proceso a través de varias instancias virtuales con diferentes programas acoplados y concatenados, en óptimas condiciones para asegurar un correcto funcionamiento del sistema.

CAPITULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 Caracterización de la adquisición de datos.

Actualmente en cualquier sector de la industria es necesaria la medición de las variables físicas que afecten a su entorno. Para solucionarlo, se han creado sistemas de adquisición de datos (SAD). A través de ellos se puede obtener información de un proceso determinado. Existen cinco características básicas de los SAD:

- 1- Los sensores son los elementos encargados de medir el fenómeno físico y convertirlo en una magnitud eléctrica.
- 2- Una etapa acondicionadora, con la tarea de aislar, filtrar, convertir y/o amplificar la señal que emiten los sensores.
- 3- Un sistema que sea pueda transformar la señal analógica en digital para poder tratarla.
- 4- Un conjunto de elementos que transforme la información que se le suministra y lo transforme en datos que sean útiles al usuario final.
- 5- Un aparato que sea permita representar y comunicar los datos al usuario.

Los sistemas de adquisición de datos tienen diferentes configuraciones y estructuras, donde algunas son más específicas para satisfacer unas funciones determinadas[1].

Actualmente, de entre todas las configuraciones, se denotan tres junto con sus combinaciones:

- 1- Los sistemas virtuales procesados en computador con una o varias tarjetas de adquisición de datos. Se conectan al bus interno del computador que realiza la conversión de la señal analógica a digital y viceversa.
- 2- Sistemas basados en elementos de adquisición, donde a su vez podemos distinguir dos casos:
 - a. Elementos independientes y autónomos del bus de un computador, pero que a su vez pueden conectarse a través de buses de instrumentación, o a través de una comunicación serie o paralelo.

b. Elementos basados en módulos de adquisición, conectados a un bus local especializado.

El sistema basado en computador es el más adecuado para aplicaciones que no sean muy exigentes. Esta configuración, normalmente utiliza el PC para poder realizar todas las tareas tales como: procesamiento, almacenamiento y la visualización, donde la tarjeta de adquisición de datos se reserva para la captura de las señales que vayan emitiendo los sensores del sistema. Si la velocidad y el número de señales no son parámetros críticos, esta es la configuración que mejor relación calidad/ precio proporciona[2].

Sin embargo, para aplicaciones que requieran de entornos industriales, con una exigencia mayor, esto es así, porque tiene muchas limitaciones con respecto a temas tan diversos como: inmunidad a los ruidos, niveles de refrigeración, slots limitados, etc... En este campo se encuentran unos elevados niveles de capacidad de visualización, y cálculo avanzado, además tienen un soporte para sistemas de programación con gran potencia.

El otro tipo de configuración, mantiene instrumentos independientes de adquisición, que se usa en aplicaciones más específicas, como realizar un procesamiento de muchas señales casi sin márgenes de error. Con todo esto, la conclusión es que se consiguen unas mejores resultados pero a un precio muy superior.

Por último, está la configuración en módulos, que reduce en valores económicos de los instrumentos automáticos, sin perder su capacidad, funcionabilidad y potencia. Ventajas que tienen actualmente y se fabrican en estándares, los cuales están muy integrados en el mercado[3].

Componentes y parámetros de las Tarjetas de Adquisición de Datos

Es un tipo de elemento electrónico de circuito impreso que se conectan al computador a través de sus puertos de comunicación. Por lo general, se conectan a través del bus PCI, siendo el bus de comunicación puertos periféricos que más se usan.

Las tarjetas de adquisición se pueden encontrar sencillas compuestas únicamente por un hardware de adquisición que convierte una salida analógica en digital a otras más complejas, las cuales son capaces de realizar un tratamiento de los datos a través de un procesador.

También existen otras tarjetas de adquisición que se consideran como instrumentos, denominadas instrumentos en tarjeta. Funcionan aprovechando la capacidad de comunicación y representación de datos del computador, sin embargo no pierden las características que les permite funcionar como instrumento individual.

La parte central de una tarjeta de adquisición está constituida por los circuitos analógicos de entrada y el conversor A/D. Además podemos observar los circuitos analógicos de entrada que incluyen un multiplexor, un amplificador de ganancia programable y un circuito de muestreo y retención de datos[4].

Parámetros más importantes de las Tarjetas de Adquisición de Datos (TAD):

- Número de entradas. Es el número de entradas disponibles de la tarjeta. Es necesario conocer el número de variables que se va a considerar, por lo que esta característica es crítica para el diseño de la instalación. Se puede llegar a aumentar el número de entradas, si hay proyección que con el paso del tiempo es necesario tener en cuenta otras variables. Se realiza la instalación de otra tarjeta de adquisición de datos, más una sincronización con las tarjetas previamente instaladas. Sin embargo, no se aconseja incorporar más de tres tarjetas por cuestiones de refrigeración. Esto se soluciona con la incorporación de PC industriales.

Existen dos modelos para la captura de las señales de entrada. En primer lugar sería utilizar un único convertidor A/D compartido entre varias entradas o utilizar convertidores individuales en cada entrada analógica. Para el primer caso, se resuelve mediante el uso de un multiplexor que selecciona la entrada que corresponda. El otro caso se resuelve a través de un muestreo simultáneo.

Entorno de programación LabVIEW.

Dentro de la programación de lenguaje, y a la vez un entorno de muestreo gráfico donde se podrán crear aplicaciones de una manera sencilla es LabVIEW, acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench[5].

LabVIEW está orientado a aplicaciones de control de instrumentos electrónicos que se usan en la aplicación de sistemas de instrumentación, conocido como instrumentación virtual. Es por eso que los programas que se crean en LabVIEW se guardan en ficheros llamados VI y con la misma extensión, que significa instrumento virtual.

Es un programa que en la actualidad ofrece una serie de funciones para un sin número de aplicaciones dentro de la industria de la automatización, donde su confiabilidad ha demostrado eficiencia en el campo de sistemas automatizados, sean estos de una simple o gran complejidad dando un funcionamiento óptimo, ajustándose a los requerimientos del usuario, gracias a su sencilla programación y su puesta en marcha[6].

1.2.- Principio de funcionamiento de una Micro Central Hidroeléctrica.

Para las instalaciones de corriente alterna que suministran energía, son precisos los centros transformadores, cuya misión es la de elevar el voltaje de los generadores en las centrales de producción, con la tarea de efectuar el transporte de la corriente en condiciones económicas.

Para que este transporte sea posible, es necesario elevar la tensión de los generadores, en una instalación adjunta a la central, que se denomina "estación transformadora o subestación eléctrica".

En centrales de pequeña capacidad, como es el caso de las mini centrales hidroeléctricas, la subestación cumple con la función de transformación de la energía, sino que de ella parten líneas o alimentadores, que tienen el mismo nivel de tensión con que trabajan las redes de distribución, a los cuales se conectan los transformadores de distribución llamados estaciones transformadoras secundarias, que sirven a los consumidores[7].

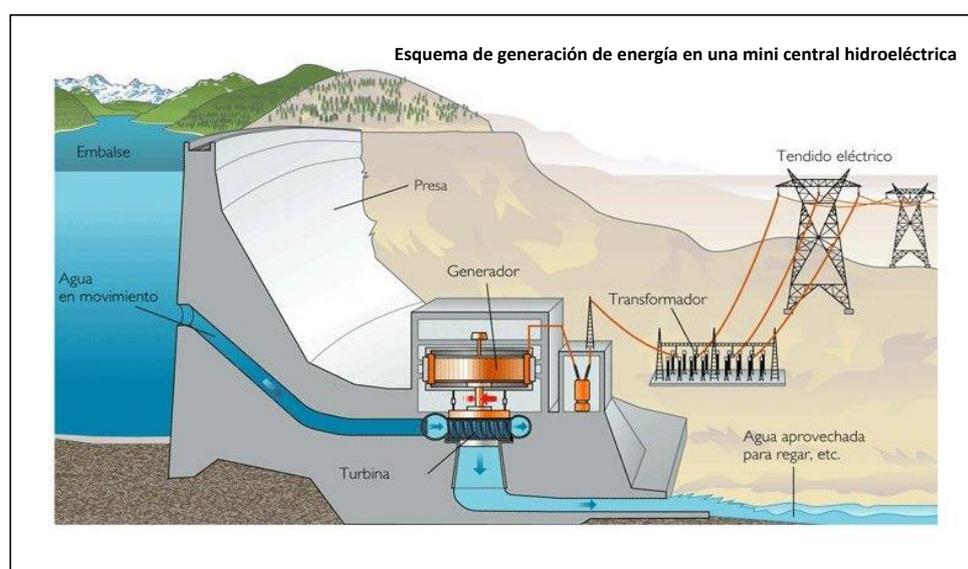


Fig. 1. Principio y esquema de funcionamiento de una mini central hidroeléctrica [8].

Composición de una instalación hidroeléctrica.

Una instalación hidroeléctrica, está conformada por componentes hidráulicos y componentes electromecánicos tales como: sistema de captación de agua, tomas de agua, sistema de canalización y de restitución, etc.; turbina, generador eléctrico, circuitos eléctricos y sistemas de mando.

El agua procedente de los sistemas de toma de agua, es canalizada, a través de conductos, a la cámara de carga, que determina el nivel del canal a cielo abierto superior, necesario en función del salto o altura útil para la mini-central hidroeléctrica.

El agua es canalizada a las turbinas a través de conductos forzados y al pasar por las paletas móviles o rotores, determina su rotación. El eje del rotor que gira está conectado a un generador eléctrico; el agua que sale de la turbina es devuelta, a través de los sistemas de restitución a su curso original, a un nivel determinado por el canal a cielo abierto inferior.

Optimizando el uso del agua produciendo energía eléctrica sin contaminar este recurso que luego queda para el uso de la comunidad en varios ámbitos según su necesidad, creando así una energía pura con un menor impacto ambiental[8].

Definición de las micro-centrales hidroeléctricas

Micro central-hidroeléctrica es la denominación con el que la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO), se llama a las centrales hidroeléctricas de potencia inferior a diez mega watts (10 MW).

Por "Micro central Hidroeléctrica vamos a identificar a una instalación destinada a la producción de energía hidroeléctrica en pequeña escala [7].

1.3.- Calidad de la Energía Eléctrica

Hoy en día, el estudio de la calidad de la energía eléctrica tiene mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad. Así mismo porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica y la eficiencia.

Para aumentar la competitividad las empresas requieren optimizar su proceso productivo con:

- la utilización de equipos de alta eficiencia como motores eléctricos, bombas, etc.
- Automatizando sus procesos con dispositivos electrónicos y de computación (microcontroladores, 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 y tarifas.
- Evitando el envejecimiento rápido de los equipos.

La variedad 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. Mientras que 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[9].

Entonces hay que convivir con el problema y encontrar soluciones cada vez más óptimas, por lo cual el estudio de los fenómenos de la calidad de la energía es indispensable.

Características de las ondas de tensión y corriente.

Las ondas de tensión y corriente se definen por las siguientes características principales:

- Número de Fases: La fase indica la situación instantánea en el ciclo, de una magnitud que varía cíclicamente.
- Amplitud de la onda: la amplitud de una onda es el valor máximo, tanto positivo como negativo, que puede llegar a adquirir la onda.
- El valor máximo positivo que toma la amplitud de una onda sinusoidal recibe el nombre de "pico o cresta".
- El valor máximo negativo, "vientre o valle".
- El punto donde el valor de la onda se anula al pasar del valor positivo al negativo, o viceversa, se conoce como "nodo", "cero" o "punto de equilibrio".
- Frecuencia de la onda: La frecuencia (f) del movimiento ondulatorio se define como el número de oscilaciones completas o ciclos por segundo.

$$f = \frac{1}{T}$$

Dónde: T es el período de la señal. (1)

Fenómenos Electromagnéticos

En el pasado, se prestaba atención a un grupo relativamente limitado de fenómenos, hoy en día es necesario tomar en consideración un conjunto de indicadores de calidad, debido a sus efectos sobre el confort, la confiabilidad, el costo, el consumo, la demanda y el diseño de los sistemas de suministro eléctrico.

En la actualidad, hay más problemas y son escasas o no existen personas preparadas o dedicadas a enfrentarlos[10].

Según la Norma IEEE Estándar 1159 de 1995 los fenómenos electromagnéticos pueden ser de tres tipos:

- Variaciones en el valor RMS de la tensión o la corriente.
- Perturbaciones de carácter transitorio.
- Deformaciones en la forma de onda.

Características típicas de los fenómenos electromagnéticos.

Transitorio Impulsivo

Es un cambio súbito y unidireccional (positivo o negativo) en una condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos y de frecuencia diferente a la frecuencia del sistema de potencia.

Son de moderada y elevada magnitud pero de corta duración medida en microsegundos. Están caracterizados por sus tiempos de ascenso (1 a 10 μsec) y descenso (20 a 150 μsec) y por su contenido espectral.

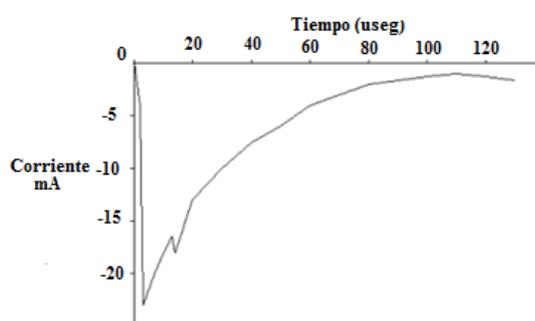


Fig. 2. Transitorios impulsivos[11].

