



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TOTALIZADOR DE POTENCIA REAL Y REACTIVA PARA SUBESTACIONES ELECTRICAS CON SINCRONIZACION POR GPS Y PROTOCOLO DE COMUNICACION DNP 3.0.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;  
**INGENIERO ELECTRICO-ELECTRONICO**  
P R E S E N T A ;  
**JUAN MANUEL GALICIA BADILLO**

DIRECTOR DE TESIS: ING. ARTURO MORALES COLLANTES



CIUDAD UNIVERSITARIA

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS:

El desarrollo y buen termino de este trabajo de tesis fue posible gracias a las siguientes instituciones.

- Ing. Arturo Morales Collantes y al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ingeniería.
- Sistemas Eléctricos de Potencia Computarizada S.A. de C.V. (sedpc). A todo el personal de ésta institución que participó directa o indirectamente en la realización del proyecto. En particular a los ingenieros Enrique Cisneros, Gerardo Laguna, Mauricio Guerrero, Antonio Ramón León y Manuel Román (Manolito).

Elkon S.A. de C.V., al Ing. Gustavo Cadena por su apoyo en la instalación del equipo.

## DEDICATORIA:

*A Dios por lo que generosamente me ha brindado.*

*A Guadalupe V. por todo.*

*A Roberto y su querido e irreductible pueblo.*

*A Roberto Jr. por todo lo que compartimos.*

*A Néstor por su dedicación.*

*A Jose Luis por su espontaneidad.*

*A Erika, Areli (Cheli) y Beti, por aguantarme.*

*A mis amigos, viejos y nuevos, por su compañía y apoyo en todo lo que hemos emprendido.*

*A mis primos por esos gratos momentos*

*A LINDA por todas esas excelentes ideas*

*A los gloriosos Espartanos.*

*Juan Manuel*

**Totalizador de Potencia Real y Reactiva para Subestaciones Eléctricas  
con Sincronización por GPS y Protocolo de Comunicación DNP3.0.**

**ÍNDICE**

<b>Capítulo I Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Integración de equipos en un sistema eléctrico. ....	1
1.2 Justificación del Equipo Totalizador TOTEM-2K. ....	1
1.3 Resumen. ....	3
<b>Capítulo II Marco Conceptual.</b> .....	<b>4</b>
2.1 Características y conexiones de los TC's y TP's .....	4
2.2 Características de los Medidores de Potencia Eléctrica con salidas de pulso .....	14
<b>Capítulo III Desarrollo.</b> .....	<b>19</b>
3.1 Descripción del Totalizador .....	19
3.2 Módulos que conforman el Totalizador .....	20
3.2.1 Microcontrolador. ....	20
3.2.2 Módulo de Memoria .....	21
3.2.3 Puertos de Comunicación .....	22
3.2.4 Módulo de Sincronización .....	22
3.2.5 Módulo de Entradas Digitales .....	25
3.2.6 Fuente de Alimentación. ....	26
3.3 Modos de Operación del Totalizador. ....	26
3.3.1 Configuración ASCII. ....	27
3.3.2 Modo Operación ASCII. ....	28
3.3.3 Modo Configuración DNP3.0. ....	29
3.3.4 Modo Operación DNP3.0 .....	30

<b>Capítulo IV Manual de Operación e Instalación.</b>	<b>31</b>
4.1 Introducción.	31
4.2 Descripción General.	32
a) Módulo de Entradas Digitales.	
b) Puertos de Comunicación.	
c) Opciones de Integración a un bus de comunicaciones.	
d) Sincronización del Tiempo.	
e) Sincronización del Periodo de Integración.	
4.3 Estructura.	33
4.3.1 Anterior.	33
4.3.2 Posterior.	34
a) Voltaje Auxiliar.	
b) Entradas Digitales.	
c) Entrada y Salida de Sincronización.	
d) Puerto RS-232 para G.P.S.	
e) Puerto para comunicación con P.C.	
4.4 Modos de Operación del Totalizador.	44
a) Modo Configuración ASCII.	
b) Modo Operación ASCII.	
c) Modo Configuración DNP3.0.	
d) Modo Operación DNP3.0.	
4.5 Montaje y Puesta en Operación.	48

## **Capítulo V Resultados Obtenidos e Integración de TOTEM-2K**

<b>con otros Sistemas.</b>	<b>51</b>
5.1 Integración con el software RADSADXE.	51
5.2 Integración mediante protocolo DNP3.0.	57
5.3 Resultados.	60

<b>Capítulo VI Conclusiones</b> .....	<b>62</b>
<b>Apéndice A . Descripción del protocolo DNP3</b> .....	<b>63</b>
<b>Apéndice B . Perfil DNP3.0 del Totalizador</b> .....	<b>85</b>
<b>Apéndice C . Uso del G.P.S. para efectos de Sincronización</b> .....	<b>92</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>96</b>

## **Capítulo I Introducción.**

### **1.1 Integración de equipos en un sistema eléctrico.**

El cambio que ha presentado la tecnología en cuanto al manejo de información, ha tenido un gran impacto en todas las áreas de Ingeniería. La evolución en el hardware, el software y las comunicaciones ha permitido transportar, almacenar, y manipular una gran cantidad de información para su análisis y diagnóstico.

En el caso de la Ingeniería Eléctrica, ésta evolución ha logrado desarrollar una gran cantidad de Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) como lo son medidores y relevadores de protección microprocesados. Estos equipos multifunción cuentan, entre otras características, con puertos de comunicación para conexión directa con la PC. Lo cual permite, configurar el equipo, consultar los parámetros de interés y efectuar mandos de control.

Dadas las características de un sistema eléctrico, en cuanto al número de puntos de monitoreo y las dimensiones del mismo se hace prácticamente indispensable tener acceso a esa misma información de forma remota. Sin embargo la introducción de los IEDs ha derivado en islas de datos, debido a que la mayoría de los proveedores de equipos desarrollan su propio protocolo de comunicación. Lo cual complica la integración de todos los equipos dentro de un mismo bus de datos, limitando con esto todas las cualidades que presentan los IEDs de manera local.

Tomando en cuenta este problema de integración de equipos en un sistema eléctrico debido a las características propias de cada dispositivo, en este trabajo se propone una forma de integración sencilla pero eficaz para el caso de los medidores de potencia eléctrica. El planteamiento de este problema particular se describe a continuación.

