



**Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad Metalurgia-Electromecánica**

**TRABAJO DE DIPLOMA EN  
OPCIÓN AL TÍTULO  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**Título: Modernización de la UPM**

**Autor: Osmany R. Pérez Aballe**

**Tutores: Ing. Daniel Mendiola Ellis  
Dr. Secundino Marrero Ramírez**

**Moa 2007**

## Exergo

---

- ¿Podría usted indicarme el camino a seguir?-preguntó
- Eso depende, en mucho, del lugar a donde quiera ir –le dijo.
  - No me preocupa mucho el lugar....
  - En tal caso, poco importa el camino.
- ... con tal de llegar a algún sitio – añadió a modo de explicación.
- Puede usted estar segura de llegar, con tal de que camine lo suficiente.

LEWIS CARROL

## Dedicatoria

---

Dedico este trabajo a mi familia toda y en especial a mis padres que supieron inculcar en mí todos los principios éticos y morales que debe tener consigo un profesional.

## Agradecimientos

---

Que llegue mis más sincero Agradecimiento, a todas las personas que con su dedicación y esfuerzo han colaborado para la realización de este trabajo y mi formación profesional, entre estas personas no puedo dejar de mencionar:

- A mis tutores Ing. Daniel Mendiola Ellis y Dr. Secundino Marrero Ramírez sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo de tesis.
- A mis padres Isidro Pérez Rodríguez y Rubiceida Aballe Hernández y a mi hermano Isidro Pérez Aballe por haber confiado ciegamente en mí durante toda mi vida.
- A mi novia Lianne A. Leyva Osorio y su familia por creer en mí.
- A mis amigos y compañeros de estos cinco años.
- A mis profesores.

### **Resumen:**

Este trabajo de tesis propone la modernización de la unidad de medición portable, que se gestó como resultado de la necesidad de tener en ella nuevas características deseables desde el prototipo de UPM que en su estado actual le son restrictivas. Estas nuevas características se enfocan sobre los índices de reproducibilidad, flexibilidad y protección, además de nuevas capacidades para la programación y comunicación. Conllevando todo esto a una continuidad de existencia. Este equipo permite la evaluación de consumos conjugando confiabilidad, portabilidad y economía, además de poder realizar estudios energéticos con un mínimo de costos de inversiones. Todo lo anterior conllevó a que se planteará la modernización de dicho dispositivo de medición (Unidad de Medición de Portable).

Antes de la realización de este trabajo de diploma la UPM estaba sin funcionar por dificultades y desconocimiento que existían, luego del estudio se logró que funcionara hasta hacerla reproducible y expandible.

## Abstract

---

## Introducción

Entre las soluciones que se generaron como respuesta a la Revolución Energética, el grupo de Energía del ISMM; actualmente grupo GEEM, concibió y gestó una unidad de medición de potencia automatizada, bautizada como UPM; como resultado de la convergencia de necesidades académicas y la carencia de puestos integrales de medición que fueran adaptables a diferentes escalas, factor conjugado con la necesidad de un dispositivo automatizado que permitiera realizar estudios energéticos con restricciones de costos e inversiones mínimos y características de fácil manejo para su instalación en áreas del ISMM, y que permitiera la evaluación de consumos exhibiendo en lo posible características como confiabilidad, portabilidad y economía; con el objetivo de revertir la situación de altos índices de consumo que llevaron en el curso 2005-2006 al 4<sup>to</sup> lugar a nivel nacional en el Ministerio de Educación Superior como consumidor de energía. Para el caso general debía obtenerse una visión económica de la importancia de los puestos claves o estratégicos respecto a flujos y consumos energéticos.

La UPM se terminó preliminarmente en el 2006, y quedaron pendientes de implementar algunas características relativas a su reproducibilidad, facilidad de uso y flexibilidad tanto en hardware como en software, así como la evaluación de algunos parámetros que contribuyeran a su normalización.

Luego de un periodo de explotación se hace necesario entonces la correspondiente actualización y en el caso posible su modernización orientada a adaptabilidad y reproducibilidad. Todo esto conduce a nuevos planteamientos y problemas de ingeniería a resolver.

**Situación problemática**

La explotación del dispositivo de medición UPM, de fabricación por parte del grupo GEEM, se ha extendido por casi un año, sin embargo, no se ha evaluado más allá de sus funciones primarias, por lo que no se cuenta con criterios comparativos ni con parámetros que permitan su reproducción o completar algunas especificaciones para garantizar su modernidad y continuidad; además se necesita robustez, flexibilidad y facilidades de expansión y crecimiento de prestaciones.

**Problema:**

Replantear desde el punto de vista crítico la construcción de la UPM para proyectar mejoras conducentes a su flexibilidad, adaptabilidad y reproducibilidad.

**Hipótesis:**

Existe la posibilidad de caracterizar la UPM y establecer procedimientos para mejorar y modernizar dicha unidad..

**Objetivos:**

Satisfacer criterios de compatibilidad y especificaciones que garanticen la continuidad de existencia de la UPM como producto académico y dispositivo para estudios de gestión energético, y además viabilizar su actualidad, reproducibilidad, y adaptabilidad.

**Tareas:**

- 1- Flexibilización de la conectividad al analizador de la UPM.
- 2- Incorporación de elementos de protección y adicionar nuevas formas de comunicación.
- 3- Evaluación en la red eléctrica en áreas del ISMM, en laboratorios académicos o de investigación y en redes industriales externas.

**Caracterización de la UPM****UPM como módulo**

La Unidad de Medición Portátil "UPM" es un sistema de monitoreo que presenta un analizador de red de potencia de serie WM2-96 que censa los parámetros eléctricos de la red y presenta comunicación por puerto serie RS-485, por esto se usa un convertidor de puertos series de RS-485 a RS-232 de la firma MULTILIN. Además en caso de mediciones en redes de potencia hay que incluirle transformadores de medición o pinzas de potencia. Podemos establecer comunicación con la PC por puerto serie mediante la implementación de su software. [11]

**Función básica de la UPM**

Este módulo tanto de hardware como de software se diseñó con el objetivo de realizar mediciones de forma portátil en laboratorios de mediciones, monitoreo del consumo en la residencia estudiantil, etc.

La UPM permite evaluar en tiempo real y dinámico el estado de una carga eléctrica determinada. Como módulo puede medir todos los parámetros eléctricos de una red de potencia (corriente, tensión, factor de potencia, todo tipo de

potencia y energía). Su principal ventaja es ser portátil, nos permite desplazar los estudios hacia cualquier lugar donde sea necesario realizar las mediciones.

Aprovechando el momento histórico que vive nuestro país inmerso en la continuidad de la Revolución Energética, surgió también la idea de utilizar nuestra creación si fuese necesario en otras universidades de la Isla y empresas que necesiten de este equipamiento.

### **Criterios de explotación**

Las posibilidades de utilización de la UPM son muy amplias ya que con las características de portabilidad y con los estudios energéticos que se pueden realizar con ella, puede ser de gran utilidad en cualquier empresa de alto consumo eléctrico del país, para poder conocer donde y cuales son sus debilidades con respecto a las pérdidas.

### **Dimensiones del módulo**

Alto: 40 cm

Ancho: 18 cm

Profundidad: 32 cm

### **Dimensiones del analizador**

Alto: 9,6 cm

Ancho: 9,6 cm

Profundidad: 12, 4 cm

### **Parámetros técnicos**

- Alisador monofásico y trifásico de 3 o 4 hilos.
- Voltaje nominal por fase 520 V.
- Interfase de comunicación RS-232 y RS-485.
- Corriente nominal por fase 6 A
- Protocolo de comunicación Modbus.
- Sistema Operativo "Windows XP".
- Utilización en redes industriales y residenciales de potencia.
- Alimentación interna 115V.
- Protección contra sobre corriente por 1s.

### **Comparación general**

#### **Ventajas:**

- El precio es considerablemente inferior.
- Es más sencilla su operación y reparación .

#### **Desventajas:**

- No tiene un aval de certificación de calidad.
- No tiene Manual del Usuario.

**Comparaciones puntuales****Ventajas:**

- Mide las mismas variables eléctricas.
- Fue realizada en nuestro instituto.

**Desventajas:**

- Portabilidad.
- Comunicación.
- Señalización externa.
- Sobre dimensión.
- Cableado.
- Elementos de protección.

**Planteamiento de acciones a ejecutar****Mejoramiento**

Para mejorar la unidad de medición hay que hacerle cambios a las características desventajosas enunciadas anteriormente, principalmente en cuanto a la comunicación para que sea más independiente de la PC y lograrle mejoras al programa, también la construcción de un manual del usuario para su fácil manejo por manos inexpertas, además de adicionarle elementos de protecciones y realizarle una señalización externa adecuada para evitar errores de conexionado y avalar los resultados haciendo mediciones al unísono con otro instrumento como el analizador de redes que tenemos en el departamento sobre la misma carga

---

eléctrica. Estos son los principales elementos que se someterán a mejoras para cumplir los objetivos de la tesis.

### **Flexibilidad**

Hacer flexible a la UPM no es más que lograr que las prestaciones aumenten, que mida hasta rangos de corriente elevados, sustituirle los TCs por pinzas para no tener que interrumpir el servicio en la carga, que guarde en la base de datos las mediciones hechas para poder hacerle estudios, que la carcasa sea más pequeña y se logre hermetizar, que el módulo de medición acepte mutaciones para aumentar su calidad como pueden ser memoria interna para retener las mediciones y baterías para que en caso de fallas eléctricas momentáneas no pierda información.

### **Reproducibilidad**

La UPM es necesario reproducirla no solo para la comercialización y lograr ingresos para el instituto, si no también en muchos casos se necesita de mediciones al unísono y esto no se logra con un solo instrumento. Al reproducir la UPM con la experiencia que ya cuenta nuestro departamento solo se necesitaría de los costos indispensables para su realización donde el principal es el del analizador de redes eléctricas puesto que los demás elementos seguirían siendo materiales reciclados de los talleres del centro. Pero antes de reproducirla debemos evaluar sus resultado y compararlos con los de otros analizadores ya estandarizados para así lograr una certificación que avale nuestro resultado, para la utilización de forma industrial en campañas internas y externas de medición.