Transitorios Oscilatorios

Es un cambio súbito en la condición de estado estable de la tensión, la corriente o ambos, con polaridades positivas y negativas y de frecuencia diferente a la frecuencia de operación del sistema.

Este tipo de transitorio se describe por su contenido espectral, duración y magnitud. Por su frecuencia se clasifican en: transitorios de alta, media y baja frecuencia[11].

- Los transitorios oscilatorios con una frecuencia mayor de 500 kHz y una duración medida en microsegundos (o varios ciclos de la frecuencia fundamental) son considerados transitorios oscilatorios de alta frecuencia.
- Cuando la frecuencia se encuentra entre 5 y 500 kHz es un transitorio de frecuencia media.

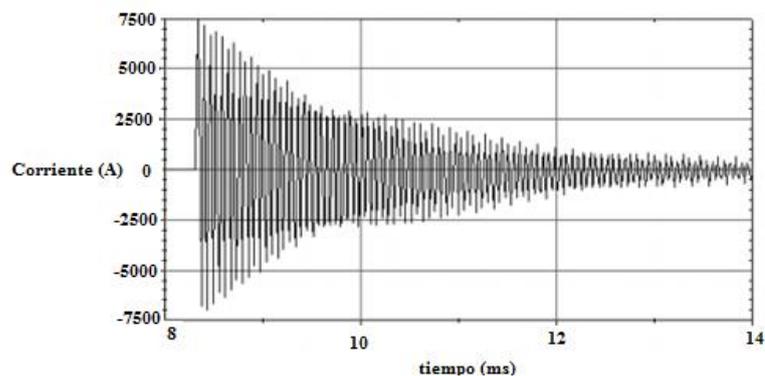


Fig. 3. Transitorios Oscilatorios [11]

- Un transitorio con una frecuencia inferior a 5 kHz, y una duración de 0,3 ms a 50 ms, se considera transitorio de baja frecuencia.

Sucede en los niveles de subtransmisión y distribución y en los sistemas industriales y es causado por varios tipos de eventos.

El más frecuente es la energización de bancos de capacitores que hacen oscilar la tensión con una frecuencia primaria entre 300 y 900 Hz. La magnitud pico observada normalmente es de 1,3 -1,5 p.u. con una duración entre 0,5 y 3 ciclos dependiendo del amortiguamiento del sistema.

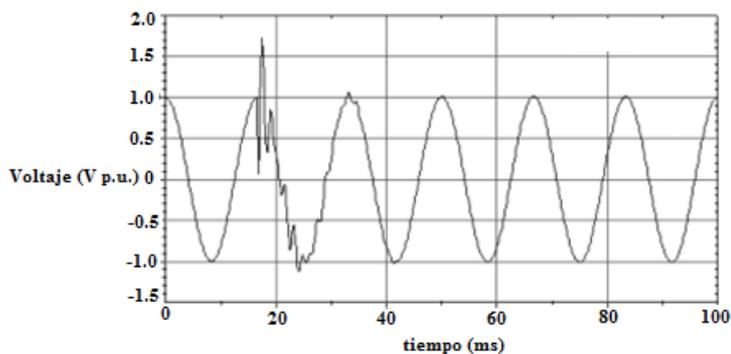


Fig. 4. Transitorios de baja frecuencia [11]

Variaciones de tensión de corta duración.

Depresiones

Las depresiones (Sag o Dip), también conocidas como valles o huecos consisten en una reducción entre 0,1 y 0,9 p.u. en el valor R.M.S. de la tensión o corriente con una duración de 0,5 ciclo a un minuto.

Las depresiones de tensión se las asocia a fallas del sistema, a la energización de grandes cargas, al arranque de motores de elevada potencia y a la energización de transformadores de potencia.

Los efectos de las depresiones de tensión dependen de su duración y de su profundidad, están relacionados con la desconexión de equipos de cómputo, PLC y contactores entre otros dispositivos. También se presenta en efectos de sobre la velocidad de los motores.

Diferentes posibilidades existen para descubrir los efectos de los sags. La primera se debe estabilizar la señal de tensión a través de acondicionadores de red, los cuales existen con diferentes principios y tecnologías.

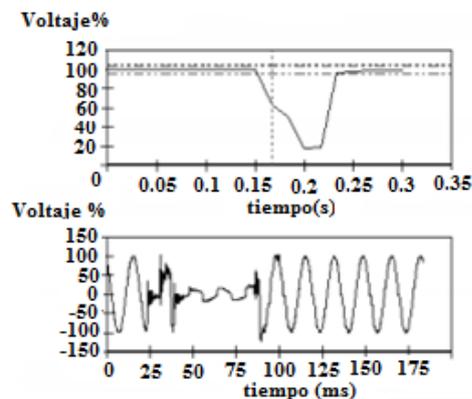


Fig. 5. Depresiones de tensión [12]

Crestas

Una cresta (Swell) se define como un incremento del valor R.M.S. de la tensión o la corriente entre 1,1 y 1,8 p.u. con una duración desde 0,5 ciclo a un minuto.

Las crestas son asociadas a fallas en el sistema aunque no son tan comunes como las depresiones. Un caso típico se aprecia en la elevación temporal de la tensión en las fases no falladas durante una falla línea a tierra.

También pueden ser causadas por la desconexión de grandes cargas o la energización de grandes bancos de capacitores.

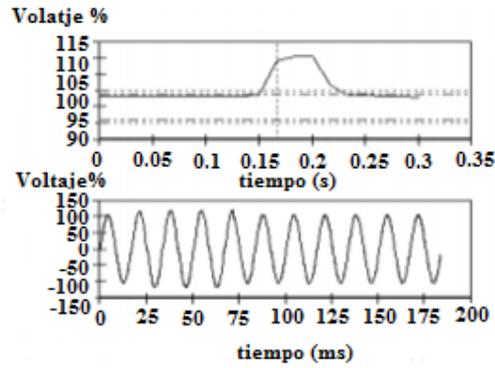


Fig. 6. Crestas [12]

Interrupciones

Una interrupción sucede cuando la tensión o la corriente de la carga disminuyen a menos de 0,1 p.u. por un período de tiempo que no pasa de un minuto.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema, equipos averiados o debidas a fallas de los sistemas de control. Las interrupciones se caracterizan por su duración ya que la magnitud de la tensión es siempre inferior al 10% de su valor nominal.

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

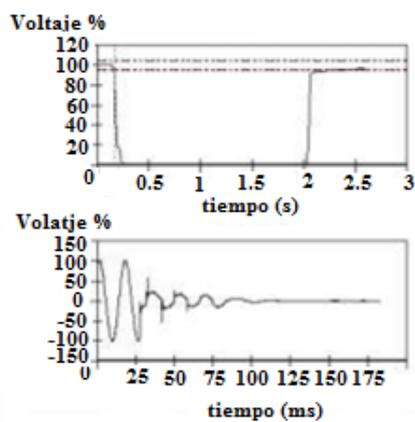


Fig. 7. Interrupciones de voltaje [12]

Variaciones de tensión de larga duración.

Son aquellas variaciones del valor R.M.S. de la tensión que ocurren con una duración mayor a un minuto.

La norma ANSI C84.1 indica las tolerancias de la tensión estable en un sistema de potencia. Una variación de voltaje se considera de larga duración cuando excede el límite de la ANSI por más de un minuto. Debe prestarse atención a los valores fuera de estos rangos[12].

Clasificación de las Variaciones de Tensión de Larga Duración

a. Sobretensión es un incremento de la tensión a un nivel superior al 110% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

Las sobretensiones son el resultado de la desconexión de grandes cargas o debido a la conexión de bancos de capacitores.

Se las observa cuando el sistema es muy débil para mantener la regulación de la tensión o cuando el control de la tensión es inadecuado.

La incorrecta selección del TAP en los transformadores ocasiona sobretensión en el sistema.

b. Se entiende por baja tensión la reducción en el valor R.M.S. de la tensión a menos del 90% del valor nominal por una duración mayor de un minuto.

La conexión de una carga o la desconexión de un banco de capacitores pueden causar una baja tensión hasta que los equipos de regulación actúen correctamente para restablecerlo.

Los circuitos sobrecargados producen baja tensión en los terminales de la carga.

La sobretensión y la baja tensión no se deben a fallas en el sistema. Estas son causadas comúnmente por variaciones de la carga, operaciones de conexión y desconexión.

Estas variaciones se registran cuando se monitorea el valor R.M.S. de la tensión en función del tiempo.

c. Se denomina una interrupción sostenida cuando la ausencia de tensión se manifiesta por un período superior a un minuto. Este tipo de interrupciones frecuentemente son permanentes y requieren la intervención del hombre para restablecer la energía[13].

Desequilibrio de tensiones.

En un sistema eléctrico existen cuando las tensiones entre las tres líneas no son iguales y puede ser definido como la desviación máxima respecto al valor promedio de las tensiones de línea, dividida entre el promedio de las tensiones de línea, expresado en porcentaje.

El desbalance también puede ser detectado usando componentes simétricas como la relación de la componente de secuencia cero o la componente de secuencia negativa entre la componente de secuencia positiva, expresada en porcentaje.

Las fuentes más comunes de desequilibrio de tensiones son las cargas monofásicas conectadas en circuitos trifásicos, los transformadores conectados en delta abierto, fallas de aislamiento en conductores no detectadas.

Es recomendable que el desequilibrio de tensiones sea menor al 2%.

Distorsión de la forma de onda.

Es una desviación estable del comportamiento idealmente sinusoidal de la tensión o la corriente a la frecuencia fundamental del sistema de potencia. Se caracteriza, principalmente, por el contenido espectral de la desviación.

Existen cinco formas primarias de distorsión de la forma de onda:

- Corriente DC
- Armónicos
- Interarmónicos
- Hendiduras
- Ruido

Corriente DC

La presencia de una tensión o corriente directa (DC) en un sistema de corriente alterna (AC) de potencia se denomina corrimiento DC (DC offset).

Esto ocurre por el efecto de la rectificación de media onda, extensores de vida o controladores de luces incandescentes. Este tipo de controlador, por ejemplo, puede consistir en diodos que reducen el valor R.M.S. de la tensión de alimentación por rectificación de media onda.

Armónicos

Son tensiones o corrientes sinusoidales donde su frecuencia es un múltiplo integral de la frecuencia fundamental del sistema la cual, para el caso de nuestro país es 60 Hz.

Las formas de onda distorsionadas son descompuestas, de acuerdo con Fourier, en la suma de una componente fundamental más las componentes armónicas. La distorsión armónica se origina, fundamentalmente, por la característica no lineal de las cargas en los sistemas de potencia.

El nivel de distorsión armónica se muestra por el espectro total armónico mediante las magnitudes y el ángulo de fase de cada componente individual.

Se utiliza un criterio llamado distorsión total armónica (THD) como medida de distorsión.

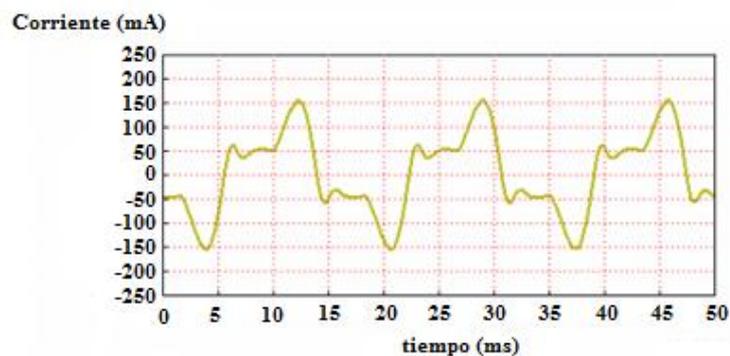


Fig.8. Corriente Armónica [14]

Dentro de los efectos nocivos que presentan los armónicos, se pueden citar los siguientes:

- Causan errores adicionales en las lecturas de los medidores de electricidad, tipo disco de inducción.
- Las fuerzas electrodinámicas producidas por las corrientes instantáneas, asociadas con las diferentes corrientes armónicas, causan vibraciones y ruido acústico en transformadores, reactores y máquinas rotativas.
- Causan interferencias en las comunicaciones y en los circuitos de control.
- Provocan la disminución del factor de potencia.
- Se asocian con el calentamiento de condensadores.
- Suelen provocar ferresonancia.
- Producen calentamiento debido al incremento de las pérdidas en transformadores y máquinas.
- Al aumentar la corriente debido a los armónicos, se aumentan el calentamiento y de las pérdidas en los cables. Como caso específico, se puede mencionar la presencia de mayor corriente en los neutros de los sistemas de baja tensión.
- Causan sobrecargas en transformadores, máquinas y cables de los sistemas eléctricos
- Los armónicos de tensión provocan disturbios en los sistemas electrónicos. Por ejemplo, afectan el normal desempeño de los tiristores.

La mitigación de los efectos nocivos de los armónicos puede llevarse a cabo mediante:

- El monitoreo constante y específico de los sistemas para detectar la presencia de armónicos indeseables.
- El uso de filtros para eliminar los armónicos indeseables.
- El correcto dimensionamiento los transformadores, máquinas y cables teniendo en cuenta la presencia de corrientes no sinusoidales (presencia de armónicos).