### **1.2 Justificación de la tarjeta totalizadora.**

Para el registro del consumo de energía eléctrica los IEDs se encuentran instalados tanto en la acometida del sistema, como en los circuitos derivados. Siendo necesario, efectuar la lectura de cada uno de los medidores para determinar el consumo de energía en cada uno de los puntos de medición.

Para obtener dicho consumo de forma remota, se requiere que todos los medidores envíen la información con el mismo protocolo de tal forma que en el extremo remoto se pueda interpretar ésta información y obtener el correspondiente consumo. Así mismo se requiere que todos los medidores que trabajen mediante periodos de integración, inicien este proceso al mismo tiempo, de tal forma que el consumo de energía que se registre en cada equipo sea referido al mismo periodo de integración.

Como se mencionó anteriormente, la diversidad de equipos en un sistema eléctrico en este caso para un esquema de medición, es la razón por la cual se complica la integración.

La causa principal de ésta diversidad, se puede resumir de la siguiente forma.

El crecimiento propio del sistema eléctrico motiva que se adquieran medidores adicionales a los que se tenían originalmente. Y dada la velocidad de crecimiento del sistema, entre una adquisición y otra, surgen innovaciones tecnológicas que adicionan nuevas capacidades a los equipos. Estas nuevas características no siempre son compatibles con los medidores anteriores.

Por otra parte, la adquisición de equipo se hace generalmente por concurso, por lo que no siempre es el mismo proveedor el que proporciona los nuevos equipos.

Dada esta problemática, lo que se busca es homologar el protocolo para poder concentrar esta información en un solo punto y determinar el consumo correspondiente. Cabe mencionar, que además de concentrar la información en un punto donde se pueda analizar, se debe tener la capacidad de integrar esta información a un bus de datos común al sistema, donde puedan ser monitoreados a través de una estación maestra.

En últimas fechas C.F.E ha buscado homologar el protocolo de las maestras a través del protocolo DNP3.0. El cual es un protocolo robusto, en cuanto a recuperación de la información en caso de alguna anomalía en el canal de comunicación.

### **1.3 Resumen**

El presente trabajo presenta el desarrollo de un equipo electrónico que permite totalizar la potencia real y reactiva consumida en una subestación eléctrica, a través del conteo de pulsos provenientes de los distintos medidores que integran un esquema de medición.

Con el objeto de que la medición se efectúe en un mismo intervalo de tiempo para todos los medidores, se utiliza un sistema de sincronización de tiempo basado en un G.P.S. (Global Positioning System), el cual no presenta retraso en el conteo de la hora.

Para efectos de la transmisión de datos a una P.C., el totalizador cuenta con 2 opciones

- a) Comunicación en formato ASCII.
- b) Comunicación bajo el protocolo de Comunicación DNP3.0.

Debido a estas dos opciones de comunicación, la tarjeta totalizadora puede integrar fácilmente una variada gama de medidores, a un esquema de medición. No importando la forma, el modelo o principio de funcionamiento pudiendo incluso ser medidores electromecánicos.

## Capítulo II Marco Conceptual.

### 2.1 Características y conexiones de los TC's y TP's.

Los transformadores de medición (TC's y TP's) son una parte integral de los sistemas eléctricos de potencia y son utilizados esencialmente para Medición y Protección. Son equipos en donde la magnitud eléctrica secundaria es (en condiciones normales de operación), prácticamente proporcional a la magnitud eléctrica primaria y el ángulo entre ambas es próximo a cero, para un sentido apropiado de conexiones.

Las funciones de los transformadores de medición son dos:

a) Aislar los circuitos de medición y control de los circuitos de potencia de alta tensión, suministrando con ello una protección a los medidores y aparatos de control, así como también a las personas que deben trabajar con ellos.

b) Sirven para reducir un sin número de valores de tensiones y corrientes que se encuentran en los circuitos de fuerza a una base común (0.5, 1 y 5Amp), logrando con ello la estandarización de los medidores y relevadores.

Hay dos tipos diferentes de transformadores de medición, **los transformadores de potencial y los transformadores de corriente**

**Los transformadores de corriente** son utilizados para cambiar la corriente del circuito primario a un valor normalizado, y son usualmente subdivididos en dos tipos, dependiendo del servicio a que van a estar destinados, es decir, transformadores para medición y transformadores para protección. Como los transformadores de corriente para medición son usados para medir directamente valores de corrimiento y de potencia, es importante que los errores tanto de relación como de ángulo de fase sean lo más pequeño posible, ya que ambos afectan las medición de potencia.

Los transformadores de corriente para protección son usados para la operación de los relevadores en circuitos de protección y control, y para tales aplicaciones pueden ser aceptados errores mayores. Más aún, para este tipo de aplicación, los errores de ángulo de fase, generalmente tienen poca importancia, ya que la operación de los relevadores no es afectada apreciablemente por tales errores.

El primario del transformador de corriente debe ser conectado en serie con la línea donde se desea medir la corriente, de manera que la corriente recorra el primario.

El secundario del aparato, alimenta los aparatos de medida o protección que constituye la carga secundaria y hace circular una corriente  $I_2$  proporcional a la corriente  $I_1$  que recorre el primario.

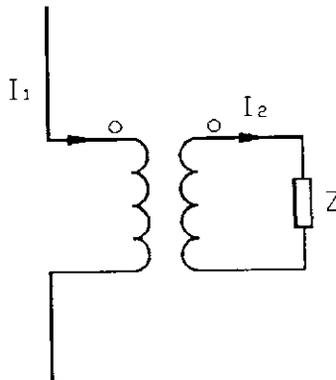


Figura 1.

Los transformadores de corriente tienen por finalidad llevar la corriente que se desea medir a un valor cómodo para manipular y registrar, éstos equipos se encuentran conectados en serie con las líneas de alimentación, encontrándose sujetos a las mismas sobretensiones y sobrecorrientes que ellas. Estas situaciones, que son provocadas generalmente por un cortocircuito, no son solamente función de la potencia tomada por el circuito de alimentación, sino que dependen de la potencia de la planta y de la impedancia de los circuitos afectados. Hace falta entonces tener en cuenta la capacidad de corto circuito del sistema y el lugar en donde se conectará el transformador de corriente.

Los aparatos pueden ser contruidos para ser usados en instalaciones interiores o exteriores. Generalmente, por razones de economía, las instalaciones de baja y media tensión, hasta 25 KV, son diseñadas para servicio interior. Las instalaciones de tipo exterior son de tensiones desde 34.5 a 400 KV.

La tensión nominal de aislamiento de un transformador de corriente debe ser cuando menos igual a la tensión más elevada del sistema en que se utilice.