### **Análisis de factibilidad:**

Con la realización de esta tesis se propone la reproducibilidad y adaptabilidad de la UPM, logrando un producto mejorado en cuanto a confiabilidad con mejores características para la portabilidad y que económicamente sea factible su

reproducción comparado con los beneficios que brinda, también se analiza la posible mutabilidad de dicho instrumento, en cuanto a comunicación, software y la investigación de otros analizadores para nuevas UPMs que la hagan más flexible y con mayores prestaciones.

<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1.1 UPM .....	1
1.2 EI WM2-96.AV5.3 .....	2
1.3 Diagrama en Bloques .....	3
1.4 Conexionado interno .....	4
1.5 Mediciones.....	4
1.5.1 Definiciones y Clasificación.....	4
1.5.2 Errores de la Medición.....	5
1.5.3 Errores sistemáticos .....	7
1.5.4 Errores estadísticos.....	8
1.5.5 Errores de descuido o espurios.....	8
1.6 Transformadores de corriente .....	9
1.6.1 Conexiones trifásicas .....	9
1.7 Armónicos .....	11
1.8 Caracterización de la UPM.....	12
1.9 Flexibilidad .....	13
1.10 Reproducibilidad .....	14
1.11 La UPM en su Versión original.....	14
1.12 Funcionamiento actual .....	15
1.13 Componentes sustituibles .....	16
1.14 Conclusiones .....	16
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>18</b>
2 Introducción .....	18
2.1 Comunicación de RS-232 a RS-485.....	18
2.2 Nuevos analizadores de redes con mejores prestaciones.....	19
2.3 Construcción del cable de comunicación.....	20
2.4 Revisión de las pinzas de medición.....	20

## Índice

---

2.5 Cambio de carcasa .....	21
2.6 Confección de un manual del usuario .....	21
2.7 Señalización externa de la UPM .....	22
2.8 Ampliación del protocolo de comunicación .....	22
2.9 Protecciones necesarias .....	22
2.10 Comunicación y Conexionado.....	23
2.10.1 Puerto RS-232 .....	23
2.10.2 Puerto RS485 .....	25
2.10.3 Comunicaciones seriales vía RS-485 .....	26
2.10.4 Ventajas .....	26
2.10.5 Protección contra sobretensiones para las interfaces RS-485 .....	27
2.10.6 Conexión.....	27
2.10.7 Protocolo.....	28
2.10.8 Características.....	28
2.11 Software .....	29
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>30</b>
3.1 Evaluación de los resultados.....	30
3.2 Comparaciones dinámicas .....	31
3.3 Evaluación de los cambios .....	31
3.4 Materiales utilizados .....	31
3.5 Valoración Técnico Económica .....	32
3.6 Costo y vida útil de los materiales.....	33
3.7 Tiempo de renovación .....	34
3.8 Aumento de prestaciones.....	34
3.9 Reproducibilidad y posibilidades de implementación. ....	34
3.10 Costos de mantenimiento y software .....	35
3.11 Proyecto de construcción de una nueva UPM.....	35
3.12 Conclusiones .....	36

## Capítulo I

La modernización de la unidad de medición portable (UPM) surgió con la necesidad de implementar soluciones en un instrumento de medición con no pocas deficiencias para así lograr un producto más acabado y eficiente que permita realizar estudios energéticos detallados y que tuviera la propiedad ser portable para su fácil manejo y desplazamiento por las áreas donde se realicen las mediciones.

La unidad fue construida prácticamente con materiales de materia prima casi de desecho inutilizables que en nuestro centro se nos facilitó unido a un analizador de redes eléctricas y un convertidor de puerto serie.

La UPM está diseñada para realizar mediciones de potencia y energía en redes eléctricas de potencia, la misma contiene un analizador de red modelo WM2-96 y un convertidor de puerto serie RS-232/RS-485 de la firma MULTILIN elementos que físicamente como parte principal del hardware nos permite realizar ediciones de variables eléctricas y establecer la comunicación entre la UPM y la PC.

### 1.1 UPM

La UPM " Unidad de Medición Portátil " figura 1.1 nos permite evaluar en tiempo real y dinámico el estado de una carga eléctrica determinada, además su principal ventaja es ser portátil, permitiéndonos esto desplazar los estudios energéticos hacia cualquier lugar donde sea necesario realizar las mediciones.[11]



Fig1.1 UPM " Unidad de Medición de Portátil "

Los materiales con que se realizó este equipo fueron prácticamente reciclables del Centro como:

- caja de PC,
- bornes,
- cables,
- conectores,
- interruptores
- fusibles

Se utilizó además un analizador de red modelo WM2-96.AV5.3 y un convertidor de puerto serie de la firma MULTILIN.

### 1.2 EI WM2-96.AV5.3

Es un analizador capaz de medir todos los parámetros eléctricos de una línea o carga eléctrica. También puede utilizarse como una unidad remota para transmitir la energía medida a un PLC o un PC mediante la salida RS485.[6]



Fig. 1.2 Analizador WM2-96.AV5.3

El convertidor de señal de puerto serie de la firma " Multilin " de RS-485 a RS-232 acondiciona la señal de salida del analizador para su posterior uso en la conexión para la comunicación con la PC.[6]

### 1.3 Diagrama en Bloques

El siguiente diagrama en bloques (ver figura 1.3) muestra cuatro bloques fundamentales, el primero que es bloque de protecciones viene referido a la entrada de la unidad de medición y una monofásica para la alimentación del analizador WM2-96 y el convertidor ya antes mencionado.

El bloque de Analizador viene referido al WM2-96 como analizador de potencia incluyendo los transformadores de corriente en caso de ser necesarios.

El bloque superior izquierdo es el convertidor donde la función es la conversión de señal del puerto serie del protocolo RS-485 a RS-232 para la comunicación con la PC. La computadora representa el final de la comunicación vía serie donde por software visualizaremos y analizaremos el monitoreo de las variables eléctricas.

Por último tenemos el bloque del Nport que simboliza el final de la comunicación vía RS-485 con la red industrial.

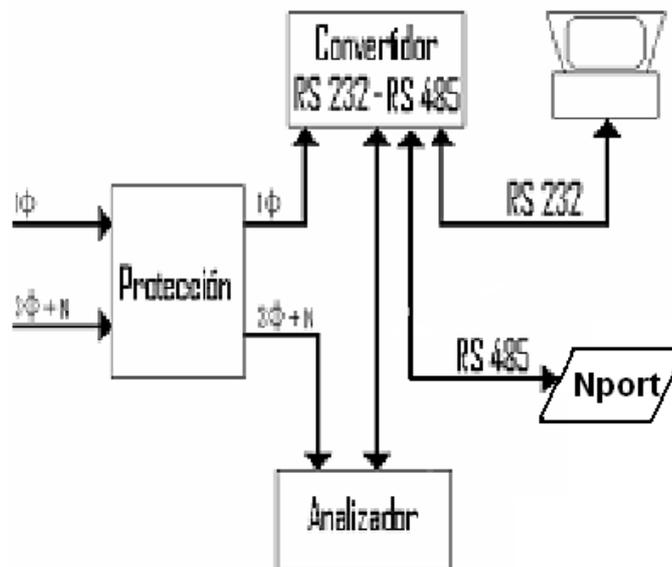


Fig. 1.3 Esquema en Bloque de la "UPM"

## 1.4 Conexionado interno

Parte trasera del analizador

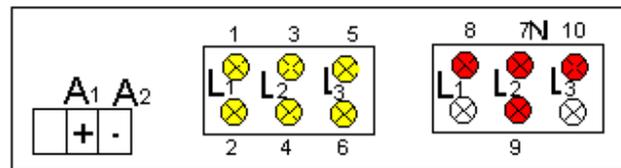


Fig. 1.4 Parte trasera del analizador.

Los círculos amarillos representan donde se conectan los bornes de corriente 1, 3, 5, son las entradas y 2, 4, 6, son las salidas. Los círculos rojos son los de tensión 8, 9, 10, voltaje de línea y 7 tierra o neutro.

## 1.5 Mediciones

### 1.5.1 Definiciones y Clasificación

La Medición: Es la determinación del valor numérico de una magnitud física por medios experimentales empleando medios técnicos especiales y cifrados en valores de magnitudes físicas tomadas como unidades.

Para realizar la medición es necesario conocer los fundamentos y medios de medición, así como las unidades de las magnitudes física y los métodos y medios de medición dependen de la magnitud que se desea medir y de las condiciones en que se realizan las mediciones. [10]

Las mediciones se clasifican de acuerdo con:

- La forma en que se obtiene los resultado (directas o indirectas).
- La precisión de los resultados (técnicos, de control y de alta precisión).

Las mediciones directas son aquellas en las que el valor de la magnitud investigada se obtiene por evaluación directa a partir de datos experimentales. Como ejemplos de estas mediciones se pueden citar las siguientes: Medición de la

corriente con el amperímetro, medición de la tensión con el voltímetro, medición de la potencia con el wattímetro, etc.

Las mediciones indirectas son aquellas en las cuales el valor de la magnitud investigada se obtiene sobre la base de dependencias conocidas, entre dicha magnitud y las sometidas a mediciones directas. Como ejemplos de mediciones indirectas se pueden citar las siguientes: medición de la resistencia eléctrica sobre la base de las mediciones de tensión y corriente; medición de la potencia en los circuitos de corriente directa sobre la base de los resultados de las mediciones de la tensión aplicada y la corriente que circula por el circuito; etc.

Las mediciones de control son aquellas en las cuales el error de medición no debe sobrepasar cierto límite. Se emplean en la verificación de los medios de medición, porque la verificación sobrepasa el límite fijado, sobre la base del error del instrumento que se verifica.

La medición de alta precisión es aquella en la cual la precisión está limitada por el nivel actual de la técnica. Se emplea en la fabricación y verificación de patrones, así como en la determinación de las constantes universales.

La medición en instrumentos digitales es elaborada automáticamente mediante señales discretas de información, y su indicación es en forma digital.

La señal discreta es aquella en la cual la información no está dada por el tamaño de la magnitud empleada para transmitir esta información, si no por la cantidad y disposición de los objetos.