Interarmónicos

Son tensiones o corrientes con elementos de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual trabaja el sistema.

Se pueden encontrar en redes de todas las clases de tensiones. Las principales fuentes de interarmónicos son: convertidores estáticos de frecuencia, los ciclo convertidores, los motores asincrónicos y los dispositivos de arco.

Efectos de calentamientos, similares a los producidos por los armónicos, son causados por los interarmónicos. Debido a que los interarmónicos son fuentes de fluctuaciones de tensión, presentan un alto riesgo de generación de flicker.

La mitigación de los efectos de los interarmónicos se realiza en base a filtros pasivos.

Muestras de Tensión (Notching)

Llamadas también hendiduras, las muescas son perturbaciones periódicas en la forma de onda de tensión, originadas por la operación normal de los dispositivos de electrónica de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

Ocurren continuamente, son caracterizadas por el espectro armónico de la tensión afectada.

Son tratadas como un caso único ya que los componentes de frecuencia asociados a ellas pueden ser tan altos que no son fáciles de detectar por los equipos de medición comúnmente utilizados para el análisis armónico.

Causan fallas en las CPU, impresoras láser y mal funcionamiento de algunos equipos electrónicos.

Para la eliminación de las muescas de tensión implica el aislamiento, de los equipos sensibles, de la fuente que las está produciendo. La inserción de reactancias inductivas también puede servir como solución, para mitigar el efecto de las muescas.

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.

Es causado por dispositivos de electrónica de potencia, circuitos de control, equipos de arco, cargas con rectificadores de estado sólido y fuentes conmutadas.

La causa más frecuente de ruidos son los generadores de emergencia baratos de baja calidad donde se manifiesta el efecto de las ranuras en la forma de onda del voltaje de salida[14].

Fluctuaciones de tensión.

Son variaciones sistemáticas del envolvente de la tensión o una serie de cambios aleatorios de la tensión cuya magnitud no excede normalmente los rangos de tensión especificados por la norma ANSI C84.1.

Las cargas que muestran variaciones rápidas y continuas de la magnitud de la corriente pueden causar variaciones de tensión que son frecuentemente denominadas “flicker”.

El término flicker se origina del impacto de las fluctuaciones de tensión en las lámparas al ser percibidas por el ojo humano como titilaciones.

Las causas más comunes de las fluctuaciones de tensión en los sistemas de transmisión y distribución son los hornos de arco. En otros sistemas más débiles las fluctuaciones se pueden deber a la presencia de equipos de soldadura por arco y cargas similares.

La señal de flicker se define por su magnitud R.M.S. expresada como por ciento de la tensión nominal.

Típicamente las magnitudes son tan bajas como un 0,5% de la tensión del sistema y producen un titileo perceptible en las lámparas si la frecuencia está en el rango de 6 a 8 Hz.

El flicker de tensión se mide con respecto a la percepción del ojo humano.

El Consejo de la Industria de Tecnología de la Información (ITIC) menciona los valores tolerables y la duración de las variaciones de voltaje que pueden ingresar sin dañar o interrumpir las funciones de sus productos.

Estos valores son aplicables a sistemas de 120 V R.M.S. a 60 Hz. Se denominan tres regiones; la región prohibida, donde no es posible la explotación, la zona de operación sin interrupciones y la región donde no deben suceder daños permanentes a sus equipos ante variaciones de la magnitud mostrada[15].

1.3.1 Mediciones de las Potencias

El aparato creado para medir la potencia eléctrica es el vatímetro.

En realidad, el vatímetro mide por separado la tensión y la intensidad de la corriente, para después realizar la operación:

$$P = V \cdot I$$

Dónde: V= voltaje

I= intensidad (2)

Este aparato es un conjunto de dos bobinas; una amperimétrica y otra volumétrica. La bobina amperimétrica tiene características similares a la de un amperímetro: tiene una resistencia muy baja y se conecta en serie. La bobina volumétrica tiene las mismas características que las de un voltímetro: tiene una resistencia muy alta y se conecta en paralelo

Para C.C, el vatímetro indica directamente el producto de la tensión por la intensidad, dando como resultado de la medida la potencia media. Para C.A., indica directamente el producto de la tensión por la intensidad y por el $\cos \phi$ dando como resultado la medida la potencia activa.

Medida de la energía eléctrica

El aparato que mide la energía eléctrica consumida por los consumidores es el contador, éste se conecta exactamente igual que un vatímetro, y nos da la lectura de la energía consumida, gracias a que integra el producto de la potencia por el tiempo.

El contador de energía que más se usa en la actualidad es el de inducción, que realiza la medida basándose en un sistema motorizado, que obliga a girar un disco. La velocidad de dicho disco depende del producto de la tensión por la intensidad, es decir de la potencia. Este es un sistema que cuenta el número de vueltas y presenta una lectura directa de los KWh consumidos.

1.3.2 Valor Eficaz de la Energía Eléctrica

Dentro de la electricidad y la electrónica, en corriente alterna, el valor cuadrático medio (en inglés root mean square, abreviado RMS o rms), de una corriente variable es denominado valor eficaz.

Se denomina como, el valor de una corriente rigurosamente constante (corriente continua) que circula por una determinada resistencia óhmica pura que produce los mismos efectos caloríficos (igual potencia disipada) que dicha corriente variable (corriente alterna).

De esta manera, una corriente eficaz es capaz de producir el mismo trabajo que su valor en corriente directa o continua. Como se indica, derivado de las ecuaciones siguientes, el valor eficaz es independiente de la frecuencia o periodo de la señal.

Al ser la intensidad de esta corriente variable una función continua $i(t)$ se puede calcular:

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) dt}$$

Dónde:

T = es el periodo de la señal. (3)

Esta expresión es válida para cualquier forma de onda, sea ésta sinusoidal o no, siendo por tanto aplicable a señales de radiofrecuencia, de audio o vídeo[16].

En el caso de una corriente alterna sinusoidal (como lo es, con bastante aproximación, la de la red eléctrica) con una amplitud máxima o de pico $I_{m\acute{a}x.}$, el valor eficaz I_{ef} es:

$$I_{ef} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

1.4 Características del Microcontrolador PIC 18F452

El microcontrolador PIC18F452, es un dispositivo electrónico encapsulado, que consta de 40 pines, diseñado para realizar un sin número de tareas de control, de fácil programación, con una capacidad de memoria de programa de 32 K y 1,5 K bytes de memoria de datos.

Las características principales de este microcontrolador son:

- Corriente máxima de 25 mA. en sus puertos
- Tres pines de interrupciones externas
- Cuatro módulos timer
- Dos módulos PWM/CCP
- Modo de comunicación SPI
- Modo de comunicación ILC
- Módulo de comunicación USART
- Puerto paralelo esclavo (PSP)
- Módulo de convertidores análogo/digital

Para una explicación más específica de las características del PIC 18F452, se adjunta la tabla de especificaciones técnicas:

Especificaciones Básicas	
Frecuencia de operación	DC-40 MHz
Memoria de programa	32 k
Memoria de datos	1,5 k
Memoria de datos EEPROM	256 bytes
Fuentes de interrupción	18
Puertos I/O	5
Timmers	4
Módulos PWM	2
Comunicación Serial	MSSP, USART
Comunicación en paralelo	1PSP
Módulo ADC	8 canales de ingreso
Set de instrucciones	75 instrucciones
Encapsulado	40 pines

Tabla 1. Especificaciones técnicas PIC 18F452

De igual manera se puede apreciar la distribución de pines y detallar las características en orden de acuerdo a su distribución, el fabricante detalla dicha distribución en la siguiente figura:

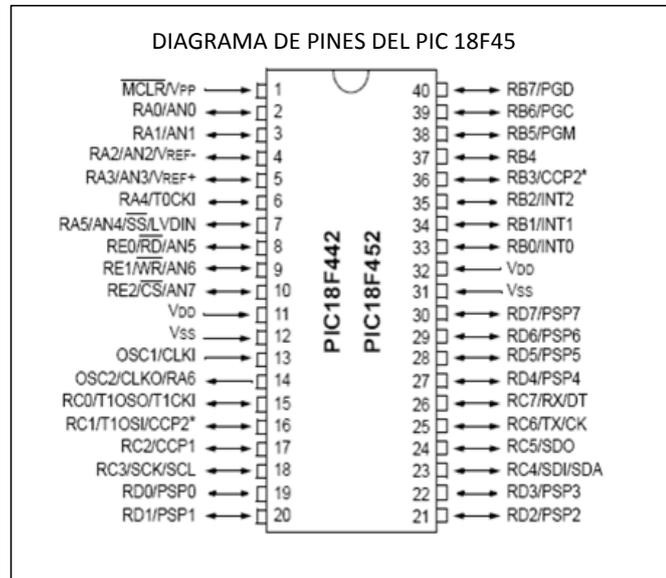


Fig. 9. Distribución de pines del microcontrolador PIC 18F452

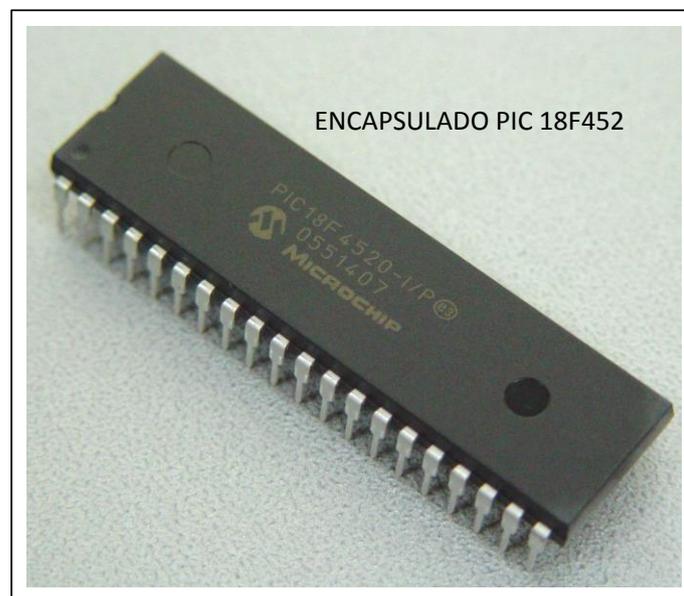


Fig. 10. Presentación del encapsulado en el mercado del microcontrolador PIC 18F452

1.5 Comunicación Serial

Es un protocolo muy común (no hay que confundirlo con el Bus Serial de Comunicación, o USB) para comunicarse entre dispositivos que se incluye de manera estándar en cualquier computador. La mayoría de los computadores incluyen dos puertos seriales RS-232. La comunicación serial es también un protocolo común utilizado por algunos dispositivos para instrumentación; existen varios dispositivos compatibles con GPIB que incluyen un puerto RS-232. Además, la comunicación serial puede ser utilizada para adquisición de datos si se usa en conjunto con un dispositivo remoto de muestreo.

El concepto es simple, el puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Por ejemplo, la especificación IEEE 488 para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre cualesquier dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros[17].

Frecuentemente la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra. Existen otras líneas disponibles para realizar handshaking, o intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad. Para que dos puertos se puedan comunicar, es necesario que las características sean iguales.

1.5.1 Sistemas de Transmisión

Cuando se transmite información a través de una línea serie es necesario utilizar un sistema de codificación que permita resolver los siguientes problemas:

Sincronización de bits: El receptor necesita saber dónde comienza y donde termina cada bit en la señal recibida para efectuar el muestreo de la misma en el centro del intervalo de cada símbolo (bit para señales binarias).

Sincronización del carácter: La información serie se transmite por definición bit a bit, pero la misma tiene sentido en palabras o bytes.

Sincronización del mensaje: Es necesario conocer el inicio y fin de una cadena de caracteres por parte del receptor para, por ejemplo, detectar algún error en la comunicación de un mensaje.

Existen dos modos para realizar la transmisión de datos y son:

- Modo asíncrono.
- Modo síncrono.

Las transmisiones asíncronas son aquellas en que los bits que constituyen el código de un carácter se emiten con la ayuda de impulsos suplementarios que permiten mantener en sincronismo los dos extremos.

En las transmisiones síncronas los caracteres se transmiten consecutivamente, no existiendo ni bit de inicio ni bit de parada entre los caracteres, estando dividida la corriente de caracteres en bloques, enviándose una secuencia de sincronización al inicio de cada bloque.

La transmisión asíncrona

Cuando se opera en modo asíncrono no existe una línea de reloj común que establezca la duración de un bit y el carácter puede ser enviado en cualquier momento. Esto conlleva que cada dispositivo tiene su propio reloj y que previamente se ha acordado que ambos dispositivos transmitirán datos a la misma velocidad.

En un sistema digital, un reloj es normalmente utilizado para sincronizar la transferencia de datos entre las diferentes partes del sistema. El reloj definirá el inicio y fin de cada unidad de información así como la velocidad de transmisión. Si no existe reloj común, algún modo debe ser utilizado para sincronizar el mensaje.

La transmisión síncrona

Es un método más eficiente de comunicación en cuanto a velocidad de transmisión. Ello viene dado porque no existe ningún tipo de información adicional entre los caracteres a ser transmitidos.