La elección de la tensión nominal de aislamiento depende igualmente de las condiciones especiales de la instalación elegida. En climas salinos, tropicales, con neblina o en instalaciones a altitudes superiores de 1000 mts. , Se puede prever un nivel de aislamiento superior.

### **Carga del Transformador de Corriente.**

Todas las consideraciones acerca de la precisión del T.C. suponen el conocimiento de la carga del T.C. La carga externa aplicada al secundario de un transformador de corriente se conoce como "carga". La carga externa aplicada al secundario de un transformador de corriente se conoce como "carga".

La carga está expresada preferentemente en función de la impedancia de la carga y sus componentes de resistencia y reactancia.

El término "carga" no sólo se aplica a la carga total conectada a las terminales de un transformador de corriente, sino también a los elementos de esa carga. Las publicaciones de los fabricantes dan las cargas de los relevadores individuales, medidores, etc., de las que, junto con la resistencia de las puntas de interconexión, puede calcularse la carga total del T.C.

La impedancia de la carga del T.C. disminuye a medida que aumenta la corriente secundaria, debido a la saturación en los circuitos magnéticos de los relevadores y otros dispositivos. De aquí que sólo pueda aplicarse una carga dada para un valor particular de corriente secundaria. Las publicaciones de los fabricantes dan los datos de impedancia para varios valores de sobrecorriente para algunos relevadores para los que algunas veces se requieren dichos datos. De otra manera, los datos se proporcionan sólo para un valor de la

corriente secundaria del T.C. Si una publicación no establece claramente para que valor de corriente se aplica la carga, debe solicitarse esta información. A falta de dichos datos de saturación, se pueden obtener fácilmente por prueba.

A elevada saturación la impedancia se aproxima a la resistencia de c-d. Al despreciar la reducción en la impedancia con la saturación hace parecer que un T.C. tiene más imprecisión que la que en realidad posee. Desde luego, si tal aparentemente gran imprecisión puede tolerarse, son innecesarias mayores aproximaciones en el cálculo. Sin embargo, en algunas aplicaciones que desprecian el efecto de la saturación se obtendrán resultados demasiado optimistas; por consecuencia es más seguro tomar en cuenta este efecto.

Por lo general es suficientemente precisa la simple suma aritmética de las impedancias de la carga en serie. Los resultados serán poco pesimistas, indicando una relación de imprecisión del T.C. ligeramente mayor que la real. Pero si una aplicación dada está tan en el límite que es necesaria una suma vectorial de las impedancias para probar que los T.C. son adecuados, deberá evitarse dicha aplicación.

Si la impedancia en la puesta en trabajo de una bobina con tomas de un relevador de sobrecorriente es conocida para una toma dada de la puesta en trabajo de una bobina con tomas, varía conforme al cuadrado de las espiras de la bobina, la resistencia varía aproximadamente conforme las espiras.

En la puesta en trabajo, hay una saturación despreciable y la resistencia es pequeña comparada con la reactancia. En consecuencia, por lo general es suficientemente preciso suponer que la impedancia varía conforme al cuadrado de las espiras. El número de espiras de la bobina es inversamente proporcional a la corriente de puesta en trabajo, y por lo tanto, la impedancia varía inversamente al cuadrado de la corriente de puesta en trabajo, aproximadamente.

Ya sea que los TC estén conectados en estrella o en delta *las impedancias de la carga siempre se conectan en estrella*. Con los TC conectados en estrella los neutros de los TC y de las cargas se conectan juntos, ya sea directamente o a través de una bobina de un relevador, excepto cuando se utiliza la "derivación de la corriente de secuencia cero".

Por lo general no es correcto sumar simplemente las impedancias de las cargas en serie para obtener el total, cuando dos o más TC estén conectados de tal forma que sus corrientes puedan sumarse o restarse en alguna parte común del circuito secundario. En lugar de esto, se debe calcular la suma de caídas y elevaciones de tensión en el circuito externo entre una y otra terminal secundaria de un TC, para valores supuestos de corrientes secundarias que fluyen en diversas ramas del circuito externo. *La impedancia efectiva* de la carga de un TC para cada combinación de corrientes supuestas, es la tensión final del TC calculada, dividida entre la corriente secundaria supuesta del TC. Esta impedancia efectiva es la que se utiliza, y puede ser mayor o menor que la impedancia real que se aplicaría si ningún otro TC suministrara corriente al circuito.

Si se va a conectar el primario de un TC auxiliar en el secundario de un TC cuya precisión va a estudiarse, se debe conocer la impedancia del TC auxiliar vista desde su primario con su secundario en cortocircuito. A este valor de impedancia debe sumarse la impedancia de la carga del TC auxiliar como la vista desde el lado primario del TC auxiliar; para obtener esta impedancia, multiplíquese la impedancia de la carga real por el cuadrado de la relación de espiras del primario al secundario del TC auxiliar. Vendrá a ser evidente que, con un TC auxiliar que eleva la magnitud de su corriente del primario al secundario, pueden resultar impedancias de carga muy elevadas cuando se ven del primario.

Las polaridades relativas de las terminales primarias y secundarias del TC están identificadas, sea por marcas de polaridad pintadas o por los símbolos "H1" y "H2" para terminales primarias y "X1" y "X2" para terminales secundarias. La convención es que, cuando la corriente primaria entra en la terminal H1, la corriente secundaria sale por la terminal X1, como se muestra por las flechas de la figura 2. O bien, cuando la corriente entra por la terminal H2, esta sale por la terminal X2.

Cuando se utiliza pintura, se identifican las terminales correspondientes a H1 y X1.

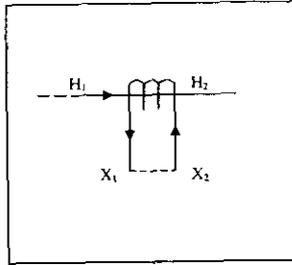


Figura 2.

La práctica normalizada es mostrar las terminales correspondientes meramente por cuadros en diagramas de conexión, como se indica en la Figura.

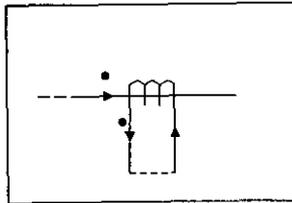


Figura 3.