### **1.5.2 Errores de la Medición**

Es muy frecuente escuchar que el valor de una determinada magnitud física se midió con una precisión determinada. Esta expresión a pesar de ser muy empleada no es correcta, pues la precisión es el grado de acercamiento entre el resultado de la medición y el valor verdadero de la magnitud. Hasta nuestros días no existe un método universalmente aceptable para aceptar cuantitativamente el

valor de la precisión, motivo por el cual a ella solo se puede hacer referencia en forma cualitativa, es decir, que la precisión de la medición puede ser alta, media o baja y el indicador fundamental de esta de esta precisión es el error de la medición, o sea, la diferencia que hay entre el resultado de la medición y el verdadero valor de la magnitud; este error puede ser expresado en forma cuantitativa.[10]

Los errores de medición siempre están presentes en el resultado de las mediciones, independientemente del cuidado y la calificación del operador, así como de los medios, principios y métodos de medición empleados. Estos errores se deben al no perfeccionamiento de los medios y métodos de medición, así como a las condiciones ambientales, la posición de los instrumentos, el estado de los órganos de los sentidos del operador, etc. De lo antes expuesto tenemos:

$$\Delta = X_{med} - X$$

donde:

$\Delta$  : es el error de medición.

$X_{med}$  : es el resultado de la medición.

$X$  : es el valor real de la magnitud.

Los errores son inevitables en los procesos de medición, por lo que es necesario considerarlos explícitamente para reducirlos y para compensar sus efectos. Se denomina *error absoluto de medición* a la diferencia algebraica entre un valor resultante de una medición y el valor verdadero:

$$\text{Error absoluto} = \text{Valor medido} - \text{Valor verdadero}$$

En realidad el *valor verdadero* de una magnitud es un concepto ideal, y en general no puede ser conocido exactamente. Sin embargo, puede tomarse en su lugar el *valor convencionalmente verdadero*, que es una buena aproximación del

valor verdadero para todo fin práctico. Así por ejemplo, puede tomarse como valor convencionalmente verdadero el valor medido con un instrumento de alta exactitud que representa un error muy reducido.

El *error relativo de medición* es la relación entre el error absoluto y el valor verdadero de la magnitud medida:

$$\text{Error relativo} = \text{Error absoluto} / \text{Valor verdadero}$$

En ciencias e ingeniería, el concepto de *error* tiene un significado diferente del uso habitual de este término. Coloquialmente, es usual el empleo del término error como análogo o equivalente a equivocación. En ciencia e ingeniería, el error, como veremos en lo que sigue, está más bien asociado al concepto de *incerteza* en la determinación del resultado de una medición.

En todo proceso de medición existen limitaciones dadas por los instrumentos usados, el método de medición, el observador (u observadores) que realizan la medición. Así mismo, el mismo proceso de medición introduce errores o incertezas.

Según su carácter los errores pueden clasificarse en sistemáticos, estadísticos (casuales) y espurios o de descuido:

### 1.5.3 Errores sistemáticos

Se originan por las imperfecciones de los métodos de medición. Por ejemplo, pensemos en un reloj que se atrasa o se adelanta, o en una regla dilatada, el error de paralaje, etc. Los errores introducidos por estos instrumentos o métodos imperfectos afectarán nuestros resultados siempre en un mismo sentido. El valor de *exactitud* sería un ejemplo de error sistemático pero no son lo mismo, ni los errores de exactitud son los únicos responsables de los errores sistemáticos.

---

Imaginemos por ejemplo el caso de una balanza bien calibrada que se usa para conocer el peso de las personas en los centros comerciales u otros negocios, como es usual que las personas (en público) se pesen vestidas, los valores registrados con estas balanzas tendrán un error sistemático por el peso de la vestimenta. La única manera de detectarlos y corregirlos es comparar nuestras mediciones con otros métodos alternativos y realizar un análisis crítico y cuidadoso del procedimiento empleado. También es aconsejable intercalar en el proceso de medición patrones confiables que permitan calibrar el instrumento durante la medición.[10]

#### **1.5.4 Errores estadísticos**

Son los que se producen al azar. En general son debidos a causas múltiples y fortuitas. Ocurren cuando, por ejemplo, nos equivocamos en contar el número de divisiones de una regla, o si estamos mal ubicados frente al fiel de una balanza. Estos errores pueden cometerse con igual probabilidad por defecto como por exceso. Por tanto, midiendo varias veces y promediando el resultado, es posible reducirlos considerablemente.

#### **1.5.5 Errores de descuido o espurios**

Supongamos que deseamos calcular el volumen de un objeto esférico y para ello determinamos su diámetro. Si al introducir el valor del diámetro en la fórmula, nos equivocamos en el número introducido, o lo hacemos usando unidades incorrectas, o bien usamos una expresión equivocada del volumen, claramente habremos cometido un error. Esta vez este error está más asociado al concepto convencional de equivocación. A este tipo de errores los designamos como ilegítimos o espurios. A este tipo de errores no se aplica la teoría estadística de errores y el modo de evitarlo consiste en una evaluación cuidadosa de los procedimientos realizados en la medición.

## 1.6 Transformadores de corriente

Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

Los valores nominales de los transformadores de corriente se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser 600 / 5, 800 / 5, 1000 / 5. Los valores nominales de los transformadores de corriente son de 5 A y 1 A.[3]

El primario de estos transformadores se conecta en serie con la carga, y la carga de este transformador esta constituida solamente por la impedancia del circuito que se conecta a él.

Los transformadores que vamos a utilizar para las mediciones en la UPM son de tipo toroidal (ventana): Tiene un devanado secundario totalmente aislado y montado permanentemente sobre el circuito magnético y una ventana a través de la cual puede hacerse pasar un conductor que proporciona el devanado primario.

### 1.6.1 Conexiones trifásicas

Es práctica universal utilizar un transformador de corriente por fase, tres transformadores de corriente para un sistema trifásico, en este caso los secundarios se conectan en estrella con el neutro sólidamente a tierra, tal como se ilustra en la siguiente figura.

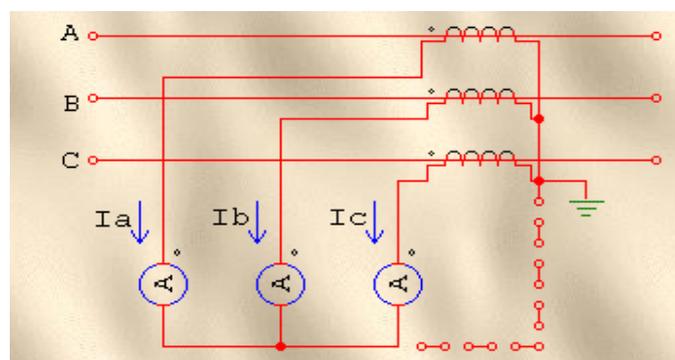


Fig. 1.5 Conexión de 3 transformadores

Si el circuito de potencia es un circuito de 3 hilos sin hilo neutro, la suma instantánea de las tres corrientes de línea que circulan por los primarios hacia la carga, y por lo tanto, la suma de las corrientes del secundario también debe ser nula si los tres transformadores son iguales. En consecuencia puede suprimirse la conexión entre el neutro de los secundarios conectados en estrella y el de los amperímetros, señalada en la figura con línea de trazos. En cambio, esta conexión es necesaria cuando el circuito tiene un hilo neutro. También se puede utilizar la siguiente conexión de la siguiente figura

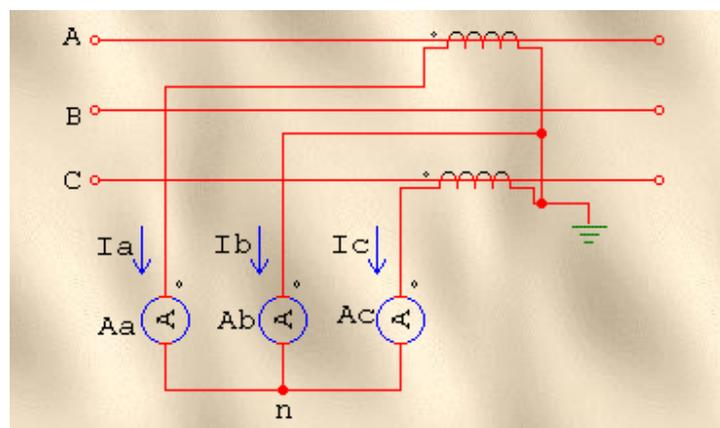


Fig. 1.6 Conexión de los 2 transformadores

Los amperímetros Aa y Ac están directamente en serie con los dos transformadores de corriente, y por lo tanto, indican las intensidades de las corrientes que circulan por las líneas A y C. La primera ley de Kirchoff aplicada al nudo n, da como relación entre las corrientes de los secundarios.

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

como  $i_a$  e  $i_c$  son proporcionales a las intensidades de las corrientes de línea de los primarios  $i_A$  e  $i_C$  respectivamente, la intensidad  $i_b$  que señala el amperímetro  $A_b$  es proporcional también a la intensidad  $i_B$  de la corriente del primario si es nula la suma de intensidades de las corrientes de primario, como debe ocurrir si el circuito de potencia es un circuito de 3 hilos.[1]

## 1.7 Armónicos

Desde hace unos años, se está registrando en todos los países una creciente sensibilidad hacia la “calidad del producto electricidad” o, dicho de otra forma, hacia la “calidad de la onda de tensión”.

Las alteraciones de la “calidad de la onda” tienen lugar en los propios procesos de producción, transporte y distribución, así como en su utilización por determinados tipos de receptores. Son, por lo tanto, inevitables. Sin embargo, sólo en los últimos años se están convirtiendo en un motivo de preocupación. Y ello, por dos causas:

- Por un lado, los procesos industriales requieren, de día en día, una mayor calidad de todos los productos utilizados y, en particular, de la electricidad, haciéndose más sensibles a las alteraciones que puedan existir.
- Por otro lado, la creciente utilización de receptores que generan perturbaciones hace que el nivel de contaminación general de las redes eléctricas esté aumentando, lo que puede así incidir en el normal funcionamiento de los demás receptores a ellas conectados y, en definitiva, extendiendo el problema.

Se dice que existe distorsión armónica cuando la onda sinusoidal, prácticamente pura, que generan las centrales eléctricas sufre deformaciones en las redes de alimentación a los usuarios.

Para cuantificar el grado de deformación de una onda de tensión o de intensidad que no es sinusoidal pura –aunque sí periódica, con 60 Hz de frecuencia–, se recurre a su análisis frecuencial.

Este se lleva a cabo normalmente mediante la transformada rápida de Fourier, un algoritmo de cálculo que nos proporciona los contenidos de las diferentes ondas sinusoidales puras que componen la onda deformada.

Estos contenidos se refieren a:

- La componente fundamental de la onda (50 Hz de frecuencia).