Cuando se transmite de manera síncrona lo primero que se envía es un octeto de sincronismo ("sync"). El octeto de sincronismo realiza la misma función que el bit de inicio en la transmisión asíncrona, indicando al receptor que va a ser enviado un mensaje. Este carácter, además, utiliza la señal local de reloj para determinar cuándo y con qué frecuencia será muestreada la señal, es decir, permite sincronizar los relojes de los dispositivos transmisor y receptor. La mayoría de los dispositivos de comunicación llevan a cabo una re sincronización contra posibles desviaciones del reloj, cada uno o dos segundos, insertando para ello caracteres del tipo "sync" periódicamente dentro del mensaje.

Los caracteres de sincronismo deben diferenciarse de los datos del usuario para permitir al receptor detectar los caracteres "sync". Por ejemplo, el código ASCII utiliza el octeto 10010110.

Existen casos en que son definidos dos caracteres de sincronismo, ello puede ser necesario si, por cualquier motivo el carácter "sync" original se desvirtuara, el siguiente permitirá la re inicialización del receptor. En segundo lugar, puede ocurrir que el equipo receptor necesite un tiempo adicional para adaptarse a la señal entrante.

Cuando se transmite de forma síncrona, se debe mantener el sincronismo entre el transmisor y el receptor cuando no se envían caracteres, para ello son insertados caracteres de sincronismo de manera automática por el dispositivo que realiza la comunicación[18].

1.5.2 Características de la comunicación por RS232

Es una de las normas más frecuentes empleadas en la comunicación serie (su inserción en el PC incremento su popularidad). Fue desarrollada en la década de los 60 para gobernar la interconexión de terminales y MODEM. Está patrocinada por la EIA (Asociación de Industrias Eléctricas).

El conector RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es el conector serial hallado en las PCs y es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial. Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones en las que se aumenta el desempeño de RS-232 en lo que respecta a la distancia y velocidad del estándar. RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los

dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 15 mts.

El protocolo RS-232 es una norma o estándar mundial que rige los parámetros de uno de los modos de comunicación serial. Por medio de este protocolo se estandarizan las velocidades de transferencia de datos, la forma de control que utiliza dicha transferencia, los niveles de voltajes utilizados, el tipo de cable permitido, las distancias entre equipos, los conectores, etc.

Además de las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), las comunicaciones seriales poseen otras líneas de control de flujo (Hands-hake), donde su uso es opcional dependiendo del dispositivo a conectar.

A nivel de software, la configuración principal que se debe dar a una conexión a través de puertos seriales. RS-232 es básicamente la selección de la velocidad en baudios (1200, 2400, 4800, etc.), la verificación de datos o paridad (parida par o paridad impar o sin paridad), los bits de parada luego de cada dato(1 ó 2), y la cantidad de bits por dato (7 ó 8), que se utiliza para cada símbolo o carácter enviado.

La Norma RS-232 fue definida para conectar un ordenador a un modem. Además de transmitirse los datos de una forma serie asíncrona son necesarias una serie de señales adicionales, que se definen en la norma. Las tensiones empleadas están comprendidas entre +15/-15 voltios[19].

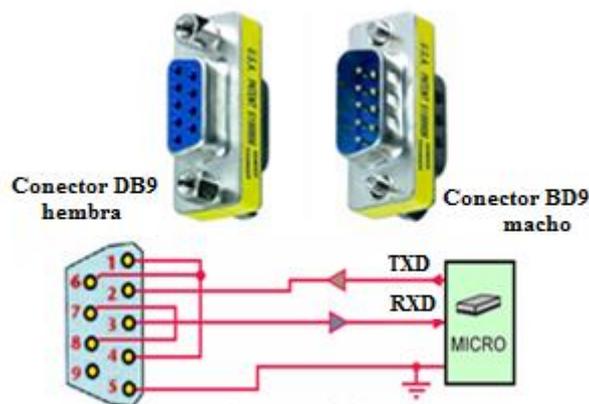


Fig. 11. Conector DB9 hembra y macho, conexión para comunicación con micro controlador y distribución de pines [19].

CAPITULO 2

2. MEDICION Y CALCULO DE LOS PARAMETROS ELECTRICOS

2.1. Medición y Cálculo de los parámetros eléctricos: frecuencia, tensión y corriente

Introducción

En una central hidroeléctrica, hay varios procesos físicos de transformación de energía para llegar a producir electricidad, la hidroeléctrica explota el caudal de agua de los ríos, lagos, presas en donde hay que tener en cuenta la reutilización y ahorro de este recurso, de igual manera el aprovechamiento de la potencia eléctrica en lugares aislados y la energía de potencial del agua que mueve una turbina, que lleva acoplado a su eje un generador que a su salida entrega potencia, tensión y frecuencia, el monitoreo y medición de estos parámetros en condiciones ideales determinan la calidad de energía eléctrica, producida de acuerdo a los estándares locales para su comercialización, este trabajo plantea a través del estudio de cálculo y de medición de los parámetros eléctricos de voltaje, corriente y frecuencia diseñar los circuitos electrónicos, que acondicionados nos darán a conocer el comportamiento de cada uno de ellos.

2.1.1 Mediciones de Frecuencia

La frecuencia de la corriente alterna (C.A.) constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número explícito de veces durante un segundo de tiempo y puede contener desde uno hasta millones de ciclos por segundo o hertz (Hz).

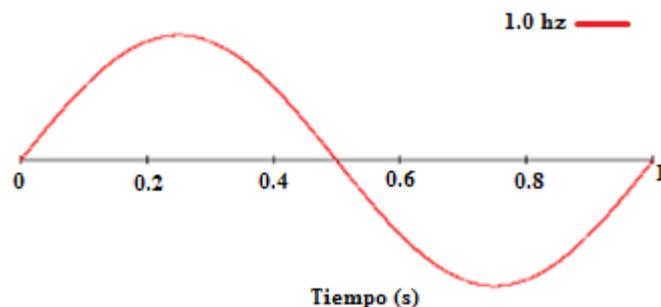


Fig. 12. Concepto de frecuencia.

La frecuencia se representa con la letra (f) y su unidad de medida es el ciclo por segundo o hertz (Hz). Sus múltiplos más empleados son los siguientes:

- kilohertz (kHz) = 10³ hertz = mil hertz
- megahertz (MHz) = 10⁶ hertz = un millón de hertz
- gigahertz (GHz) = 10⁹ hertz = mil millones de hertz

La corriente alterna puede tener diferentes formas de onda, pero la más común es la que presenta una onda sinusoidal o senoidal por cada ciclo de frecuencia, (ref. figura 13).

El tiempo que demora cada valor de la senoide de corriente alterna en repetirse o cumplir un ciclo completo, ya sea entre pico y pico, entre valle y valle o entre nodo y nodo, se conoce como “período”. El período se expresa en segundos y se representa con la letra (T).

El período es lo inverso de la frecuencia y, matemáticamente, se puede representar por medio de la siguiente fórmula:

$$T = \frac{1}{f}$$

Dónde: f es la frecuencia (5)

Por tanto, por medio de esta fórmula podemos conocer también cuál es la frecuencia de la corriente conociendo previamente el valor del período[20]. Para ello despejamos (f) de la forma siguiente y el resultado se obtendrá en ciclos por segundos o hertz:

$$f = \frac{1}{T}$$

Dónde: T es el periodo (6)

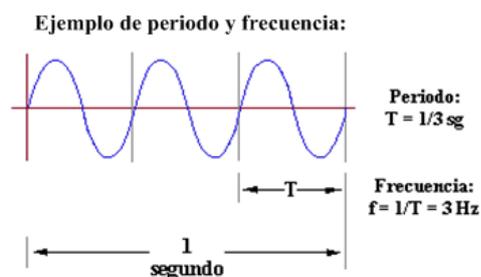


Fig. 13. Ejemplo de medición de frecuencia y período [20].

2.1.2 Mediciones de voltaje

El voltaje es la magnitud física que, en un circuito eléctrico, mueve en una dirección a los electrones a lo largo de un conductor. Es decir, conduce la energía eléctrica con mayor o menor potencia.

El voltaje es un sinónimo de tensión y de diferencia de potencial. En otras palabras, el voltaje es el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula para que ésta se mueva de un lugar a otro (fig. 14). En el Sistema Internacional de Unidades, dicha diferencia de potencial se mide en voltios (V), y esto determina la categorización en “bajo” o “alto voltaje”.

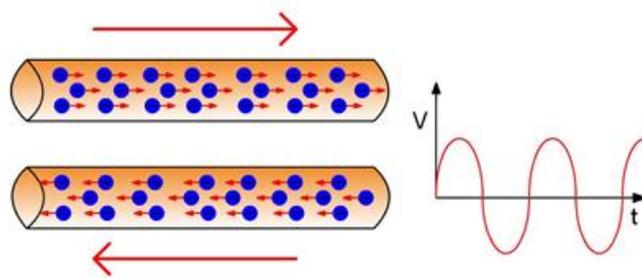


Fig. 14. Concepto y medición de voltaje [21].

Un voltio es la unidad de potencial eléctrico, fuerza electromotriz y voltaje. Algunos voltajes frecuentes son el de una neurona (75 mV), una batería o pila no recargable alcalina (1,5 V), una recargable de litio (3,75 V), un sistema eléctrico de automóvil (12 V), la electricidad en una vivienda (230 en Europa, Asia y África, 120 en Norteamérica y 220 algunos países de Sudamérica), el riel de un tren (600 a 700 V), una red de transporte de electricidad de alto voltaje (110 kV) y un relámpago (100 MV).

2.1.3 Mediciones de Corriente

Se denomina corriente eléctrica a la magnitud física que nos indica la cantidad de electricidad que recorre un conductor, durante una unidad de tiempo determinada (fig. 15). El flujo de intensidad eléctrica, de acuerdo a lo establecido por el Sistema Internacional de Unidades, que es aquel sistema que en este sentido adoptan la mayor parte de los países del planeta, se mide en lo que se denomina amperios (A).

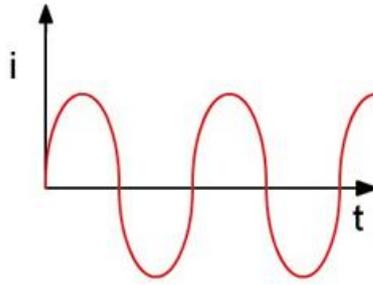


Fig. 15. Concepto y medición de voltaje [21].

La corriente eléctrica es la consecuencia del movimiento que presentan los electrones que se hayan dispuestos en el interior del material en cuestión (conductor). En tanto, por este movimiento de cargas que provoca, es habitual que la corriente eléctrica provoque lo que se conoce como campo magnético[21].

Existe un instrumento de uso muy extendido a partir del cual se puede efectuar la medición de una corriente eléctrica y es el galvanómetro.

Cuando el instrumento recién mencionado se halla calibrado en amperios se lo conoce como amperímetro, o sea, que se trata de un galvanómetro tradicional pero que se presenta calibrado en la unidad de intensidad de corriente eléctrica de amperio.

2.1.4 Cálculo de potencias y el factor de potencia

Potencia en un circuito R.LC

En un circuito con resistencia, bobina y condensador se puede observar que existe un consumo de energía eléctrica que se transforma en calor a causa de la resistencia R . Por otro lado, en la bobina y el condensador se producen constantes cargas y descargas de energía en forma de campo electromagnético.

Esto da lugar a que en el mismo circuito coexistan diferentes tipos de potencias:

Potencia activa: Este tipo de potencia es el que se transforma en calor, en la resistencia. Se puede decir que es la única potencia que se consume en el circuito y por tanto, es la que debe aportar el generador su mismo valor de consumo.

Esta potencia es la que miden los vatímetros y en una resistencia se puede calcular mediante la expresión:

$$P = R \cdot I^2$$

Dónde: R= resistencia

I= intensidad (7)

Se mide en vatios (W). Para calcular la potencia activa de cualquier circuito podemos utilizar la siguiente expresión:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Dónde: V = voltaje

I= intensidad de corriente

$\cos \phi$; del ángulo resultante de potencias (8)

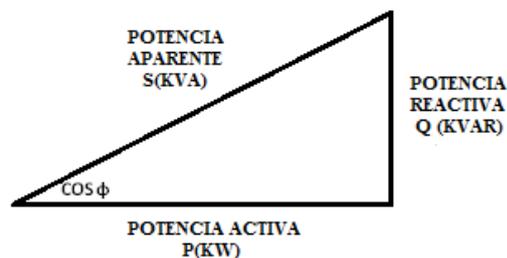


Fig. 16. Triángulo de potencias.

Potencia reactiva: Es la potencia con la que se carga y descarga constantemente la bobina y el condensador. Realmente es una potencia que no se consume, únicamente se intercambia entre el generador, la bobina y el condensador, haciendo fluir una corriente extra por los conductores de alimentación.

Su unidad de medida es el voltio-amperio reactivo (VAR.). Para calcular la potencia reactiva de cualquier circuito utilizamos la expresión:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$$

Dónde: V = voltaje

I= intensidad de corriente

$\sin \phi$; del ángulo resultante de potencias (9)

Potencia aparente: Es la potencia total que transportan los conductores que alimentan al circuito. Dado que en un circuito RLC existe potencia activa y reactiva, por los conductores que alimentan a dicho circuito se transportan ambas potencias. Si sumamos vectorialmente estas potencias obtendremos la potencia aparente. Se suele representar por la letra S y su unidad de medida el voltio-amperio (VA). Para calcular la potencia aparente de cualquier circuito utilizamos la expresión:

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

Dónde: P = Potencia Activa.