Ya que una corriente de c-a está continuamente invirtiendo su dirección, se puede preguntar cuál es el significado de las marcas de polaridad. Su significado está en que se muestra la dirección del flujo de la corriente relativo a otra corriente o a una tensión y que también ayuda a hacer las conexiones apropiadas. Si los TC no estuvieran interconectados, o si la corriente de un TC no tuviese que cooperar con la corriente de otro TC, o con una tensión de fuente de tensión para producir algún resultado deseado, tal como un par en un relevador, no habría necesidad de las marcas de polaridad.

#### Conexión estrella.

Los TC se conectan en estrella o en delta, según sea necesario. La fig 3 muestra una conexión estrella. Las corrientes  $I_a$ ,  $I_b$ , e  $I_c$  son los vectores corriente.

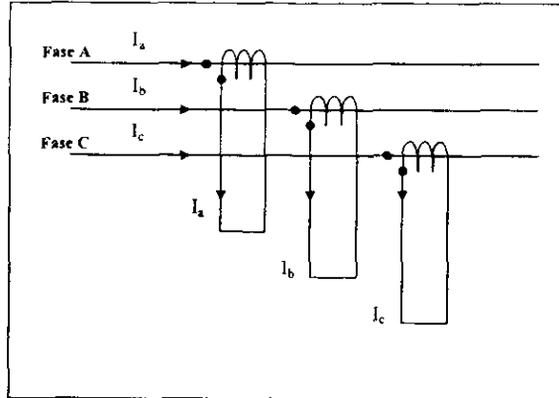


Figura 4

Vectorialmente, las corrientes primarias y secundarias están en fase, despreciando los errores de ángulo de fase en los T.C.

**Los transformadores de potencial** son usados para cambiar la tensión del circuito primario a un valor tal que pueda ser usado con los instrumentos de medición y protección normales.

En los transformadores de potencial, la tensión nominal secundaria es de 120 Volts para los transformadores de tensión nominal de servicio hasta 25 KV y de 115 Volts con aquellos de 34.5 KV o más.

Los transformadores de potencial son construidos en la generalidad de los casos con una sola bobina secundaria, que alimenta los aparatos de medición y de protección.

El transformador de potencial se conecta en paralelo entre los dos puntos en donde se desea conocer la diferencia de potencial, ya sea entre dos conductores o un conductor y la tierra.

En las salidas secundarias, se tendrá la imagen de la tensión aplicada a las salidas primarias. La corriente que circula por el devanado secundario depende de la impedancia de la carga secundaria, que esta constituida por el conjunto de aparatos conectados en paralelo a las salidas secundarias.

La polaridad de un transformador es la característica que describe la dirección relativa de las componentes de voltaje inducido y corriente de carga en los dos devanados del

transformador. La dirección relativa de éstos parámetros en los dos devanados depende de la dirección relativa alrededor del núcleo según la cual se enrollan los devanados. Cada devanado puede enrollarse en el sentido de las manecillas del reloj o en sentido contrario alrededor del núcleo. Esta selección se basa en consideraciones prácticas durante el proceso de ensamblado del transformador. Al adquirir un transformador no hay, en general, manera de ver las direcciones relativas de devanado y consecuentemente, no existen medios visuales para determinar las direcciones relativas de voltaje inducido y corriente de carga.

En casi todos los transformadores hay alguna forma de marcado, suministrado por el fabricante, para indicar estas propiedades direccionales. Estas marcas se conocen como *marcas de polaridad*. La más sencilla de estas marcas es un punto en una terminal de cada devanado, cuyo significado es el siguiente: *en el instante en que el voltaje inducido en un devanado es positivo desde la terminal punteada a la otra, también lo es desde la terminal sin punto a la punteada en el otro devanado*. O bien, en términos de componentes de corriente de carga en estado estacionario, sería: cuando la corriente de carga fluye hacia la terminal punteada de un devanado, sale de la terminal punteada en el otro.

Cuando se desea verificar la polaridad del transformador, puede verificarse con una prueba sencilla, que sólo requiere mediciones de voltaje con el transformador sin carga. En esta prueba de polaridad, se aplica el voltaje nominal a un devanado, generalmente al que resulte más conveniente para la fuente de voltaje disponible. Se establece una conexión entre una terminal de un devanado y una del otro.

Por lo general las terminales que se conectan, son las más próximas de cada devanado. Si este voltaje medido es mayor que el voltaje de prueba a la polaridad se le llama *aditiva* y si es menor, se le llama *sustractiva*. Esta prueba puede difícilmente relacionarse con la convención de polaridad.

Las terminales de los transformadores de potencial están marcadas para indicar las polaridades relativas de los arrollamientos primario y secundario. Por lo general, las terminales que corresponden a la alta y baja tensión están marcadas como "H1" y "X1", respectivamente (y Y1 para un terciario).

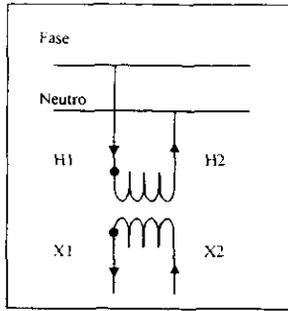


Figura 5

Las marcas de polaridad tienen el mismo significado que para los transformadores de corriente, es decir, que cuando la corriente entra por la terminal H1, ésta sale por la terminal X1 (o Y1). La relación entre las tensiones alta y baja es tal que X1 (o Y1). La relación entre las tensiones alta y baja es tal que X1 (o Y1) tienen la misma polaridad instantánea que H1, como se muestra en la figura anterior. Para el caso de un sistema trifásico, la conexión anterior se efectúa por cada una de las fases, pero se debe tomar en cuenta el tipo de secuencia que se desee obtener.

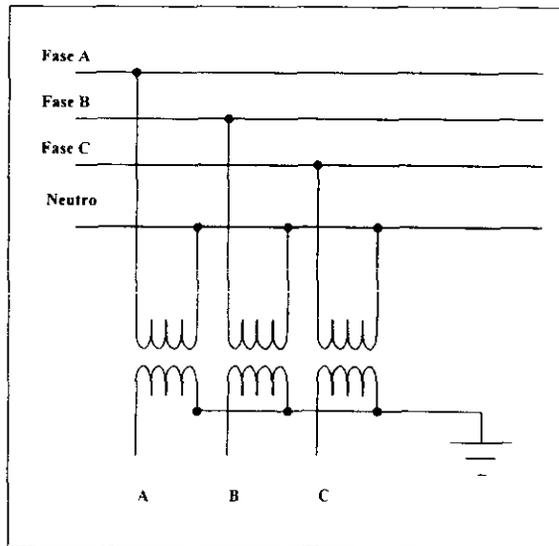


Figura 6

En caso de conectar, y observar que no se ha obtenido la secuencia deseada, bastará con intercambiar 2 cables de posición. La conexión trifásica es indicada en la figura 6.