---

- Las componentes de frecuencias armónicas (múltiplos de 60 Hz), que reciben la denominación de armónicos de tensión o de intensidad. Su presencia debe limitarse.

Asimismo, aparecen en las redes otras componentes de la onda de tensión que se denominan interarmónicos, cuyas frecuencias no son múltiplos enteros de la fundamental. Estos interarmónicos se presentan tanto a unas ciertas frecuencias como en forma de espectro de banda ancha. Son de poca importancia, por lo que generalmente no se les tiene en cuenta.

A los armónicos se les designa normalmente por su orden, un número que resulta de la relación existente entre su propia frecuencia y la de la componente fundamental.

### **1.8 Caracterización de la UPM**

En este momento se analiza objetivamente desde puntos de vista de diseño e ingenieriles las características restrictivas que presenta la UPM con las cuales está trabajando en la actualidad y veremos si pueden ser cambiadas para mejorar la eficiencia y flexibilidad de dicho instrumento de medición, algunas de estas son:

Desde un punto de vista de diseño presenta las siguientes deficiencias.

- El analizador que tenemos (WM2-96) cuenta con salida para la comunicación RS-485 y por esto necesitamos un convertidor de RS-485 a RS-232 para la comunicación con la PC.
- El analizador no tiene ni memoria interna ni batería interna.
- La UPM necesita irremediablemente de transformadores de medición para censar redes de potencia, esto atenta contra su portabilidad.
- La conexión vía RS-232 de UPM a PC no se puede realizar pues no existe el cable.

- La carcasa de la UPM está sobredimensionada y esto atenta contra su potabilidad.
- Para la medición en exteriores necesitamos cable serie muy largo esto la hace dependiente de la PC.
- Solo se puede monitorear por puerto serie RS-232.
- No existe señalización externa en la UPM.
- No puede trabajar en lugares con ambientes adversos.
- No tiene un manual del usuario.
- Cambios al programa.
- No está debidamente protegida.

Desde el punto de vista ingenieril presenta las siguientes deficiencias.

- La realización de la UPM fue llevada a cabo de forma empírica.
- No tiene un proyecto que la avale.

### **1.9 Flexibilidad**

La flexibilidad consiste en lograr que sus características internas y externas se desdoblén para que presten mayor número de prestaciones. Por ejemplo:

- Con respecto a la comunicación la UPM solo lo hacía por puerto serie RS-232 y con la realización de este trabajo también lo puede hacer vía RS-485 mediante red industrial.
- También con la utilización de pinzas de medición se logra la utilización en redes de potencia sin la necesidad de interrumpir el servicio en la carga, cosa que no se logra con los transformadores de medición.
- Por otra parte para lograr más flexibilidad se le quiere introducir memoria interna para que pueda hacer un registro de las mediciones sin la

necesidad de la PC y además de baterías para lograr de esta forma que ante una falla eléctrica momentánea no se pierdan las mediciones.

- También con la construcción de una caja como la que se quiere realizar que sea más pequeña y sobre todo que tenga características de hermeticidad para así lograr realizar mediciones en lugares adversos donde por humedad, lluvia o extrema contaminación no puede hacerlo en estos momentos.

### **1.10 Reproducibilidad**

Con la realización de esta tesis se establecen las bases para la posterior reproducción del equipo, para garantizarla es que se hacen los estudios de otros analizadores y los servicios que brindan para según precio versus prestaciones se pueden hacer inversiones para nuevas UPMs.

No solo por su bajo costo comparado con equipos similares sino por la amplia gama de variables eléctricas que mide, además con la reproducción del equipo podemos medir al unísono en diferentes puestos e incluso en diferentes laboratorios y comunicarlos mediante la red industrial a la PC. También logrando un aval de calidad se puede hablar de comercialización.

### **1.11 La UPM en su Versión original**

La UPM antes de realizarle las mejoras tenía una serie de limitantes que impedían que fuera un producto acabado con una utilización real en nuestro instituto, algunas de las limitaciones son las siguientes:

No tenía cable para la comunicación a RS-232 haciendo imposible la comunicación con la PC y en consecuencia las mediciones eran solo sobre el instrumento.

No existía señalización en sus bornes y esto podía traer aparejado errores en la medición o peor aún la rotura del equipo.

No tiene memoria para hacer salvas de las mediciones ni baterías para una alimentación auxiliar.

En caso de que se consiguiera un cable para la conexión este debía ser muy corto por las especificaciones de dicha conexión (15 m) y por consiguiente ser dependiente de la PC.

No tenía ningún estudio sobre las protecciones que debía utilizarse en ella y además no tenía ninguna protección instalada.

No contaba con el debido manual del usuario imposibilitando así el uso del instrumento por personas alejadas del tema. [11]

### **1.12 Funcionamiento actual**

Al realizarle las mejoras pudimos flexibilizar la conectividad al analizador logrando que realmente fuera funcional, también logramos que se comunicara al realizar la construcción del cable vía RS-232 y entonces pudimos comunicarla con la PC y hacer salvas de datos, en fin monitorear una carga con todos los parámetros eléctricos.

También se señaló cada borne del instrumento para que así fuera más confiable su utilización.

Con respecto a las comunicaciones no se quedó en RS-232 sino que viendo las ventajas de la comunicación por RS-485 se le colocó un nuevo juego bornes para dicha salida.

Se elaboró un Manual del Usuario con las especificaciones necesarias para el uso de la UPM su configuración y uso del software de forma adecuada.

Se realizó el estudio de las protecciones y se le colocaron fusibles de 2A para las entradas de alimentación y otros de 5A para las entradas de corriente.

---

Evaluamos el producto final del instrumento de medición, haciéndole pruebas, al medir en tiempo real con la UPM y otro instrumento de medición certificado (analizador de red) y comprobamos la factibilidad de las mejoras.

### **1.13 Componentes sustituibles**

El instrumento de medición deberá estar sujeto a mutaciones si se quiere que sea realmente flexible

El analizador se puede cambiar por otros que brinde características más deseables como pueden ser memoria u otros aditamentos útiles.

El convertidor de señal de puerto serie puede ser omitido en el caso que toda la información para la comunicación sea por RS-485 mediante una red industrial.

Los transformadores de corriente o TCs se pueden cambiar por pinzas de medición, ya que estas brindan la posibilidad de conectarse sin la necesidad de interrumpir el servicio eléctrico en la carga.

La caja o carcasa del instrumento se puede sustituir por otra que sea más pequeña y de ser posible hermética para poder realizar campañas de medición en cualquier lugar sin importar el tamaño o las inclemencias ambientales a las que pueda estar sujeta.

### **1.14 Conclusiones**

Al terminar este capítulo cumplimos con el objetivo fundamental trazado, se describió tanto interna y externamente así como también su diagrama de bloques.

La unidad contiene además materiales de reciclaje y recuperados en nuestro centro como son: chasis de PC, bornes y conectores de equipos obsoletos o inusables en los laboratorios, interruptores, componentes electrónicos y eléctricos, entre otros.

Además se plantea la necesidad de la reproducción tanto para la comercialización como para la utilización interna en nuestro instituto en laboratorios y bancos de transformadores.

## Capítulo II

### 2 Introducción

En este capítulo se analizan los problemas enunciados en el capítulo anterior y se le tratará de dar soluciones proyectivas. Al resolver los problemas enunciados, desarrollaremos implícitamente las tareas planteadas, logrando así su flexibilidad, expandiendo las prestaciones del analizador, agregándole elementos para su protección y comunicación. También se analizará la factibilidad de los agregados que se le puedan hacer y como las mutaciones la pueden enriquecer con la finalidad de reproducirla sin incrementar significativamente costos, pero sí las prestaciones, las tareas que se llevarán a cabo son las siguientes: comunicación a RS-485, análisis de estudio de nuevos analizadores con vista a mutaciones, construcción del cable RS-232, revisión de las pinzas de medición, cambio de carcasa, confeccionarle el manual del usuario, señalización externa de la UPM, comunicación y conexionado, introducirle elementos de protecciones y mejoramiento del software.

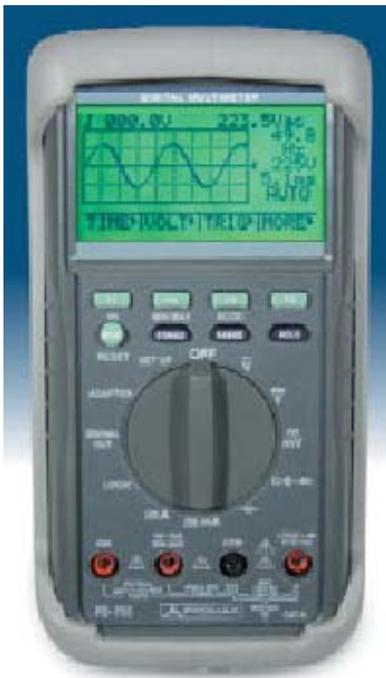
#### 2.1 Comunicación de RS-232 a RS-485

El analizador (WM2-96) que se utilizó este proyecto por desconocimiento de la finalidad de su utilización se compró con salida serie RS-485 y para poder comunicarlo con la PC necesitábamos protocolo de comunicación RS-232 por esto fue necesario invertir en la compra de un convertidor de puerto serie de RS-485 a RS-232 encareciendo los costos de la unidad de medición. Ahora con la implementación de la red industrial donde la comunicación es vía RS-485 hasta el Nport [7] y de ahí en adelante se puede acceder desde cualquier parte de la red ethernet. Entonces podemos prescindir del convertidor abaratando esto los costos finales del equipo. Las prestaciones de la comunicación a RS-485 son superiores pues se puede transmitir la información hasta 1200m con menor nivel de interferencia mientras que la comunicación a RS-232 solo se puede transmitir

hasta 15m. Además analizando el costo de los cables podemos constatar que el RS-232 es de 9 hilos por lo tanto más caro, mientras que el RS-485 solo necesita de dos pines para la comunicación. [9]

## 2.2 Nuevos analizadores de redes con mejores prestaciones

Para nuevas inversiones con vista de reproducir e implementarla UPM debemos pensar en un analizador de redes de potencia con mayores prestaciones que le serían definitivamente muy útil como es una memoria interna para que el por si mismo vaya haciendo salvadas de datos y sea más independiente de la PC. Además de una batería interna o externa que le brinde el suministro eléctrico que necesita en un tiempo de falla relativamente corto para que no se pierda las mediciones. A continuación le brindamos características de algunos analizadores de redes eléctricas con mejores prestaciones.