Q = Potencia Reactiva (10)

Factor de Potencia

Se define factor de potencia (f.d.p), de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa (**P**), y la potencia aparente (**S**). Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón f.d.p = 1 en cargas puramente resistivas; y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia f.d.p = 0.

Se define el factor de potencia como:

$$\text{f. d. p} = \frac{P}{|S|} = \cos \phi$$

Dónde: P= Potencia Activa

S=Potencia Aparente (11)

Donde ϕ es el ángulo entre la potencia activa **P** y el valor absoluto de la aparente **S**[22].

2.2 Mediciones en un sistema trifásico.

Introducción.

La mayor parte de la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica se efectúa por medio de sistemas polifásicos; por razones económicas y operativas, los sistemas trifásicos son los más populares.

Una fuente trifásica de tensión está constituida por tres fases monofásicas de igual valor eficaz pero desfasadas 120° entre ellas. La siguiente figura indica lo mencionado.

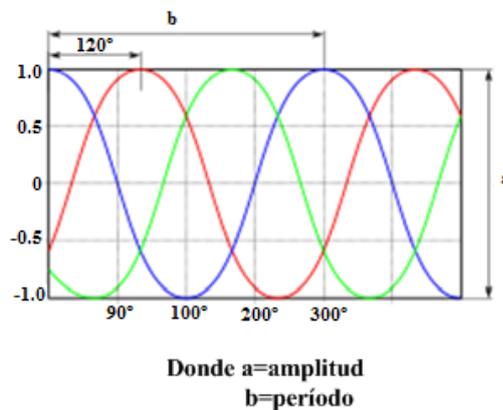


Fig. 17. Forma de onda sistema trifásico.

Fasorialmente se representa de la siguiente manera:

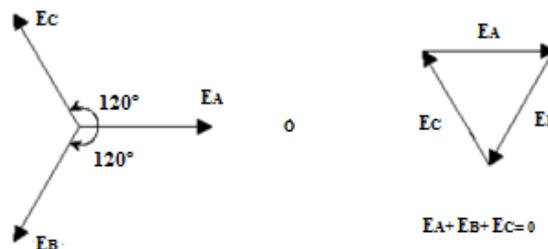


Fig. 18. Representación vectorial de un sistema trifásico [23].

Para poder medir los parámetros de voltaje y corriente en un sistema trifásico debemos tomar en cuenta definiciones como:

Tensión de línea ó compuesta.- tensión entre dos líneas del sistema; (U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , fig.19).

Tensión de fase.- tensión de cada fuente del sistema o tensión sobre la impedancia de cada rama.

Corriente de línea.- corriente por la línea que sale de la fuente o corriente solicitada por la carga.

Corriente de fase.- corriente por la fuente o por la impedancia de cada rama.

Sistema Triángulo y Sistema Estrella.

En la siguiente figura cada fuente representa la bobina de un generador trifásico donde se inducen las tres tensiones del sistema trifásico.

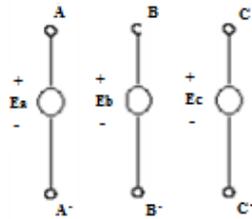


Fig. 19. Representación generadores de un sistema trifásico [23].

Conexión en triángulo.

La conexión de las tres fuentes se realiza de la siguiente forma:

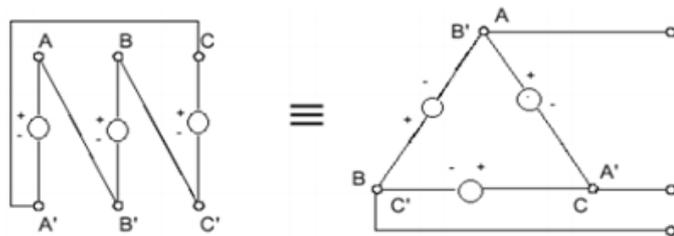


Fig. 20. Conexión triángulo [23].

Para este tipo de conexión las tensiones de fase coinciden con las tensiones de línea.

Las corrientes de fase (I_{AB} , I_{BC} , I_{CA}) son distintas de las corrientes de línea (I_A , I_B , I_C).

La siguiente figura ilustra estas magnitudes.

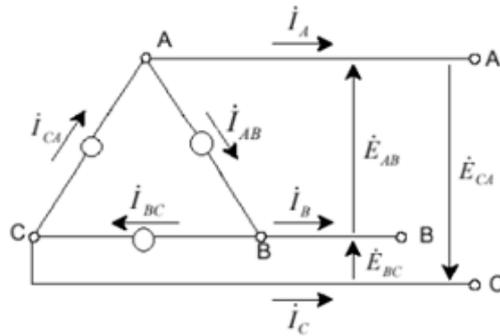


Fig. 21. Conexión triángulo comportamiento de corriente [23].

Se puede demostrar que para esta conexión la corriente de línea es igual a la corriente de fase multiplicada por $\sqrt{3}$.

Conexión en Estrella.

La conexión de las tres fuentes se realiza de la siguiente forma:

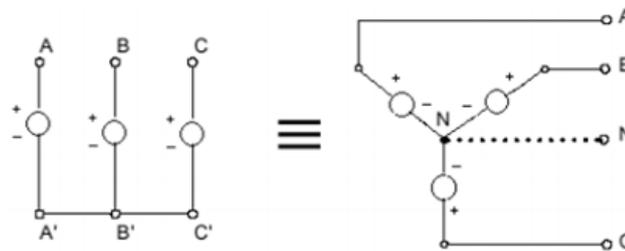


Fig. 22. Conexión estrella [23].

Para este tipo de conexión las corrientes de línea (I_A, I_B, I_C) y de fase (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}) coinciden en cambio las tensiones de línea (E_{AB}, E_{BC}, E_{CA}) y de fase (E_{AN}, E_{BN}, E_{CN}) son distintas.

La siguiente figura ilustra estas magnitudes.

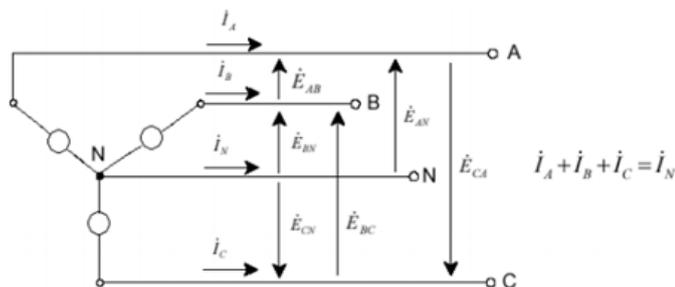


Fig. 23. Conexión estrella comportamiento de voltaje [23].

El punto N se denomina neutro y como se puede observar las tensiones de fase están definidas respecto de este punto.

La siguiente figura ilustra la relación entre las tensiones de fase y de línea.

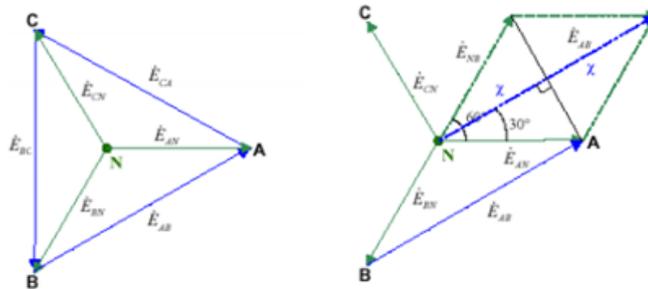


Fig. 24. Relación de voltaje en un sistema en estrella [23].

Las dos figuras anteriores son equivalentes.

A partir de estas figuras se puede obtener la relación entre las tensiones de fase y de línea.

$$X = E_{AN} \cdot \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E_{AN}$$

$$E_{AN} = 2 \cdot X = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot E_{AN}$$

Por lo que:

$$E_{AN} = \sqrt{3} \cdot E_{AN} \angle 30^\circ$$

Análogamente:

$$E_{BC} = \sqrt{3} \cdot E_{BN} \angle 270^\circ$$

$$E_{CA} = \sqrt{3} \cdot E_{CN} \angle 150^\circ \quad (12)$$

Los sistemas de tensiones de fase y de línea difieren en modulo en raíz de tres y están desfasados 30°[23].

2.3 Conclusiones del capítulo

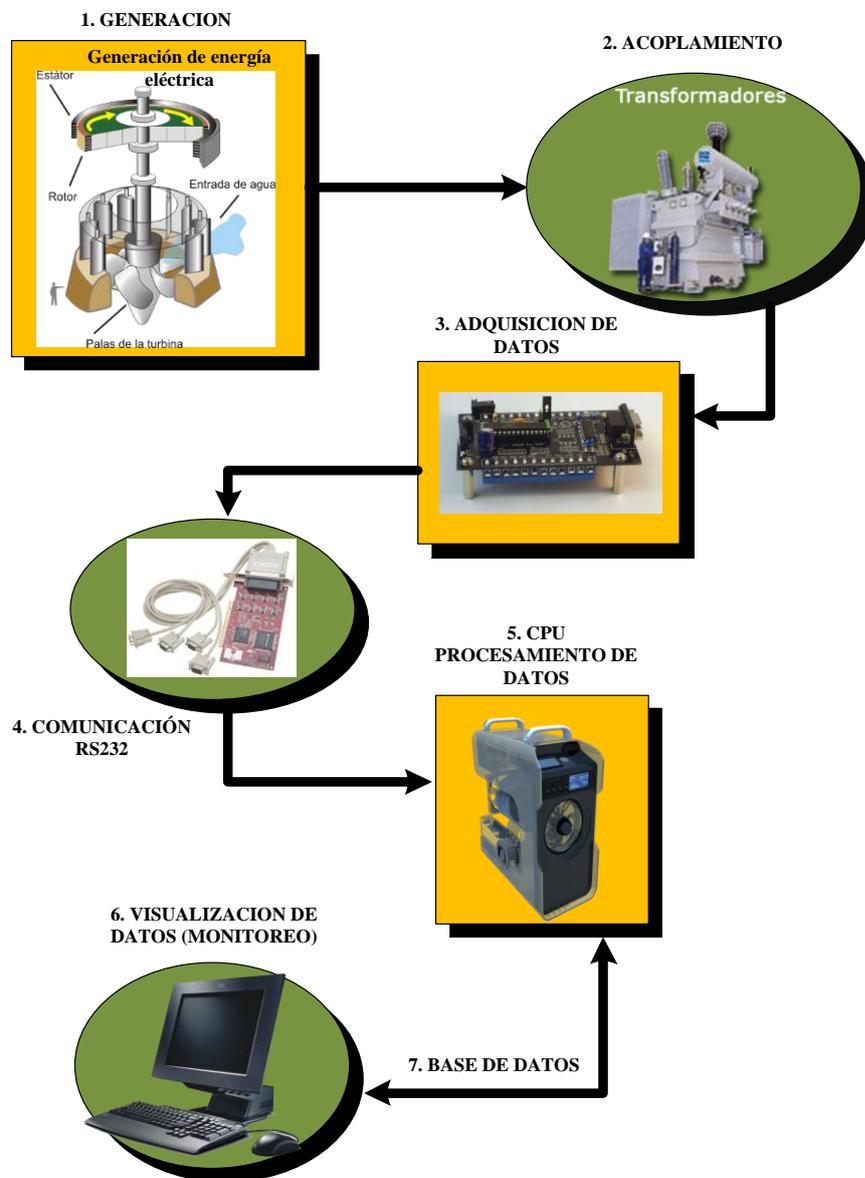
- El cálculo de los parámetros de la energía eléctrica nace del estudio de su comportamiento es por ello, que se debe tomar en cuenta la clase de circuito eléctrico que se requiere medir o calcular, para el desarrollo de este trabajo se ha tomado un circuito ideal, netamente resistivo ya que la energía a monitorear es la entregada directamente de su generación sin carga alguna.
- Dentro del estudio de los parámetros de la energía eléctrica y su comportamiento frente a su distribución nos podemos dar cuenta el fenómeno físico que a diario lo tenemos presente en nuestras actividades.
- La mayor parte de la generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica se efectúa por medio de sistemas polifásicos; por razones económicas y operativas los sistemas trifásicos son los más difundidos.
- En el estudio de los sistemas trifásicos podemos determinar las diferencias entre un sistema de conexión en triángulo de uno en estrella por el comportamiento de sus parámetros de corriente y voltaje ya que ambos mantienen una relación de $\sqrt{3}$, en el sistema de triángulo en su corriente y en el sistema estrella en su voltaje con la diferencia que en este hay un desfase de ángulo de 30° [19].
- El proceso de producción de energía eléctrica a través de la fuerza del agua que mueve una turbina, que lleva acoplado a su eje un generador que a su salida entrega potencia, tensión y frecuencia, el monitoreo y medición de estos parámetros en condiciones ideales determinan la calidad de energía eléctrica, producida de acuerdo a los estándares locales para su comercialización.

CAPITULO 3

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

3.1 Diagrama de bloques del Hardware.

Para poder diseñar un sistema de adquisición de datos, se ha partido en base a los diferentes escenarios que se pueden presentar, a continuación se presenta una ilustración de lo que con frecuencia se puede observar en las mini centrales hidroeléctricas.