### c) Conexión del Medidor.

La conexión de las señales de corriente y de voltaje al medidor se debe de efectuar de acuerdo a lo establecido en la sección anterior de TCs y TPs. Esto es, que las señales de corriente provenientes de los TCs entren en serie al medidor, mientras que las señales de voltaje que corresponden a los TPs deberán conectarse en paralelo.

Las conexiones para TPs y TCs al medidor se muestran en las figuras 7 y 8 respectivamente.

### CONEXION DE VOLTAJES.

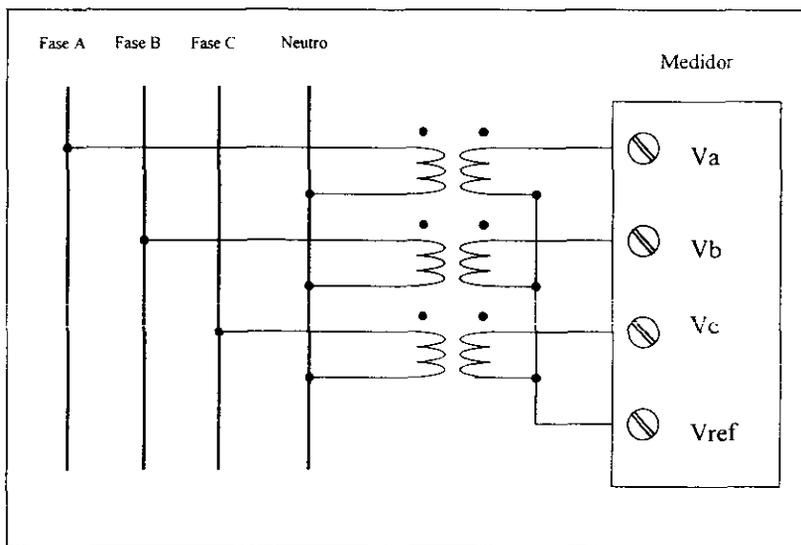


Figura 7

## CONEXION DE CORRIENTES.

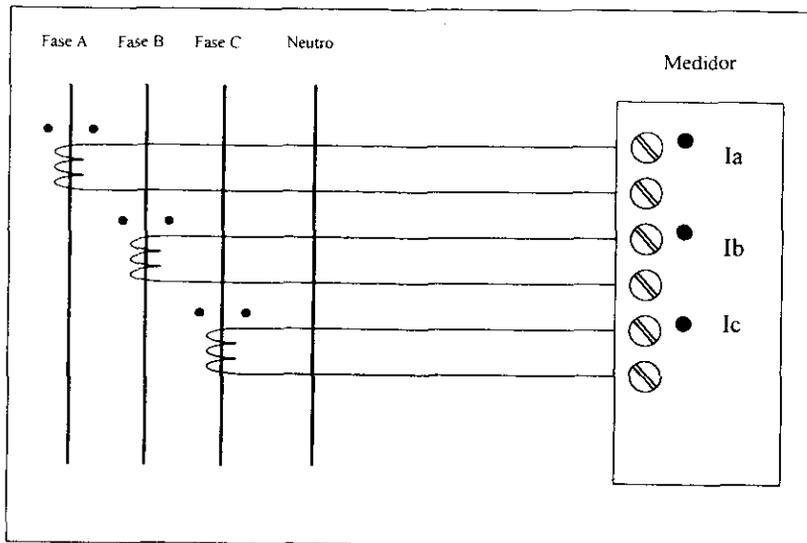


Figura 8

### 2.2 Características de los medidores de Potencia Eléctricas con salidas de pulso.

Dependiendo de cada medidor, se tienen diferentes tipos de señal para el envío de los pulsos.

#### - Perforación de disco:

Requiere de una lámpara y una fotocelda que detectan las perforaciones existentes en el disco y las envía al contador de pulsos o totalizador. Este sistema se utiliza en medidores electromecánicos.

#### - Señal Luminosa:

Envía un pulso de señal luminosa que puede ser de luz visible o de luz infrarroja. Este sistema requiere un sensor que detecte la luz enviada por el transmisor.

- **Señal de contacto de estado sólido:**

Envía un pulso por medio de un transistor o tiristor. La salida puede ser con alimentación externa o interna (salida con niveles TTL).

- **Señal de contacto:**

Envía un pulso al activar sus contactos. Normalmente son contactos bañados en mercurio para evitar los rebotes y pueden ser del tipo A o del tipo KYZ.

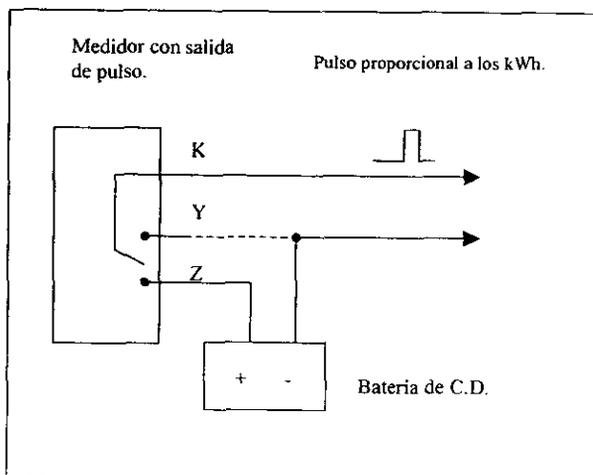


Figura 9

A continuación se indican los parámetros que pueden ser asociados con la salida de pulso de un medidor electrónico y la forma en la cual se asigna el peso a dicho pulso.

Se aplica a los pulsos de energía y a las salidas controladas remotamente en equipos con transistor, y a los parámetros que implican un fin de periodo, como son al integrar, en la hora, al cambio de tarifa con cualquier equipamiento de la salida.

Al ocurrir el evento, la salida dará un pulso de aproximadamente 300 ms de duración.