El Multímetro PD-755 de PROMAX ha sido diseñado de acuerdo con los más estrictos requisitos de calidad, para cumplir los estándares de seguridad más rigurosos.

Reúne las características básicas del instrumento

Tiene características profesional, tales como una elevada precisión, fiabilidad y una amplia gama de medidas. Además de baterías internas recargables.[8]

Fig. 2.1 Multímetro **PD-755** de **PROMAX**

### 2.3 Construcción del cable de comunicación

La comunicación de la UPM con la PC es vía RS-232 esta comunicación se realiza mediante un cable de protocolo de comunicación serie de punto a punto. Este cable hubo que hacerlo pues el que había estaba en malas condiciones por falsos contactos y no eran confiables las mediciones, para la realización de dicho aditamento se utilizó conectores DB9 reciclados y fue necesaria la investigación de su conexionado. Esta resultó ser directo, es decir punto a punto.

Tabla 2.1 Conexionado del cable RS-232

color	Macho	Hembra
Verde	1	1
Naranja	2	2
Rojo	3	3
Blanco	4	4
Marrón	5	5
Gris	6	6
Azul	7	7
Negro	8	8
Violeta	9	9

### 2.4 Revisión de las pinzas de medición

La UPM necesita irremediamente de transformadores de medición para censar redes de potencia, esto atenta contra su portabilidad por esto fue necesario la utilización de pinzas de medición para poder conectarlas a las redes de potencia sin necesidad de interrumpir el servicio en la carga lo que no se puede hacer con

los TC, y en un lugar donde no se pueda prescindir de la continuidad del servicio no se puede usar el instrumento de medición. Con la colaboración de las industrias del níquel, (Pedro Soto Alba) que gentilmente nos cedieron un trío de pinzas de medición de corriente de 150A por el primario y 1mA por el secundario. Al realizarle pruebas en el laboratorio se comprobó que para mediciones inferiores a 0.025A la UPM deja de censar los valores de corriente. Se demostró la imposibilidad de utilizar instrumentos de transformación de corriente, pinzas o TCs, con salidas por secundario menores de 1A y relación de transformación mayores de 1000.

### **2.5 Cambio de carcasa**

La carcasa de la UPM está sobredimensionada, esto atenta contra su portabilidad por esto se hace necesario la remodelación de la caja pues en estas dimensiones actuales sobrepasa el espacio útil que realmente es necesario, además de esto no puede trabajar en lugares con ambientes adversos pues no es hermética en lo más mínimo. Con la contracción de la caja viene aparejado su hermeticidad para que sea más tolerante a las inclemencias del ambiente circundante.

### **2.6 Confección de un manual del usuario**

Se realizó un pequeño manual del usuario con la finalidad de lograr que con poca práctica cualquiera pueda lograr un manejo correcto y un óptimo uso de los recursos que brinda la UPM como módulo de medición. En este documento se expresa de manera amena y escueta cada una de las funciones, así como de qué forma puede ser utilizado los TCs y las diferentes conexiones que puede tener. También se comenta sobre la utilización del software y de cómo funciona cada uno de los botones y de las prestaciones que en general brinda este programa.

## **2.7 Señalización externa de la UPM**

La señalización se realiza con la función de brindar información clara y concisa de cada elemento a utilizar por el usuario, haciendo más fácil el manejo de la unidad de medición, aunque los usuarios no tengan conocimiento de la arquitectura interna que presenta. Con las indicaciones se aclara que borne es de corriente o tensión, cual es de entrada o salida y cuales los de comunicación.

## **2.8 Ampliación del protocolo de comunicación**

La comunicación con la PC solo se podía hacer por puerto serie a RS-232, esto trae aparejado las siguientes limitaciones, pequeña distancia (menores de 15 m) entre la UPM y la maquina de monitoreo, además riesgo de sufrir interferencias que pueden atentar contra la comunicación. Al implementar la red industrial en el instituto, quedan resueltos esas deficiencias ya que la comunicación se haría entonces por puerto serie a RS-485 donde la comunicación es digital y por ende la interferencia es considerablemente menor en distancias mucho mayores (alrededor de 1200 m). Para la medición en exteriores como el cable serie a RS-232 no podía ser muy largo esto la hacia dependiente totalmente de la PC, sin embargo con la red industrial solo habrá la necesidad de un cable a RS-485 hasta la interfaz de comunicación Nport y de ahí en adelante se podrá acceder desde cualquier máquina con el software por la red Ethernet.[9]

## **2.9 Protecciones necesarias**

La UPM no contaba con ninguna protección lo que la hacía vulnerable a sobrecorrientes o a un conexionado erróneo. Se decidió colocar protecciones tipo fusible de 1A por la entrada de corriente y de 5A en los bornes de medición de corrientes, estos fusibles no tienen que ser de construcción especiales porque el analizador tiene internamente protecciones para un segundo nivel de sobrecarga.[11]

## 2.10 Comunicación y Conexión

La comunicación de la UPM con la PC puede ser de dos formas diferentes una vía serie con puerto RS-232 a la computadora directamente, es decir punto a punto y la otra vía serie con RS-485 directo al Nport gracias al cual se podrá acceder por la red.[5]

Para utilizar cables RS-485 en la conexión con el Nport, es necesario configurar el mismo quedando la distribución de los pines de la siguiente manera. Ver Fig. 2.7.

- Uno y dos información.
- Cinco Tierra.

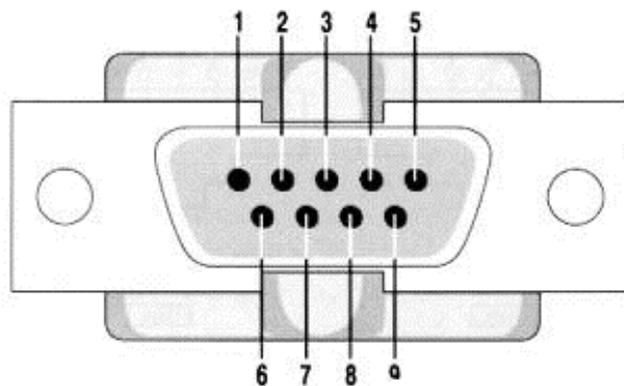


Fig. 2.7 Puerto RS-232

### 2.10.1 Puerto RS-232

El RS232 es un estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y es la última de varias versiones anteriores. Antiguamente se utilizaba para conectar terminales a un ordenador Host. Se envían datos de 7, 8 o 9 bits. La velocidad se mide en baudios (bits/segundo) y sólo son necesarios dos cables, uno de transmisión y otro de recepción. Lo más importante del estándar de comunicaciones es la funciones especifica de cada pin de entrada y salida de datos porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores los de 25 pines y los de 9 pines, es probable que se encuentre más

---

la versión de 9 pines aunque la versión de 25 permite muchas más información en la transferencia de datos.

Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios, resumiendo:

12Vlts. = Lógica "0"

-12Vlts = Lógica "1"

Las características de los pines y su nombre típico son:

TXD: Transmitir Datos. Señal de salida.

RXD: Recibir Datos. Señal de entrada.

RTS: Solicitud de envío. Señal de salida

DTR: Terminal de datos listo. Señal de salida.

CTS: Libre para envío. Señal de entrada.

DSR: Equipo de datos listo. Señal de entrada.

DCD: Detección de portadora. Señal de entrada.

SG: Tierra Referencia para señales.

RI: Indicador de llamada Señal de entrada.

Tabla 1.1 Señales de control.

Conector 9 pines	Nombre	Descripcion
1	-	Masa chasis
3	TxD	Transmit Data
2	RxD	Receive Data
7	RTS	Request to send
8	CTS	Clear to send
6	DSR	Data Set Ready
5	SG	Signal Ground
1	DCD	Data Carrier Detect
-	TxC	Transmit Clock
-	RxC	Receive Clock
4	DTR	Data Terminal Ready
9	RI	Ring Indicator
-	RTxC	Transmin/Receive Clock

Existen hasta prácticamente 25 señales más pero no son muy usadas y para usos con el microcontrolador generalmente no son necesarias.

### 2.10.2 Puerto RS485

#### Protocolos y formas de conexión

La tarjeta de salida RS485 entrega 2 líneas aisladas galvánicamente, llamadas A y B. En el protocolo RS485, estas líneas funcionan como par diferencial (sin tierra absoluta como el RS232). El 1 lógico se representa por la condición en que el voltaje en la línea A, es mayor que el de la línea B, y al revés para el 0 lógico. Típicamente  $A - B = 5$  volts para 1 lógico y  $A - B = -5$  volts para 0 lógico.

La comunicación RS485 es bidireccional Half duplex, a diferencia del RS422 que usa los mismos niveles de voltaje pero con 2 pares de líneas para comunicación Full duplex.

---

### 2.10.3 Comunicaciones seriales vía RS-485

#### Descripción general

El propósito es permitir monitoreo, programación y supervisión remota de los instrumentos desde un computador personal tipo PC.

Para tener un sistema completo de control supervisor sobre varios instrumentos de la serie 400, son necesarios los siguientes requisitos:

- a) Colocar en cada instrumento desde el que se desea reportar, una tarjeta de comunicaciones RS-485.
- b) Instalar un par de cables que recorra la planta conectándose con un máximo de 32 instrumentos y finalmente llega a la oficina o sitio donde estará el PC.
- c) Uso de un convertidor, aislador RS-485 á RS-232 para conectar el cable del bus RS485 con el computador vía la puerta serial RS-232 del mismo.
- d) Es necesario también tener en el computador un software que maneje el protocolo de comunicación y presente en forma gráfica los datos solicitados.

#### 2.10.4 Ventajas

- 1) Reducción de costos por cableado al instalar sólo un par de cables.
- 2) Mayor inmunidad al ruido al usar comunicación digital, que es inherentemente más inmune que la análoga.
- 3) Permite un máximo de 32 instrumentos por nodo, que pueden ser instalados progresivamente y a medida que se requieran.
- 4) Software de desarrollo muy sencillo de operar y además económico.

### **2.10.5 Protección contra sobretensiones para las interfaces RS-485**

La máxima tensión diferencial admisible, que puede afectar desde fuera al módulo transmisor-receptor RS485 instalado, está limitada a valores de  $\pm 12..14V$  aproximadamente. Según los datos indicados por el fabricante del semiconductor en las fichas técnicas. Las tensiones que superen esos valores provocan irremediablemente el fallo de los módulos de interfaces.