Para poder explicar el funcionamiento de los circuitos acondicionadores a continuación se presenta la figura del circuito de acoplamiento para la medición de los parámetros propuestos en este trabajo, realizado con la ayuda del software PROTEUS.

Cabe mencionar que los circuitos fueron realizados con parámetros ideales ya que la energía entregada está libre de cargas, todo simulado virtualmente con diferentes programas concatenados que han dado como resultado un sistema óptimo de monitoreo.

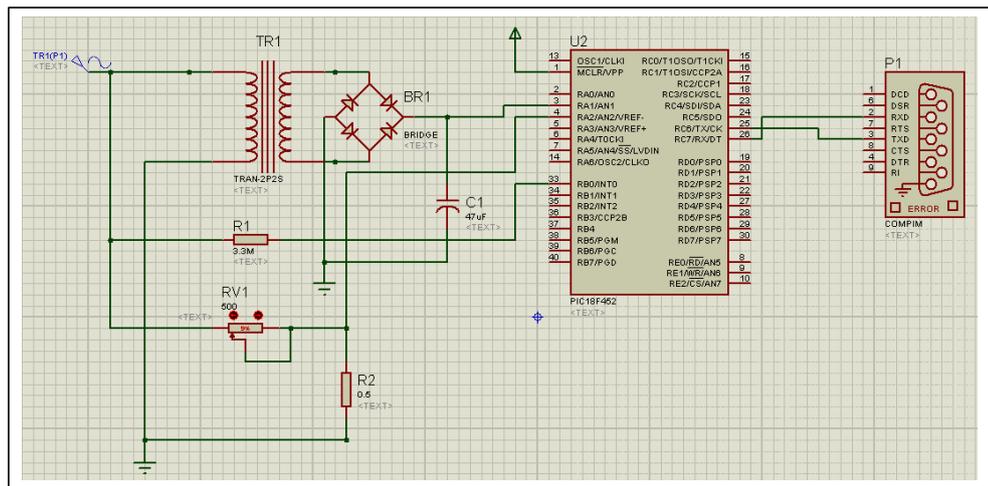


Fig. 25. Circuito acondicionador para la medición de parámetros de energía eléctrica.

3.2 Circuito acondicionador para la medición de frecuencia

Para el desarrollo de los circuitos acondicionados se ha tomado en cuenta el comportamiento de cada uno de los parámetros a medir, en este caso de la frecuencia se ha tomado su comportamiento, y su método matemático de calcular, para implementar el circuito se recibe la señal, entregada de la fase de acoplamiento de la central en los bornes del transformador luego se coloca una resistencia de 3,3 MΩ, como limitadora de corriente ya que el PIC18F452 en cada uno de sus puertos soporta una corriente máxima de 25 mA., esta señal entra al puerto RB0 (pin 33) donde el programa del microcontrolador se encarga de contabilizar el número de ciclos para sacar una media de acuerdo con la señal de onda paso por cero. El producto final de esta operación nos da como resultado la frecuencia a la que la señal de onda de entrada oscila.

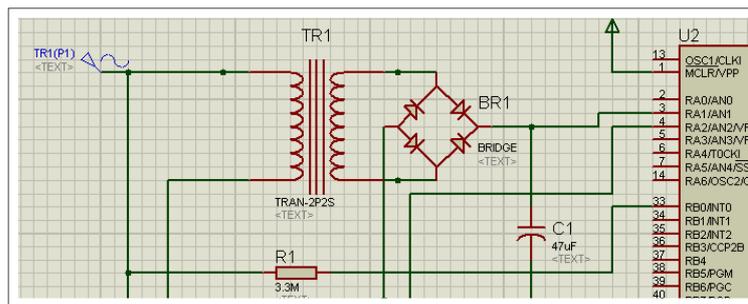


Fig. 26. Circuito acondicionador para la medición de frecuencia pin 33.

3.3 Circuito acondicionador para la medición de voltaje

Para la medición del voltaje se ha colocado un transformador reductor de 220V a 24V, y se rectifica la onda senoidal para obtener el valor del voltaje en DC, así tenemos los picos de onda para contabilizarlos y con la ayuda de la programación del PIC 18F452, conectado al puerto RA1 (pin 3), aplicando un contador de señales, contabilizando los picos de onda en un lapso de tiempo y realizando una operación de relación de transformación con los datos nominales que ofrece el microcontrolador. Véase esta relación programación de PIC 18F452, numeral 3.7.

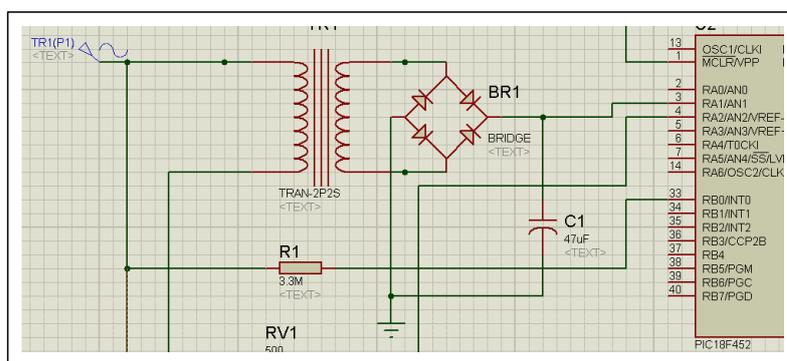


Fig. 27. Circuito acondicionador para la medición de voltaje pin 3.

3.4 Circuito acondicionador para la medición de corriente

Para la medición de corriente partimos del concepto de un circuito resistivo con dos resistencias, una para obtener un efecto shunt en nuestro circuito de un valor de $0,5 \Omega$ y la segunda resistencia variable para simular la carga y obtener valores de corriente de igual manera analizando su señal con la ayuda de PIC18F452, conectado al puerto RA2 (pin 4).

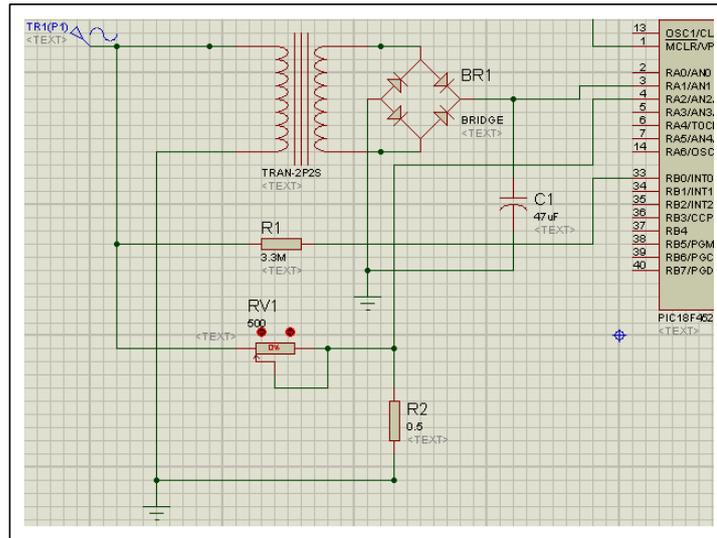


Fig. 28. Circuito acondicionador para la medición de corriente pin 4.

3.5 Desarrollo de Software

El presente trabajo presenta un entorno de acoplamiento de cuatro programas concatenados para evaluar valores y con la ayuda de sus herramientas obtener resultados que ayudan al monitoreo de las señales de los parámetros eléctricos simulados y procesados en una misma PC.

La primera etapa de este sistema de monitoreo se desarrolla virtualmente con la ayuda del programa PROTEUS un software de simulación electrónica, en él, se desarrolla la construcción de los circuitos de acoplamiento para la medición de los parámetros de frecuencia, voltaje y corriente los cuales son analizados por el microcontrolador PIC 18F452, y llevados a través de un conector DB9 para simular en una segunda etapa la comunicación RS232, la cual se desarrolla utilizando otro programa que crea puertos virtuales, este software nos ayuda para conectar el tercer programa que realiza la función de adquisición y monitoreo de datos, este es Labview en el cual se ha desarrollado un programa de análisis y muestreo de datos como el voltaje y la corriente a través de las funciones que este software brinda al usuario, así como también la utilización de ciertas operaciones para obtener otros valores como potencias, de igual manera este programa nos brinda la herramienta de crear una base de datos, en el programa de Excel, la cual es el conector para la etapa final de nuestro sistema en el cual se concatena el programa de análisis matemático Matlab, con el cual analizaremos las gráficas de niveles de voltaje y corriente al ser comparadas con las que se pueden ver en tiempo real en Labview, es un registro en función del tiempo, de igual manera se

ha programada obtener el valor de error de la medición de voltaje el cual lo obtenemos al aplicar una de las funciones que ofrece Matlab[24].

A continuación presentamos una figura donde se describe cada etapa del este sistema de adquisición, monitoreo y validación de datos, cada uno de los programas tiene su orden de funcionamiento y concatenación para apreciar de mejor manera la forma como está constituido este sistema, y la manera cómo funciona en relación al desarrollo de cada software de cada programa es decir su acoplamiento, para exportar e importar la data para que cada uno realice la función para la cual fue programado dando como resultado un sistema confiable con un margen de error mínimo.

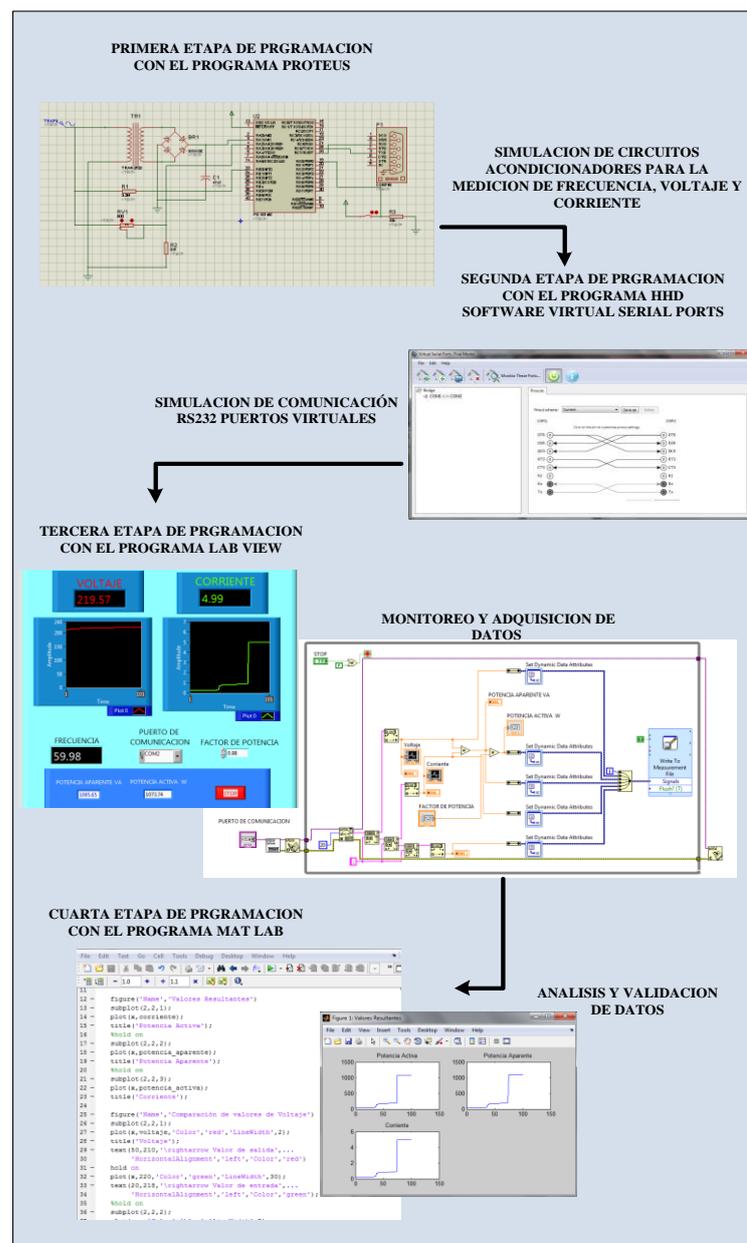


Fig. 29. Desarrollo del software.

3.6 Caracterización del entorno de desarrollo en Labview

Una de las partes de análisis y adquisición de datos se la ha programado dentro de Labview este programa y sus herramientas han permitido llevar el monitoreo de los parámetros de voltaje y corriente a analizarlos y exponerlos en su pantalla de muestreo con varias de las herramientas que ofrece este software, se ha creado un panel de monitoreo que muestra los valores de voltaje y de corriente datos que ingresan a través del programa de puertos virtuales desde el PROTEUS a Labview, estos datos son llevados a través de varios cuadros de diálogos para su configuración, y mostrados en la pantalla de simulación[25].



Fig. 30. Pantalla de monitoreo Labview.

Como indica la figura 28, esta pantalla se ha creado para indicar los valores de frecuencia, voltaje y corriente, su monitoreo en paneles de comportamiento donde vemos representados los valores de voltaje y corriente como a través del tiempo, de igual manera se ha creado un cuadro de dialogo de selección de puerto de comunicación para que la comunicación RS232 se logre a través de la selección del puerto habilitado, como una de las aplicaciones de labview se ha introducido el valor de factor de potencia para que el programa nos ayude con las operaciones matemáticas correspondientes y obtengamos las potencias respectivas en este caso la potencia activa y aparente.