Salida programada	Relevador de mercurio	Transistor y LED 1
Desactivada	Contacto K-Y abierto	abierto
Wh+	Cambio de estado o KYZ	Pulso
Wh-	Cambio de estado o KYZ	Pulso
VARh1	Cambio de estado o KYZ	Pulso
VARh2	Cambio de estado o KYZ	Pulso
VARh3	Cambio de estado o KYZ	Pulso
VARh4	Cambio de estado o KYZ	Pulso
VAh	Cambio de estado o KYZ	Pulso
Vh	Cambio de estado o KYZ	Pulso
Ih	Cambio de estado o KYZ	Pulso
En la hora	Pulso	Pulso
integrar	Pulso	Pulso
cambio tarifa	Pulso	Pulso
control remoto	Cambio de estado o KYZ	Pulso
Tarifa 1 activa	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"
Tarifa 2 activa	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"
Tarifa 3 activa	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"
Tarifa 4 activa	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"
NC	NO APLICA	Cerrado
Diag	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"
Dem actual-	Cerrado en "condición"	Cerrado en condición"

#### Forma de responder de las salidas

### RESPUESTA SEGUN CONDICION

Se aplica a los parámetros que abarcan un periodo definido y a las alarmas.

Mientras esté presente el evento, la salida correspondiente mantendrá cerrado el contacto KY o el transistor. En cuanto desaparezca la condición, el contacto KY o el transistor se abrirá.

#### • PESO DE PULSOS EN LAS SALIDAS

Se aplica a las salidas programadas para pulsos de energía. La salida cambia de estado o envía un pulso al completar la energía correspondiente.

El tiempo mínimo entre dos cambios de estado o dos pulsos en las salidas es de 0.35 segundos. Un tiempo menor provocará que se pierda información. Para calcular el tiempo entre cambios de estado o pulsos para un valor estimado de demanda instantánea, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo} = (3600 \times \text{peso}) / \text{MAX}$$

En donde:

Tiempo: Está dado en segundos

MAX: Es el valor máximo estimado de la demanda instantánea del parámetro correspondiente

Peso: Es el valor correspondiente de la columna para salidas de la tabla.

De nuevo, peso y MAX deben expresarse en las mismas unidades (kilo, Mega).

Como ejemplo consideremos una demanda máxima instantánea esperada de 181.2345 kW, una relación RTW de 120 y la velocidad de pulsos de x10, en la tabla 1 se aprecia que el peso del pulso de salida será de 0.01 kWh, por lo que el tiempo entre pulsos será de:

$$\text{Tiempo} = (3600 * 0.01) / (90.617) = 0.397 \text{ seg}$$

En caso de que la velocidad de pulsos sea por 1, El tiempo será de 3.97 segundos, debido a que el peso del pulso es 10 veces mayor, o 0.1 kwh/pulso. Dado que ambos tiempos son mayores al límite del OPU-03 (0.35 seg.), no se perderán pulsos en ninguno de los dos casos.

a) Potencias trifásicas (Wh, VARH, VAh)

RTW (RTP x RTC)		PESO DEL PULSO EN SALIDAS			
Desde	hasta	Vel=0.1	Vel=1	Vel=10	Unid
0.1000	0.1400	0.00 1	0.0001	0.00001	K
0.1401	1.400	0.01	0.001	0.0001	K
1.401	14.00	0.1	0.01	0.001	K
14.01	140.0	1	0.1	0.01	K
140.1	1,400	10	1	0.1	K
1,401	14,000	0.1	0.01	0.001	M
14,010	140,000	1	0.1	0.01	M
140,100	1,400,000	10	1	0.1	M
1,401,000	9,999,999	0.1	0.01	0.001	G

b) Potencias monofásicas (Wh, VARH, VAh)

RTW (RTP x RTC)		PESO DEL PULSO EN SALIDAS			
Desde	hasta	Vel=0.1	Vel=1	Vel=10	Unid
0.1000	0.4000	0.001	0.0001	0.00001	K
0.4001	4.000	0.01	0.001	0.0001	K
4.001	40.00	0.1	0.01	0.001	K
40.01	400.0	1	0.1	0.01	K
400.1	4,000	10	1	0.1	K
4,001	40,000	0.1	0.01	0.001	M
40,010	400,000	1	0.1	0.01	M
400,100	4,000,000	10	1	0.1	M
4,001,000	9,999,000	0.1	0.01	0.001	G

c) Tensiones monofásicas (Vh) monofásicas

RTP		PESO DEL PULSO EN SALIDAS			
Desde	hasta	Vel=0.1	Vel=1	Vel=10	Unid
0.1000	0.4000	0.1	0.01	0.001	V
0.4001	4.000	1	0.1	0.01	V
4.001	40.00	10	1	0.1	V
40.01	400.0	0.1	0.01	0.001	kV
400.1	4000.0	1	0.1	0.01	Kv
4,001	9,999	10	1	0.1	KV

d) Corrientes monofásicas (Ah)

RTC		PESO DEL PULSO EN SALIDAS			
Desde	hasta	Vel=0.1	Vel=1	Vel=10	Unid
0.1000	0.6000	0.01	0.001	0.0001	A
0.6001	6.000	0.1	0.01	0.001	A
6.001	60.00	1	0.1	0.01	A
60.01	600.0	10	1	0.1	A
600.1	6,000	0.1	0.01	0.001	KA
6,001	9,999	1	0.1	0.01	KA

## Capítulo III Desarrollo

### 3.1 Descripción del Totalizador.

En este capítulo se detalla el funcionamiento del equipo totalizador, la forma de implementación, y la descripción de los circuitos que lo conforman.

El totalizador está basado en el microcontrolador 80c32 de Intel, que es el encargado de efectuar los siguientes procesos:

- a) Conteo y respaldo de los pulsos.
- b) Sincronización del equipo.
- c) Comunicación en ASCII y en DNP3.0