Si se emplean cables blindados, en general, no se debe esperar que se produzcan tales tensiones diferenciales, porque los acoples externos en la línea de transmisión se manifiestan al elevarse el potencial de todos los conductores del cable.

En el uso del convertidor de interfaces en líneas de transmisión fuera de edificios o en condiciones de cableado confusas es más conveniente por el contrario el uso de la interfaz 86203. Este tipo de interfaz dispone de una protección integrada de sobretensión, que limita las tensiones diferenciales máximas aparecidas con ayuda de diodos de protección rápidos a  $\pm 9V$  inofensiva.

### **2.10.6 Conexión**

Este modo de operación permite tener varios instrumentos conectados con un computador tipo PC, mediante un par de cables en forma de “bus” lineal. Los instrumentos se conectan al cable pasando el cable de un instrumento al siguiente.

El aislamiento galvánico es del PC al bus (mediante el módulo aislador conversor ISO485) y del bus a cada instrumento. Así se logra total protección de los equipos a trascientes de alto voltaje y corto circuitos accidentales. A veces es conveniente colocar una resistencia (1/4watt) en cada uno de los dos extremos de la línea de transmisión (cable) de modo de acoplar las impedancias y evitar rebotes de la señal. Estas resistencias deben ser de la misma cantidad de Ohms de la impedancia característica del cable y que la especifica su fabricante. El cable del

bus debe ser uno adecuado para transmisión digital de poca velocidad (menos de 10Mbit/seg.) de los que hay muchos en el mercado. Se recomiendan las siguientes características (se especifican también los términos en Ingles por que casi todos los catálogos de cable están en ese idioma):

- a) 1 par de cables enrollados individualmente. *Individually twisted pair*
- b) Preferentemente blindado *Shielded*
- c) Preferencia 22 AWG o 24 AWG
- d) Multifilar ó si no, sólido *Stranded, solid*

Las características de retardo a la llama, emanación de gases tóxicos, etc son a criterio del usuario y existe una gran variedad donde elegir y de muy distintos precios. En general estas características las cumplen los cables llamados IBM tipos 1 y 1A.

### **2.10.7 Protocolo.**

El computador o PC realiza la labor de maestro (coordina la comunicación) en tanto que los instrumentos en la planta son esclavos y sólo responden a las preguntas ó comandos del maestro.

De aquí en adelante debe referirse al manejo particular de dicho software. Para los que deseen desarrollar su propio software de comunicación con los instrumentos, está disponible la documentación completa del protocolo de comunicación.

### **2.10.8 Características**

Aislamiento Galvánica de instrumentos con el bus y del bus al PC

Standard de transmisión. RS485, Half duplex (1 par)

Data rate. 300, 600, 1200, 2400 Baud.

Formato. Binario (no ASCII) : Start bit, 8 bits, 1 bit, Stop bit

Chequeo de error. Detección de errores mediante algoritmo particular

(Xor Helicoidal, detecta 3bit)

Protocolo. Particular, entregado con los instrumentos.

Longitud máxima. 1200 metros.

## 2.11 Software

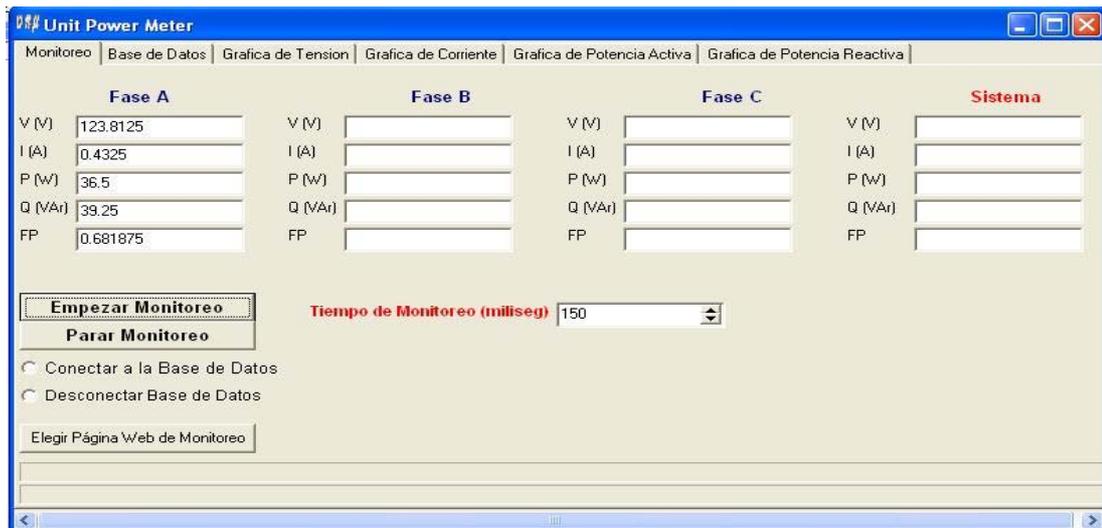


Fig.2.8 Interfaz de usuario

El diseño de un software (figura 2.8) que nos permita comunicarnos con la UPM en tiempo real y realizar salvadas en una base de datos para un estudio posterior y detallado es una herramienta importante para el manejo de esta unidad por eso nos dimos la tarea de implementar un diseño fácil de manejar para el usuario como interfaz PC y analizador.[4]

El programa realiza la comunicación a través del puerto serie COM1 de la PC y el mismo esta configurado para una conexión de 1 bit de arranque, paridad par, 9600 baud/s, 1 bit de parada, 8 bit de transferencia. El mismo es compatible con Windows. Al software se le añadió una ventana con el programa correspondiente para validar los coeficientes de transformación, pudiendo así utilizar cualquier coeficiente sin restricciones porque el analizador solo llega hasta 1000.

---

## Capítulo III

### 3.1 Evaluación de los resultados

Los resultados que se obtuvieron en la realización de este trabajo de tesis dan cumplimiento a las tareas trazadas en el capítulo introductorio, los resultados fueron los siguientes:

- Se investigó el conexionado y se construyó el cable para la comunicación por RS-232 y por ende se ampliaron las vías de comunicación del instrumento de medición y la PC donde puede ser de dos formas por RS-232 o por RS-485.
- Se realizó un estudio para proteger correctamente la unidad de medición y se estimó que se colocaran fusibles de 1 amperes para la entrada de alimentación del analizador y fusibles de 5 amperes para las entradas por donde se censa la corriente puesto que el analizador por un segundo soporta sobrecorrientes muy superiores.
- Se le construyó el manual del usuario ya que este equipo no contaba con ningún documento que ejemplificara su uso, pudiendo esto provocar que no se usara por desconocimiento como también errores en las mediciones o peor aún roturas del equipo.
- Se realizó la señalización externa de la carcasa del instrumento de medición para que en conjunto con el manual del usuario poder eliminar posibles errores en las mediciones o malas conexiones que imposibiliten el posterior uso del instrumento.
- Se investigó sobre la conexión de pinzas de medición y de la utilidad de estas para no tener que desconectar la carga de la alimentación.

Estas mejoras conllevan a que el módulo de medición sea más flexible, al tener alternativas para diferentes vías para la comunicación, o la medición no solo con TCs sino también con pinzas. Todas estas características permiten que pensemos

en la reproducción de la UPM y las ventajas de contar con más de un instrumento de medición con estas características, se podrían realizar mediciones simultáneas para realizar estudios de pérdidas y otros estudios energéticos.

### **3.2 Comparaciones dinámicas**

Se avalaron los resultados de la UPM de forma práctica haciendo comparaciones dinámicas con el analizador que tenemos en el laboratorio de máquinas. Se conectaron los dos instrumentos en paralelo al unísono sobre la misma carga (motor trifásico) y estos instrumentos mostraron similitud exacta en los valores medidos.

Luego se realizó la misma prueba de conectarlos a la misma carga pero esta vez utilizando como receptor un banco de resistencias trifásicas a las que se le podía variar la corriente circulante por ella hasta cero, de una manera precisa, entonces por métodos prácticos se constató que la UPM tiene un nivel de precisión de 0.025A, los valores de corriente por debajo de estos no le son sensibles y no los censa.

### **3.3 Evaluación de los cambios**

Los cambios realizados a la UPM fueron satisfactorios y muy útiles para el instrumento ya que ganó en utilidad real. Se puede comunicar con la PC por diferentes vías, se señalizó totalmente, se realizó el estudio de las protecciones y se le introdujeron fusibles de tipo común es decir no tienen que ser de rápido disparo porque la UPM acepta una sobrecarga por espacio de un segundo. También se mejoro el software.

### **3.4 Materiales utilizados**

En la modernización del instrumento de medición se utilizó materiales de mejor calidad o en mejor estado los cuales se sustituyeron en el prototipo de UPM para

lograr mayor confiabilidad y además continuidad en el servicio, algunos de estos fueron:

cables y bornes,  
conectores DB9,  
conectores para RS-485,  
fusibles,  
pinzas de medición,  
transformadores de medición,  
precinta y tape.

En el caso de las pinzas de medición de corriente se utilizó dos juegos trifásicos para la medición, uno propiedad de la universidad y el otro de la fábrica “Pedro Soto Alba”. La salida por el secundario de dichas pinzas no es compatible con el analizador de la UPM (WM2-96) pues este solo ve valores de corriente superiores a 0.025A (valor comprobado con experimentos) y las pinzas que existe, la salida es en miliamperes (la del instituto es de 100mA y la de PSA de 1mA) por esta razón es que no se pueden utilizar para las mediciones.

### **3.5 Valoración Técnico Económica**

En cualquier sistema social es muy importante tener en cuenta las relaciones costo beneficio, costo tiempo porque estas relaciones son las que nos dan la idea de verdadera rentabilidad y economía, mucho más si es una sociedad como la nuestra que necesita de cada uno de nosotros.

En nuestro país la compra de productos como este en el mercado mundial se hace muy difícil provocado por el precio de estos artículos y la presión económica del bloqueo, la realización de la UPM consta de un equipamiento que comercializa la Empresa Nacional COPEXTEL en su división de ECOSOL como el analizador de red y el convertidor de señal que reduciría los costos de producción de la Unidad.