Este programa también nos ayuda con la creación de una base de datos almacenados en un documento de Microsoft Excel, todas estas operaciones las podemos observar en la siguiente figura que muestra la programación de este sistema de adquisición de datos, muestreo y de almacenamiento de los mismos[26].

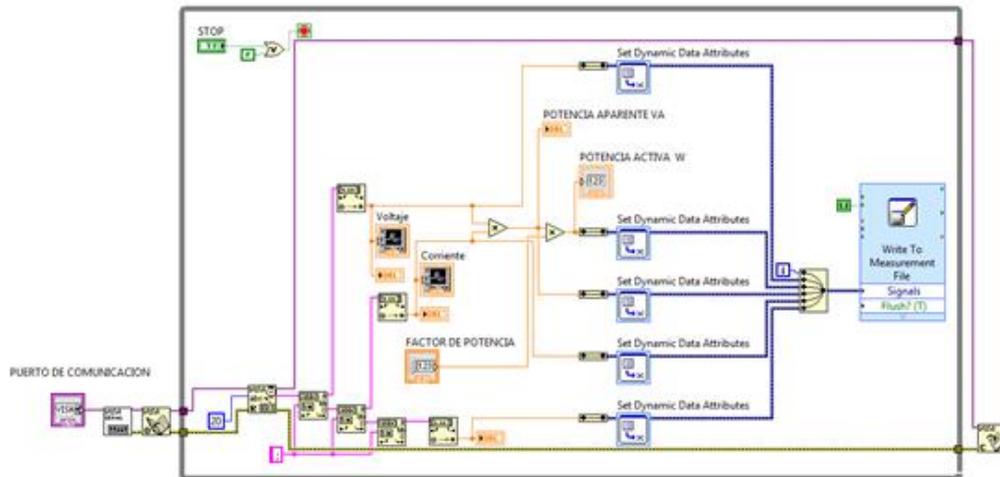


Fig. 31. Pantalla de programación Labview.

Al observar la figura la describimos como Labview haría su lectura de comandos de derecha a izquierda y de arriba a abajo, en primera instancia fuera del cuadro de ciclo se encuentra la aplicación de comunicación tanto al inicio como al final del cuadro, esta aplicación permite que la comunicación se realice y reciba los datos, luego se puede observar los cuadros de diálogo de voltaje y corriente que son reflejados en la pantalla de monitoreo cada uno con dos cuadros de dialogo uno numérico y el otro grafico a través del tiempo, una vez que estos datos son procesados tenemos la programación de las operaciones respectivas para llevar a cabo las operaciones matemáticas y obtener las potencias, todos estos datos son acoplados para conformar la base de datos al final de nuestro proceso y enviada con formato de Excel.

Base que nos ayudara en un proceso final para analizar los datos y evaluarlos a través de Matlab[27].

3.7 Conclusiones del capítulo

- El desarrollo de la programación y sus etapas y concatenación de programas nos ha dado como resultado un sistema virtual de medición obteniendo registros de interés de estudio para saber el comportamiento de los diferentes parámetros de la energía eléctrica.
- Se realiza un análisis y la visualización de los resultados obtenidos a través de simulaciones en programas informáticos como labview, creando esquemas que en la realidad se presentan en el hoy por hoy de la producción de energía eléctrica.

- Al tener un sistema virtual de adquisición de datos, monitoreo y de almacenamiento permite concatenar varios programas para obtener resultados óptimos de variables, en este caso parámetros de la energía eléctrica aplicaciones que en el campo de la ingeniería eléctrica brindarían un gran aporte con las herramientas virtuales y su experimentación en casi todos los campos.

CAPITULO 4

4. ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN AUTOMÁTICA

4.1 Introducción

Para el análisis de los datos adquiridos de los parámetros seleccionados se ha seleccionado realizarlo a través del programa de Matlab, una vez que Labview ha generado su base de datos esta se concatena con Matlab y se realiza un análisis de los datos de voltaje, corriente, potencia activa y potencia aparente los cuales se encuentran de forma ordenada por columnas etiquetados por magnitud y guardados en un documento en formato de Excel[28].

Se ha programado Matlab para seleccionar estas columnas y realizar el análisis y proyectarlo en una gráfica en función del tiempo, función que Labview la monitorea constantemente, y no es posible apreciar la gráfica con sus variaciones.

Se ha analizado por separado el parámetro de voltaje ya que este determina la calidad de energía que se está entregando para su distribución. Este parámetro es analizado con dos clases de datos el dato de entrada generado y el dato monitoreado, para obtener una gráfica que nos indique el margen de error que presenta este parámetro en este sistema.

4.2 Evaluación de los datos obtenidos

Como habíamos indicado al momento de que el programa de Labview genere su base de datos y guarde las lecturas en función del tiempo, estas son almacenadas en la base creada en formato Excel (xls.doc), es decir una hoja de cálculo, una de las herramientas del Matlab es importar estos datos en forma de matriz, y realizar las operaciones para evaluar los datos, se ha determinado que con esta base de datos dar un muestreo en función del tiempo para observar el comportamiento de cada parámetro inscrito en la base de datos.

Cabe mencionar que la elección de evaluar estos parámetros a través de su comportamiento en función del tiempo es una de las tantas herramientas que ofrece Matlab para el análisis de datos, la intención es observar la variación que estos parámetros pueden presentar de acuerdo a factores externos, como una baja de caudal, un daño en el generador, o al momento de entregar la energía a distribución los diferentes tipos de carga que presenta la red influye en el comportamiento de voltaje y corriente.

A continuación la siguiente figura muestra las pantallas que a través de Labview, genera su base de datos.

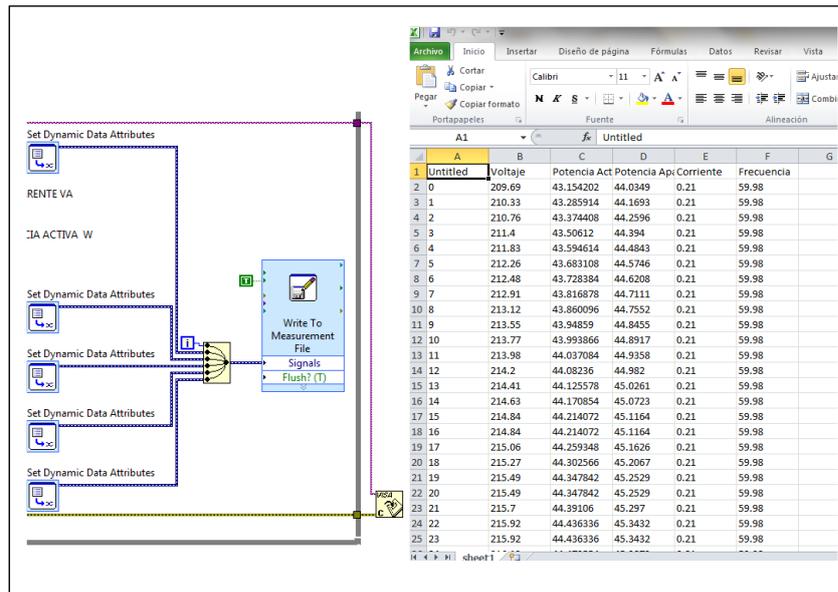


Fig. 32. Generación de la base de datos en Labview.

Estos datos son el resultado del monitoreo entre los programas de PROTEUS y Labview, desde que las señales ingresan al PIC 18F452, hasta que este las entrega al conector DB9 y pasan a través del programa de creación de puertos simulando una transmisión de datos RS232, con la ayuda del programa HHD software virtual port.

Este software simula varias opciones correspondientes a la creación de puertos virtuales para conectar cualquier tipo de programa que pueda transferir datos en nuestro caso se ha creado un puente de comunicación con dos puertos (COM1 y COM2), los cuales simulan una comunicación RS232, en la realidad esto sería reemplazado por la tarjeta de adquisición de datos, los conectores DB9 y los terminales de la terminal o PC a utilizar para el procesamiento de datos[29].

La facilidad de este programa en crear los terminales de comunicación universales ayuda a que la comunicación virtual sea en tiempo real, claro se pueden visualizarse algunos retrasos pero esto influye por la capacidad del PC en su procesador.

La siguiente figura nos muestra la programación virtual de nuestro puente de comunicación entre dos puertos.

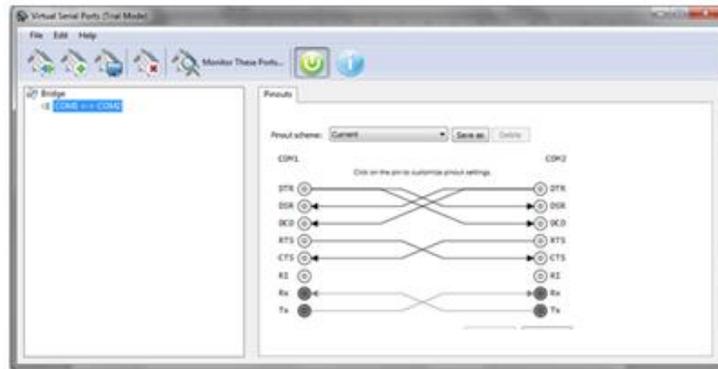


Fig. 33. Comunicación RS232 virtual, entre dos puertos en HHD serial virtual port.

Es una de las fases de simulación que ayudan a que la validación de resultados pueda efectuarse al transmitir los datos entre programas para ser monitoreados tanto en Labview y evaluados en Matlab.

4.3 Validación del sistema automatizado mediante el software Matlab.

Como se ha mencionado anteriormente, la última etapa de este sistema de adquisición y monitoreo de datos, implica el empleo de Matlab para obtener los comportamientos de los parámetros en función del tiempo lo que hace que el monitoreo de estas magnitudes pueda ser estudiado y almacenado para dar una pauta a estudios a más complejos del comportamiento de la energía y sus magnitudes.

La validación es programada en Matlab, para importar los datos en forma de matriz del documento en formato Excel, con los cuales se programa el orden en el que fueron adquiridos por columnas y filas, al ser inidentificados los parámetros se procede a realizar operaciones de forma de matriz para obtener la gráfica de su comportamiento en función del tiempo[6].

Esta programación esta designada para cada parámetro de estudio, es decir, los datos obtenidos de voltaje, corriente, potencias activa y aparente cada uno tiene su gráfica de comportamiento repartidas en dos pantallas.

```
File Edit Test Go Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 - x= xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de datos.xls',...
2 - voltaje = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de dat...
3 - corriente = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de d...
4 - potencia_aparente = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\b...
5 - potencia_activa = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\b...
6 - frecuencia = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de
7
8 - y=220-voltaje)
9 - s=mean(y);
10 - g=s/220*100;
11
12 - figure('Name','Valores Resultantes')
13 - subplot(2,2,1);
14 - plot(x,corriente);
15 - title('Potencia Activa');
16 - hold on;
17 - subplot(2,2,2);
18 - plot(x,potencia_aparente);
19 - title('Potencia Aparente');
20 - hold on;
21 - subplot(2,2,3);
22 - plot(x,potencia_activa);
23 - title('Corriente');
24
25 - figure('Name','Comparación de valores de Voltaje')
26 - subplot(2,2,1);
27 - plot(x,voltaje,'Color','red','LineWidth',2);
28 - title('Voltage');
29 - text(90,210,'>rightarrow Valor de salida,...
30 - 'HorizontalAlignment','left','Color','red')
31 - hold on;
32 - plot(x,220,'Color','green','LineStyle','dashed');
```

Fig. 34. Programación de validación de datos a través de Matlab.

Las pantallas fueron separadas para indicar el comportamiento de los parámetros de corriente y potencias en una ventana, que el resultado nos da una gráfica directamente proporcional ya que recordemos que estamos monitoreando valores ideales[5].

La segunda pantalla se concentra en el voltaje parámetro que determina la calidad de energía a distribuir, se ha creado una comparación de valores a en función del tiempo con el fin de mostrar nuestro margen de error.

Los valores que fueron programados para compararse son los datos de entrada de generación de voltaje y los datos procesados por el sistema que son datos de salida, ambos restados los de salida menos los de entrada para obtener nuestro margen de error que programado en Matlab también nos da un muestreo en función del tiempo.

La siguiente figura nos indica el resultado de pantallas después de hacer correr el programa y que todas las operaciones programadas hayan sido ejecutadas, estas son el resultado para validar nuestros parámetros en función del tiempo.

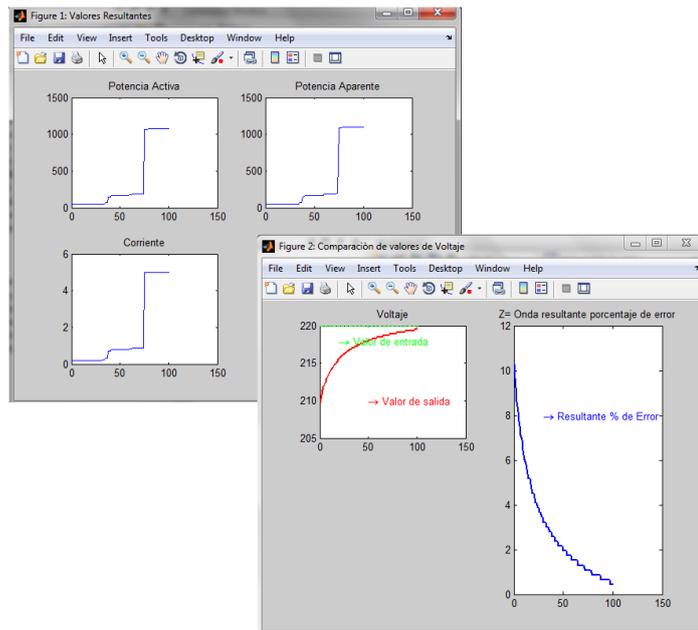


Fig. 35. Pantallas de visualización de monitoreo en Matlab.