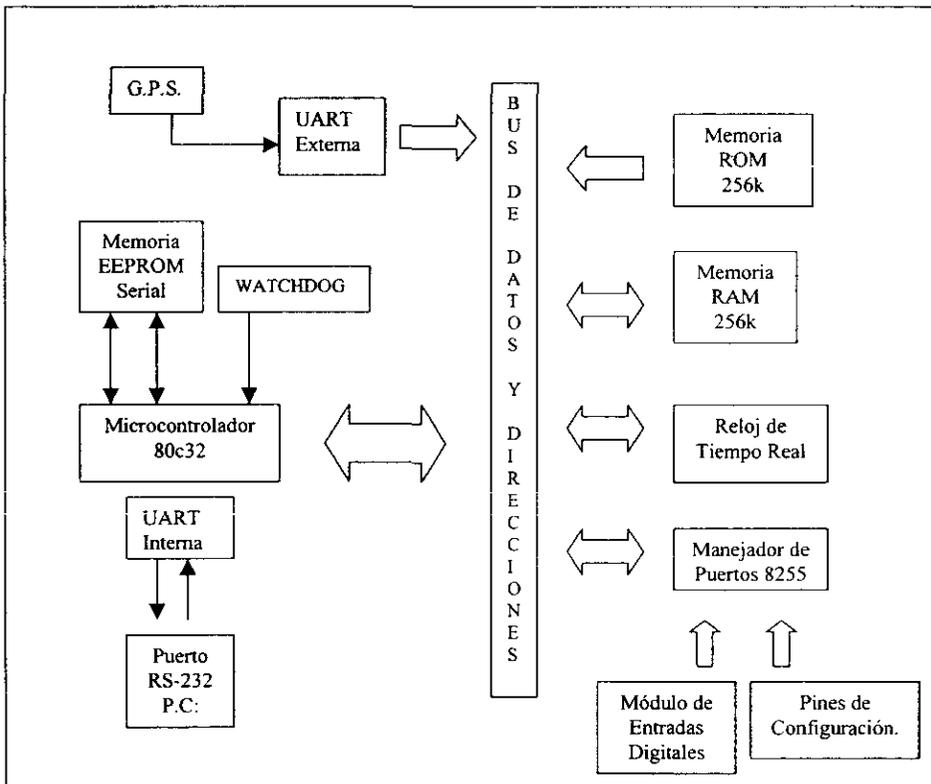


Figura 10

Para llevar a cabo estos tres procesos, el microcontrolador debe interactuar con los diferentes módulos que conforman el equipo totalizador. Dichos módulos se muestran en la figura 10 y serán descritos a continuación.

### **3.2 Módulos que conforman el Totalizador.**

#### **3.2.1 Microcontrolador.**

El microcontrolador utilizado pertenece a la familia MCS-51 desarrollado por Intel. Otros fabricantes que han obtenido licencia para fabricar estos controladores son Siemens, Advanced Micro Devices, Fujitsu, Philips.

Las características principales de esta familia son:

- Acumulador de 8 bits.
- Memoria ROM 4k bytes.
- RAM 128 bytes.
- Puertos de entrada/salida de 8 pines: 4
- Timers de 16 bits: 2
- Interface serial: 1.
- 4 us multiply/divide

Particularmente el 80c32, que forma parte de esta familia y que es el modelo utilizado tiene las siguientes características particulares:

- Memoria RAM interna: 256bytes.
- Timers: 3
- Cristal: 11.059 MHZ.
- Velocidad de transmisión: 9600 bauds/4800bauds

Para direccionar a los demás dispositivos, el microcontrolador utiliza un bus de direcciones de 16 bits.

Como se mencionó anteriormente el microcontrolador está programado para tres funciones básicas. A continuación se muestra el programa general que se encarga del conteo y respaldo de los pulsos, así como de sincronización del equipo.

La parte correspondiente a la comunicación, se detalla en la sección correspondiente a los modos de operación.

MAINTOT:

```
LCALL TOTALIZ          ; LEE PULSOS DE LOS EQUIPOS.
LCALL MULTPULS        ; MULTIPLICA LOS PULSOS POR SU PESO.
LCALL SINCTOT         ; SINCRONIZA GPS Y RTC 1 vez x Día.
LCALL GURDI2C         ; GUARDA CONTADORES FROZEN EN I2C.
LCALL GENPULS         ; Genera el pulso de sincronizacion.
JNB  BANLIZ, FINI     ; Al encontrar RETURN, Analiza la
                      ; cadena.
LCALL  ANALIZA        ; Lee CADEL y ejecuta el mando
FINI:
RET
```

### 3.2.2 Módulo de Memoria.

El totalizador consta de 3 memorias externas al microcontrolador que le permiten respaldar y manipular la información del sistema. Las memorias son las siguientes.

a) Memoria ROM.(27C256). 32Kx8

En la memoria ROM se encuentra alojado el programa del microcontrolador que efectúa todos los procesos requeridos por el totalizador, así como algunas tablas de datos y etiquetas de identificación.

b) Memoria RAM.(DS1230).32Kx8

En esta memoria se respaldan la mayoría de las variables de los diferentes procesos, así como el valor acumulado por los los contadores.

c) Memoria EEPROM serial.(AT34C02). 256x8

Contiene el respaldo de los contadores efectuado cada hora, así como la hora y fecha en que se efectuó. El respaldo en la EEPROM, evita la posibilidad de perder la información aún habiendo una falla en el suministro de la energía eléctrica que requiere el totalizador para su funcionamiento.

### **3.2.3 Puertos de Comunicación.**

El equipo totalizador cuenta con dos puertos de comunicación. Uno es utilizado para enviar a la maestra los datos almacenados. Mientras que el otro puerto permite adquirir información de un G.P.S. (Global Positioning System) para efectos de sincronización del equipo.

Ambos puertos manejan el estándar RS-232, y adicionalmente el puerto que envía los datos a la maestra puede configurarse para comunicarse bajo el estándar RS-485.

El estándar RS-232 es comúnmente usado para comunicaciones punto a punto en distancias cortas que no excedan 15m (50ft). Con este estándar se puede conectar el totalizador directamente al puerto serial de la computadora.

Por otra parte, el estándar RS-485 se utiliza cuando se requiere conectar más de un equipo en forma remota. Para utilizar éste estándar de comunicación es necesario utilizar un convertidor para computadora RS-232 – RS- 485 y la distancia máxima es de 1220m (4000ft). Así mismo éste estándar de comunicación permite concatenar equipos, formando así un bus de comunicaciones para 32 equipos.

### **3.2.4 Módulo de Sincronización.**

El módulo de sincronización está constituido por los siguientes dispositivos.

- a) G.P.S. (Global Positioning System) con antena, externo al totalizador.
- b) UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter).
- c) Driver (max 232)
- d) RTC (Real Time Clock).
- e) Entrada Digital.
- f) Salida Digital.

La figura 11 nos muestra la forma en que se encuentran conectados estos elementos.