### 3.6 Costo y vida útil de los materiales

Los materiales que se utilizaron para la modernización de la UPM fueron todos recuperados, los cables, los conectores pero se trató de que fueran de la mejor calidad posible para así lograr una vida útil duradera

Tabla 3.1 Costo de los materiales y tiempo estimado de renovación.

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
Analizador WM2-96	1	300 CUC
Convertidor RS232 a RS485	1	80 CUC
Bornes	8	Recuperado
LEDs	3	Recuperado
Cable de alimentación de PC	1	Recuperado
Fusible 5A	5	Recuperado
Fusible 1A	2	Recuperado
Conectores	3	Recuperado
Cables 1.5 mm <sup>2</sup>	18m	Recuperado
Cables 4 mm <sup>2</sup>	2 m	Recuperado
Interruptores	3	Recuperado
Conectores DB9	4	Recuperado
Caja de PC	1	Recuperado
<b>Total</b>		380 CUC
Analizador MULTILIN (sin software)	1	2000 CUC
Analizador ABB (sin software)	1	1500-2000 CUC

---

Como podemos apreciar en la tabla la UPM tiene un costo aproximadamente unos \$ 400 CUC mientras que otro tipo de analizador sin software incorporado exceden de los \$ 2000 CUC.

### **3.7 Tiempo de renovación**

El tiempo de renovación no es más que el que tardará cada una de las partes internas y externas en perder las características óptimas que permiten el buen funcionamiento de la UPM. Por ejemplo los empalmes y los bornes necesitan mantenimiento sistemático y mucho más si esta trabajando en lugares de gran contaminación como es el caso de nuestro municipio y por esto es que cuando se noten signos de envejecimiento se debe cambiar la parte dañada, para evitar así posteriores daños al equipo

### **3.8 Aumento de prestaciones**

Con el aumento de las prestaciones realizadas a la UPM los costos no variaron, al menos en cuanto a dinero ya que los materiales usados fueron reciclados y no tienen un precio en el mercado. Lo que si consumió fue en tiempo de trabajo tanto manual como intelectual.

### **3.9 Reproducibilidad y posibilidades de implementación.**

La UPM puede ser reproducida por la sencilla razón que los beneficios exceden a los costos de producción y mantenimiento. Por esto es que se plantea la necesidad de crear nuevos instrumentos de medición con características similares, para realizar mediciones simultáneas y crear una red de monitoreo eléctrico en todo el ISMM.

### **3.10 Costos de mantenimiento y software**

Entre los costos también hay que analizar los que están relacionados con la explotación directa de la UPM. Estos costos son los que se incurren al darle mantenimiento, como pueden ser a los cables y bornes, también los empalmes, las protecciones necesitan de dicho mantenimiento o simplemente ser cambiadas ante cualquier signo de corrosión o envejecimiento, también como el instrumento es portátil hay que tener en cuenta los problemas que pueden ocurrir al transportarlo y preverlos .

### **3.11 Proyecto de construcción de una nueva UPM**

Objetivo.

- Crear una nueva UPM con características similares a la ya existente.
- Resultados que se desean alcanzar.
- Que mida todas las variables eléctricas de una red.
- Que se comunique con versatilidad.
- Tenga batería y memoria interna
- Beneficios directos del proyecto de contracción.
- Realizar mediciones simultáneas.
- Comercialización interna y externa.
- Desarrollo
- Tener cada parte para la construcción del instrumento de medición (analizador, convertidor de señal, cables, bornes, fusibles, carcasa).
- Ensamblar cada parte interna y colocarla dentro de la carcasa haciendo las adaptaciones correspondientes.

- Desarrollarle el software correspondiente para que se comuniquen con la PC y poder hacer salvadas de las variables para estudios energéticos prolongados.
- Realizar pruebas simultáneas de medición con otros analizadores para así estandarizar y evaluar el producto.
- Conclusiones
- Fácil construcción del instrumento.
- Gran utilidad.

### 3.12 Conclusiones

Técnicamente la UPM es un dispositivo de fácil uso e instalación con una rápida interacción entre Usuario, UPM y Software que reduciría el tiempo de puesta en marcha y preparación de los usuarios.

Mientras que otros analizadores necesitan un tiempo considerado para entrenar al usuario para su configuración y utilización debido a la complejidad de su sistema.

Al analizar tanto técnica como económicamente la UPM y las mejoras planteadas podemos ver cuáles son más factibles. Al aumentar las prestaciones o simplemente mejorar las ya existentes contra los costos en los cuales se irrumpen vemos que si es fiable realizar la modernización de la unidad de medición.

Con la realización de las modernizaciones al instrumento se logra un gran impacto social al ser un instrumento sustituto de uno que en el mercado el precio es mucho mayor.

## **Conclusiones**

Evaluando los resultados obtenidos al final de este trabajo de tesis, podemos plantear que fueron positivos, porque se logró hacerla funcional, en una etapa donde ella se encontraba inactiva por problemas reales y de prejuicios.

Se cumplieron las tareas planteadas ya que se logró flexibilizar la conectividad del analizador y la conexión de la UPM.

Se protegió correctamente para las especificaciones técnicas del analizador.

Se evaluaron los resultados obtenidos en el trabajo con pruebas simultáneas junto al analizador.

Se establecieron las bases para la reproducción de la UPM con la creación de un proyecto para la realización de otra UPM de características similares.

En la actualidad se encuentra funcionando y tomado mediciones reales en un puesto del laboratorio de Máquinas Eléctricas.

## **Recomendaciones**

- Recomendamos el uso de este trabajo para todo aquel que se relacione con la UPM. y en especial la utilización del manual del usuario, el cual ofrece de forma asequible a cualquier usuario inexperto información rápida acerca de su uso.
- Recomendamos la realización de nuevos estudios sobre el tema para nuevas mejoras.
- Recomendamos la utilización de la UPM en estudios energéticos en el instituto y campañas largas de mediciones para sobre la marcha evaluar los puntos débiles.
- Recomendamos la reproducción de la UPM por las condiciones que exhibe de portabilidad, flexibilidad.
- Recomendamos la comercialización nacional del instrumento.

**Bibliografía**

1. Conexión trifásico de Transformadores. <http://zeus.dci.ubisbio.cl/electricidad/transformadores/pagina#1.htm>
2. Convertidor de Puerto Serie. <http://www.multilin.com/>. 2007.
3. Digital Product Catalog. Multilin Ge Power Management. Inc. 1997. p. 237
4. Fundamentos de Programación en Delphi. <http://www.clubdelphi.com/>. 2007
5. Instrumentos Digitales. <http://www.funken.com.mx>. 2007
6. Manual de Usuario del Analizador de RED WM2-96. [http://www.carloscasirassi.it/wm2\\_96.html](http://www.carloscasirassi.it/wm2_96.html). 2007.
7. Manual de Usuario. Nport Server Lite. Segunda edición, enero del 2001
8. Multímetro PD-755 de PROMAX. <http://es.wikipedia.org/wiki/>. 2007
9. Pacheco. P., M. , Ramírez C., L. Diseño de Instalaciones Eléctricas en Instalaciones Industriales. Pueblo y Educación. Cuba.
10. Salazar S. A., Fong B. J. Mediciones Eléctricas. Ediciones Revolucionarias. pág. 1 a 41 y 378
11. Sánchez A. C., Tuzolana M. Unidad Portable de Medición de Potencia Automatizada. Ponencia de Forum 1104282 G-9. 2006.

## Anexo1

### **MANUAL DEL USUARIO**

#### **UPM como módulo.**

La Unidad de Medición Portátil "UPM" es un sistema de monitoreo que presenta un analizador de red de potencia de serie wm2-96 que censa los parámetros eléctricos de la red y presenta comunicación por puerto serie RS-485, y además usa un convertidor de puertos series de RS-485 a RS-232 de la firma MULTILIN para la comunicación con la PC directamente. En caso de mediciones en redes de potencia hay que incluirle transformadores de medición o pinzas de potencia. Podemos establecer comunicación con la PC por puerto serie mediante la implementación de su software.

#### **Función básica de la UPM.**

Este módulo tanto de hardware como de software se diseñó con el objetivo de realizar mediciones de forma portátil en laboratorios de mediciones, monitoreo del consumo en la residencia estudiantil, etc.

La UPM permite evaluar en tiempo real y dinámico el estado de una carga eléctrica determinada. Como módulo puede medir todos los parámetros eléctricos de una red de potencia (corriente, tensión, factor de potencia, todo tipo de potencia y energía). Su principal ventaja es ser portátil, pues nos permite desplazar los estudios hacia cualquier lugar donde sea necesario realizar las mediciones.

## Descripción de sus partes.

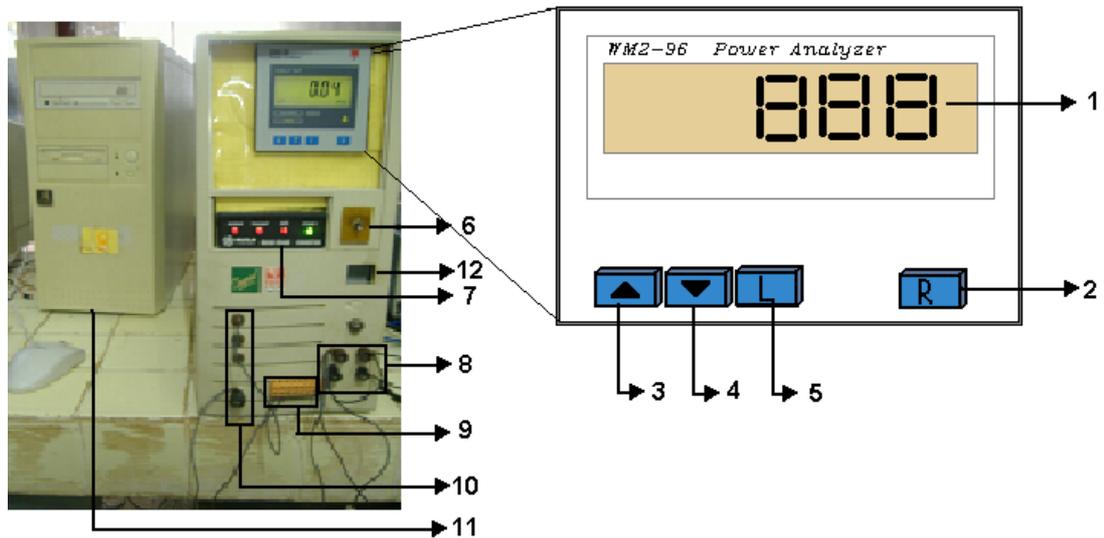


Fig.1.1 Partes de la UPM

1. Display donde se muestran las mediciones del instrumento de forma instantánea.
2. Reset para las mediciones parciales de energía (kWh, kVArh).
3. Se cambia ascendentemente las variables a medir (corriente, tensión, factor de potencia, niveles de armónicos, potencia activa y reactiva).
4. Se cambia descendentemente las variables a medir (corriente, tensión, factor de potencia, niveles de armónicos, potencia activa y reactiva).
5. Visualiza las mediciones de las variables eléctricas de cada fase por separado, indicando en el display cual es.
6. Interruptor de encendido y apagado.