De igual manera se ha programado la operación de visualización del dato de margen de error este a través de un llamado en la pantalla de dialogo de Matlab, se lo ha designado como variable z, una herramienta que para otras aplicaciones puede ser de gran aporte.

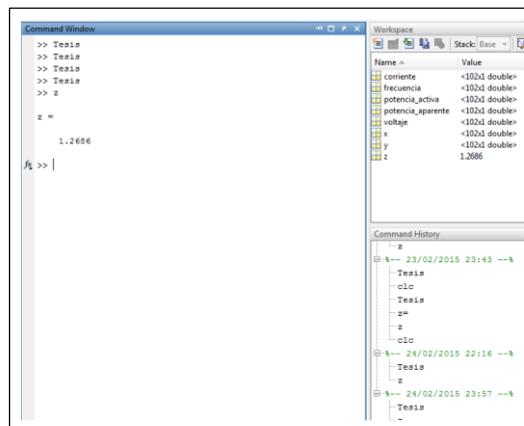


Fig. 36. Resultado margen de error en Matlab.

4.4 Valoración económica

Para realizar una valoración económica de este sistema en la realidad se debe tomar en cuenta varios factores que implican una gran inversión para las empresas generadoras uno de estos gastos son las licencias y permiso de uso de los programas ya que cada uno contiene un software único con derechos y permisos de autor, de igual manera la selección de componentes específicamente creados para las tareas de monitoreo y de

una gama de alto tráfico, es decir de trabajo continuo y expuesto a las condiciones más exigentes, componentes electrónicos que son de un alto valor económico.

En el presente trabajo se ha realizado todo en modo virtual y ha permitido resolver la tarea de monitoreo y de adquisición de datos en una sola PC, cabe mencionar que los programas aplicados para esta simulación son de prueba y mantienen una licencia temporal de prueba, que no permite ser comercializada y específicamente son de uso experimental, es por eso que la valoración económica para realizar el presente trabajo se la resumen en el siguiente cuadro de valores:

CANTIDAD	DETALLE	P. UNITARIO	VALOR TOTAL
400	HORAS DE INVESTIGACION	3.75	1.500
80	MOVILIZACION	2.50	200
2	ENPASTADO	50.00	100
200	IMPRESIONES	.05	10

Como valor total de esta investigación se tiene \$ 1810 (mil ochocientos diez dólares de los estados unidos de norte américa)

4.5 Conclusiones del capítulo

- El desarrollo de este sistema, conlleva varias aplicaciones de diferentes programas que han sido acoplados de tal manera que al momento de concatenarse no han presentado conflictos, ni un mal funcionamiento de los mismos.
- Una de las herramientas para el estudio de parámetros adquiridos, es Matlab que permite aplicar herramientas matemáticas para dar resultados comprensibles al usuario.
- Una de las herramientas importantes que puede ofrecer Labview es la creación de registros y su almacenamiento que para este trabajo fue de gran ayuda ya que estos registros pueden dar la apertura de estudios adicionales para otras aplicaciones de interés en campos técnicos, estadísticos y de proyección.

CONCLUSIONES

- En el desarrollo de este trabajo se han presentado varios problemas con la concordancia de ambientes virtuales, ya que las versiones recientes de los programas creaban ciertos conflictos de acoplamiento, se probó con varias versiones pasadas para estabilizar el sistema como resultado final se ha instalado versiones de acuerdo al sistema operativo de la PC, versiones estables compatibles no actuales e instaladas para Windows 7.
- Cabe mencionar que para la aplicación de programación del PIC 18F452 se utilizó de igual manera un programa PCWDH, con el cual definimos que las características de programación para el microcontrolador son limitadas ya que este componente es de uso experimental y no de uso específico.
- La creación de cada una de las etapas de este sistema fueron acopladas y probadas a partir de circuitos eléctricos ideales que no presentan carga alguna es decir se aplica esta clase de monitoreo para estudiar la energía de generación pura.

RECOMENDACIONES

- Una de las recomendaciones más importantes es tener bien claro el escenario donde se va a trabajar ya que dentro del campo de calidad de energía sobre todo para la distribución hay sectores que requieren un monitoreo para evitar varios inconvenientes desde pérdidas de energía, sobre voltajes, bajo voltajes e interrupciones de energía.
- El estudio de los parámetros eléctricos de diferentes magnitudes es otro de los campos amplios donde los sistemas de monitoreo según la capacidad de energía adquieren una mayor complejidad, para la creación de sistemas como estos se recomienda tener en cuenta la magnitud a estudiar sea esta en baja, media o alta tensión.
- Se recomienda estar al tanto de actualizaciones de software, creados para esta clase de sistemas de monitoreo ya que cada año van innovando programas y haciendo la programación de las aplicaciones más amigables con el usuario.

REFERENCIAS

- [1] R. Bayindir, I. Colak, E. Kabalci, and A. Gorgun, "PID controlled synchronous motor for power factor correction," 2009, pp. 408–412.
- [2] *POWER DISTRIBUTION SYSTEM RELIABILITY Principles of Electric Machines with Power Electronic Applications , Second Edition. .*
- [3] P. Escala and N. K. M. O. F. Ramiro, "Evaluación de los Recursos Hidroenergéticos en," vol. 2, no. 1, pp. 43–47, 2004.
- [4] K. Ogata, *Modern Control Engineering*, 5 edition. Prentice Hall, 2009, p. 912.
- [5] G. L. de la Barra, A. Urbina, and M. L. de la Barra, "Computer lab in maths courses," 2002, vol. 3, p. S4A–7 vol.3–.
- [6] Z. Hongfu, X. Xinyan, and T. Yong, "Serial Communication Interface Design Based on Lab VIEW and VC Mix Programming," 2007, pp. 3–44–3–49.
- [7] "LIBRO-Turan Gonen-Electric Power Distribution System Engineering-Mcgraw-Hill College (1985).pdf." .
- [8] Y. Matsumoto, Y. Hayashi, and T. Tanaka, "Evaluating the ability of hydroelectric power generation for controlling frequency with a large introduction of wind power generation," 2013, pp. 1–6.
- [9] S. R. Castaño, *Redes de Distribución de Energía. .*
- [10] V. I. J. Kokko, "Electrical Ageing in Lifetime Estimation of Hydroelectric Generator Stator Windings," 2010.
- [11] J. Li and H. Wang, "A Study on Fault Diagnosis of Hydroelectric Generator Based on D-S Evidence Theory," pp. 755–758, 1976.
- [12] "Caracterización de la carga en sistemas eléctricos de distribución," 2003.
- [13] A. S. Pabla, "Electric Power Distribution."
- [14] O. L. Sánchez, J. V. Medina, and C. A. Lozano, "Diseño de una aplicación para la gestión de carga en transformadores de distribución Designing an application for managing distribution transformer load," vol. 26, pp. 85–92, 2006.
- [15] S. Ger, E. Tablazo, and M. Ii, "Elementos de Líneas de Transmisión Aéreas," no. 3, pp. 1–53.
- [16] M. C. V. C. Gutierrez, "E L E C T R I C A ."

- [17] G. A. O. Jing, S. U. N. Ji-yin, C. Yan-jie, and W. Bo, “Damaged Mechanism Research of RS232 Interface under Electromagnetic Pulse,” pp. 1119–1122, 2008.
- [18] H. Xiaoru, G. Yudong, and R. Interface, “Design and Implementation of the Universal RS232-GPIB Interface 2 Hardware Design of the,” pp. 1–4, 2007.
- [19] D. Wei and K. Ji, “Resilient industrial control system (RICS): Concepts, formulation, metrics, and insights,” 2010, pp. 15–22.
- [20] “Turan Gönen-Electric Power Distribution System Engineering-CRC (2007).pdf.” .
- [21] A. Number, “Power Stations,” no. 3, pp. 716–717.
- [22] Y. Matsumoto, Y. Hayashi, and T. Tanaka, “Evaluating the ability of hydroelectric power generation for controlling frequency with a large introduction of wind power generation,” 2013, pp. 1–6.
- [23] “International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems,” p. 9761319, 2004.
- [24] G. Weiner, S. Gyarmathy, and J. Mark, “Open Communication for Drives Having a Conventional,” pp. 588–592, 1993.
- [25] J. O. Attia, “Teaching ac Circuit Analysis with Matlab,” pp. 9–12, 1995.
- [26] W. Di, L. Jun, X. Peng, Q. Fei, L. Ling, W. Wei, and L. Xuehui, “Study on How to Deal with Experimental Data of Physics Based on Matlab Web Server,” 2009.
- [27] A. Azemi and G. V. Campus, “Utilizing MATLAB in Undergraduate Electric Circuits Courses,” pp. 4–7.
- [28] L. Hong and J. Cai, “The Application Guide of Mixed Programming between MATLAB and Other Programming Languages,” pp. 185–189.
- [29] L. . Sandoval Pineda and J. E. Quevedo Reyes, “Propuesta de evaluaci #x00F3;n formativa en entornos virtuales para tem #x00E1;ticas de Bases de Datos,” 2014, pp. 833–838.

ANEXOS

Anexo 1.- Programación del PIC 18F452

```
void main()
{
float v=0,i=0,f=0;

int j=0;

int sel=0;

float corriente_t=0.0;

float aux_corriente_t=0.0;

float impedancia=73.6;

while(TRUE)
{
//TODO: User Code

if(input(PIN_D0)){

//VOLTAJE

set_adc_channel(1);

delay_us(10);

voltaje_t[0]=read_adc();

delay_us(100);

voltaje_t[0]=voltaje_t[0]*220.00;

voltaje_t[0]=voltaje_t[0]/65535.00;

//CORRIENTE

set_adc_channel(2);

delay_us(10);
```

```

corriente_t=read_adc();

corriente_t=corriente_t*5;

corriente_t=corriente_t/65535;

if(corriente_t>aux_corriente_t){

    aux_corriente_t=corriente_t;

}

corriente_t = voltaje_t[j]/impedancia

printf("%f;%f;%f\r\n",voltaje_t[j],corriente_t,f);

delay_us(200);

}

}

}

}

```

Anexo 2.- Programación en Matlab

```

x= xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de
datos.xlsx',1, 'a2:a300');
voltaje = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de
datos.xlsx',1, 'b2:b300');
corriente = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de
datos.xlsx',1, 'c2:c300');
potencia_aparente = xlsread('D:\Tesis programas\Programa
Labview\Data\base de datos.xlsx',1, 'd2:d300');
potencia_activa = xlsread('D:\Tesis programas\Programa
Labview\Data\base de datos.xlsx',1, 'e2:e300');
frecuencia = xlsread('D:\Tesis programas\Programa Labview\Data\base de
datos.xlsx',1, 'f2:f300');

y=220-voltaje;
z=mean(y);
z=z/220*100;

figure('Name','Valores Resultantes')
subplot(2,2,1);
plot(x,corriente);
title('Potencia Activa');
%hold on
subplot(2,2,2);
plot(x,potencia_aparente);
title('Potencia Aparente');

```

```

%hold on
subplot(2,2,3);
plot(x,potencia_activa);
title('Corriente');

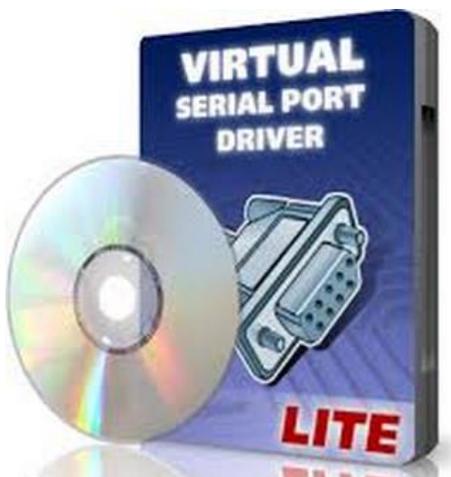
figure('Name','Comparaciòn de valores de Voltaje')
subplot(2,2,1);
plot(x,voltaje,'Color','red','LineWidth',2);
title('Voltaje');
text(50,210,'\rightarrow Valor de salida',...
     'HorizontalAlignment','left','Color','red')
hold on
plot(x,220,'Color','green','LineWidth',30);
text(20,218,'\rightarrow Valor de entrada',...
     'HorizontalAlignment','left','Color','green');
%hold on
subplot(1,2,2);
plot(x,y,'Color','blue','LineWidth',2);
title('Z= Onda resultante porcentaje de error');
text(30,8,'\rightarrow Resultante % de Error',...
     'HorizontalAlignment','left','Color','blue');

```

Anexo 3.- Características de programas utilizados (datos de versiones)



PROTEUS Versión 7.6 para Windows 7/ 64 bits.



Trial versión, para Windows 7/ 64 bits



2013, para Windows 7 / 64 bits

MATLAB[®]
The Language of Technical Computing



Versión 7.0 para Windows 7 / 64 bits