7. Parte delantera del convertidor de señal de puerto serie.
8. Bornes para la conexión de las tensiones fase A, fase B, fase C y neutro.
9. Bornes para la conexión de las entradas y salidas de las corrientes.
10. Bornes para la conexión de una pequeña carga.
11. PC con la cual puede mantener comunicación.
12. Toma para la conexión serie RS-232.

### **Programación del instrumento**

Para acceder a la Programación del instrumento de medición solo basta con apretar arriba y abajo al mismo tiempo (3 y 4) y en el display se despliega un menú con las características cambiables del analizador. Algunas de estas características es el tipo de energía, el coeficiente de transformación y demás especificaciones para la comunicación como paridad, velocidad y dirección como también un reset.

### **Como medir con la UPM**

1. Conectarla correctamente a la red que va a medir.
2. Encender la unidad de medición.
3. Por el botón **L** visualizar la fase que se quiera y por **arriba** y **abajo** la magnitud eléctrica deseada.
4. Para la comunicación con la PC conectar el cable desde la UPM hasta la PC y ejecutar el programa.

### Transformadores o pinzas de medición.

Para la medición en redes de potencia es necesario el uso de transformadores de medición o pinzas que acondicionen la corriente para ser censada por el instrumento, puesto que él conectado a la red directamente solo admite hasta 6A y 520V.

Ahora se muestran algunas de las formas de conexión a la red eléctrica.

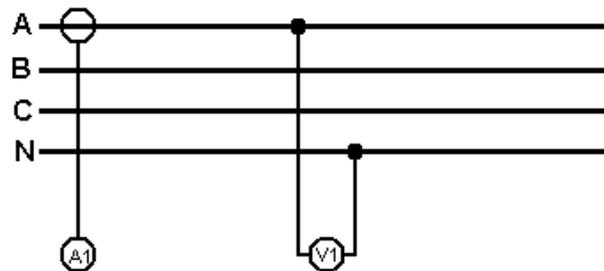


Fig.1.2 Conexión monofásica a una red trifásica.

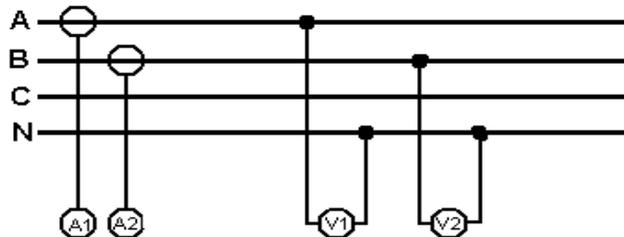


Fig.1.2 Conexión difásica a una red trifásica.

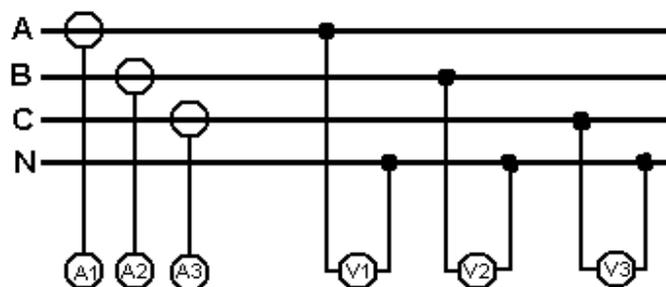


Fig.1.3 Conexión trifásica de una red trifásica.

## Software

Mediante el software que se implemento para la lectura de la UPM se puede visualizar en la máquina las mediciones de las variables eléctricas por cada fase y sistema. Además el programa tiene botones para empezar y parar el monitoreo, así como el tiempo al cual se desea tomar las mediciones. También en la carátula del programa están los botones para ir a las gráficas de tensión, corriente, potencia activa, reactiva y el acceso a la base de datos.

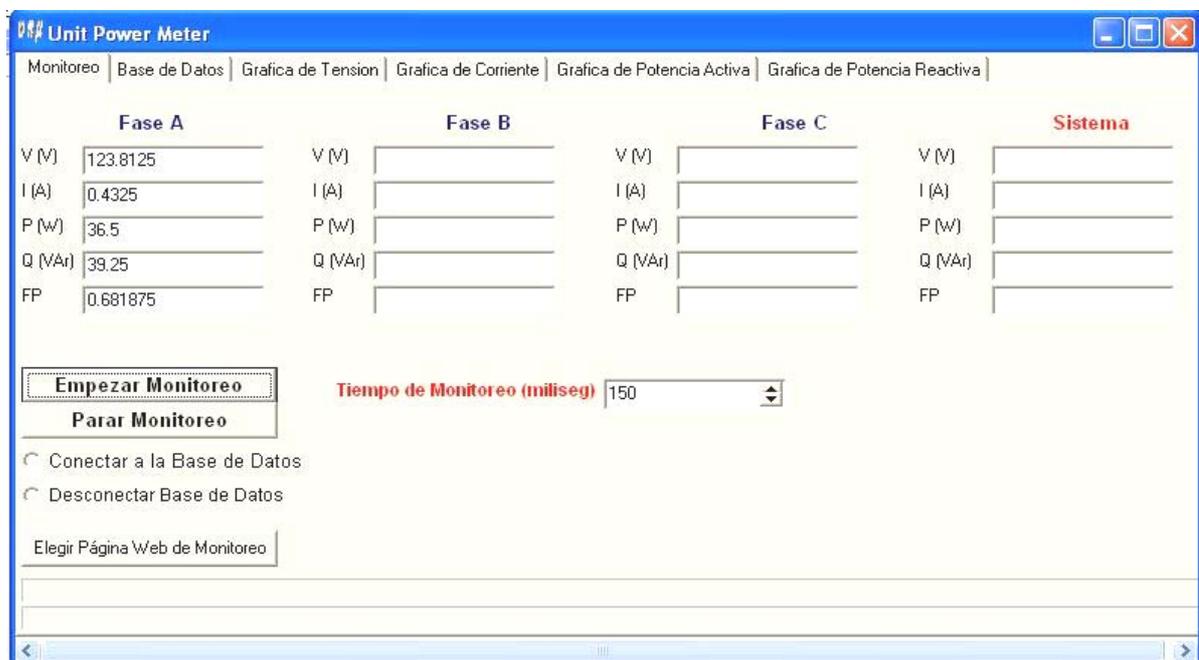


Fig.1.3 Vista de la careta del programa.

## Recomendaciones para el uso.

El uso de este instrumento necesita de un mínimo de conocimientos básicos de electricidad, para que no tenga una mala conexión que conlleve a valores erróneos de las lecturas.

Las mediciones deben realizarse en lugares secos con todas las protecciones tomadas y si se trata de alto voltaje nunca realizarlas solo.

## **Anexo 2**

### **ESPECIFICACIONES PD-755 Escala Resolución Precisión**

#### **Modo Multímetro**

Tensión DC 400 mV, 4 V, 40 V, 400 V, 1000 V 0,1 mV  $\pm(0,75\% + 10$  dígitos)

Tensión AC 400 mV, 4 V, 40 V, 400 V, 700 V 0,1 mV  $\pm(1\% + 10$  dígitos)

Corriente DC 400 mA, 20 A 100  $\mu$ A  $\pm(1,2\% + 10$  dígitos)

Corriente AC 400 mA, 20 A 100  $\mu$ A  $\pm(1,5\% + 10$  dígitos)

Resistencia (.) 400, 4k, 40 k, 400 k, 4 M, 40 M 0,1.  $\pm(1,0\% + 5$  dígitos) hasta 4 M.

Capacidad 4, 40, 400 nF, 4  $\mu$ F, 40  $\mu$ F, 400  $\mu$ F, 4 mF 1 pF  $\pm(3,0\% + 5$  dígitos)

Frecuencia 1 kHz, 100 kHz 1 Hz  $\pm(0,1\% + 5$  dígitos)

Lógica TTL, CMOS (3 V), CMOS (5 V)

Salida TTL 10 Hz-20 kHz(ajustable) 1 Hz  $\pm(1,2\% + 5$  dígitos)

Período/ancho de pulso 4 msec, 1 second 1  $\mu$  sec  $\pm(3\% + 5$  dígitos)

"Régimen de trabajo" 1-100% 0,1%  $\pm(3\% + 5$  dígitos)

Prueba de continuidad <40 .

#### **Modo Osciloscopio de captura digital**

Ancho de banda DC a 100 kHz, 1 canal

Tasa de muestreo 1 Mega-muestras por seg.

Divisiones  $\pm 2$  vertical, 9 horizontal

Longitud de registro 25 divisiones

Base de tiempos 5  $\mu$ seg. a 2,6 seg. por división (20 pasos)

Vertical 75 mV a 500 V (17 pasos). mA: 75 a 300 mA (4 pasos). A: 7,5 a 15 A (2 pasos)

Captura de interferencia 500 ns (mínimo)

Disparo Nivel ajustable  $\pm 2$  divisiones (en 0,1 pasos), (Disparo por flanco positivo/negativo)

## **General**

Pantalla LCD gráfica de 128x64 píxels

Área visible (72 x 40 mm)

Tasa de medición Digital: 4 veces/sec. Gráfica de barras: 7 veces/seg.

Apagado automático 30 min.

Fuera de escala Indica OVER

Alimentación Pilas R6 (AA), Pack de baterías NiCd (8 hrs. aprox.) y Red mediante adaptador cargador

Retención Captura la lectura indicada

## **Características mecánicas**

Dimensiones 92 (A.) x 192 (Al.) x 55 (Pr.) mm

Peso 450 g

**Accesorios** Puntas de prueba, Cable RS-232C, Diskette con programa de volcado de datos a PC, Protector antichoque, Estuche de transporte, Manual de instrucciones, Pack de Baterías Ni-Cd, alimentador cargador