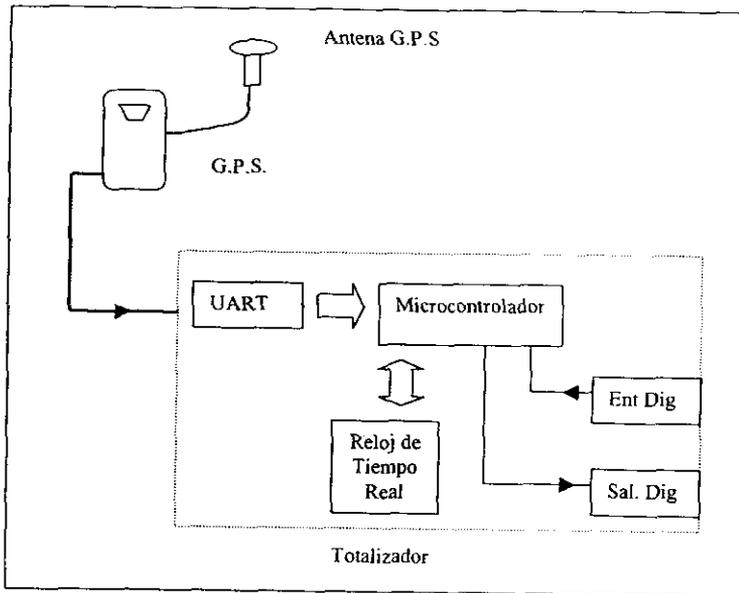


Figura 11

Este módulo tiene básicamente dos funciones:

- a) Sincronizar el reloj del equipo totalizador.
- b) Sincronizar el periodo de integración de los medidores.

**a) Sincronización del reloj interno del totalizador.**

El módulo de sincronización de TOTEM-2K, cuenta con un Reloj de Tiempo Real que permite llevar puntualmente el tiempo. Este reloj puede ser sincronizado con la maestra de las siguientes formas:

- 1) Utilizando un G.P.S. conectado a través del puerto RS-232
- 2) Sincronización a través del software RADSADXE.
- 3) Con el protocolo DNP3.0, enviando el objeto tiempo al Totalizador.
- 4) Con un software terminal, utilizando el mando correspondiente.

### b) Sincronización del Periodo de Integración de los medidores.

Es importante que la potencia acumulada registrada en todos los medidores corresponda al mismo periodo de integración. De tal forma que si se requiere analizar el consumo o bien obtener sumas o diferencias de estos consumos, éstas operaciones aritméticas se apliquen en mediciones tomadas en el mismo periodo de tiempo. Lo anterior lo podemos ilustrar en la figura 12 donde aparece la potencia registrada por dos medidores. En el primer caso los medidores están sincronizados, a diferencia del segundo caso donde el periodo de integración no es el mismo para ambos medidores.

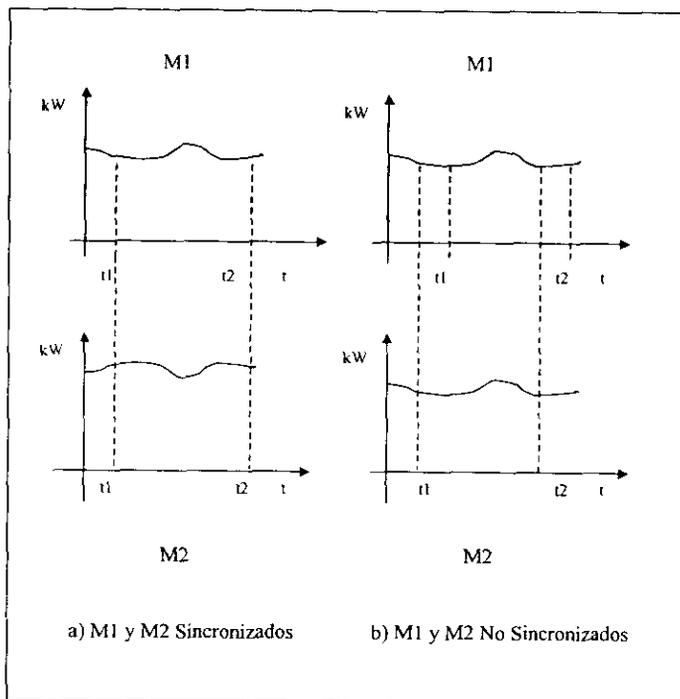


Figura 12

Existen dos formas de efectuar ésta sincronización.

- 1) Una vez que el reloj interno de TOTEM-2K ha sido sincronizado, el totalizador comenzará a enviar un pulso de sincronización cada 15 minutos.
- 2) Utilizar el pulso proporcionado por la empresa suministradora.

El proceso de sincronización comienza al encender el G.P.S., el cual inmediatamente comenzará a comunicarse con los satélites asignados de órbita baja. Al establecer contacto con al menos cuatro satélites, enviará la fecha y la hora al totalizador en formato UTC. La UART obtiene estos datos y los envía a su vez al microcontrolador, donde se le da el formato apropiado y se escribe al reloj de tiempo real (RTC). Una vez que se ha escrito el tiempo en el RTC, el sistema está sincronizado y enviará un pulso de sincronización cada quince minutos. Así mismo, cuando se respalde el consumo se guardará el valor con la hora y fecha enviada por el G.P.S.

La conexión del G.P.S. al totalizador se efectúa bajo el estándar RS-232, proporcionando adicionalmente la alimentación del G.P.S.

### 3.2.5 Módulo de Entradas Digitales.

Debido a que los pulsos provenientes de los medidores pueden tener niveles de voltaje de 24, 48 y 150 V de corriente directa las entradas al totalizador están provistas de etapas de adecuación que permiten que el microcontrolador pueda cuantificar dichos pulsos. En la figura 11 se muestra en forma esquemática las etapas que conforman éste módulo.

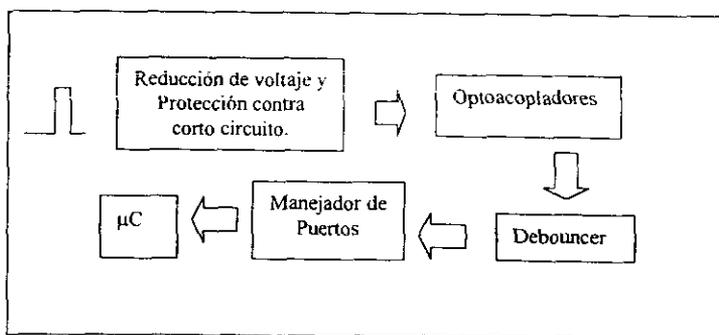


Figura 13

La primera etapa consta de filtros RLC y varistores para evitar sobretensiones. Los optoacopladores permiten aislar ópticamente los pulsos provenientes de los medidores y las entradas de nivel TTL. Finalmente el manejador de puertos permite aumentar el número de puertos. Ya que con 8 bits de datos y 2 de direcciones, se pueden manejar 3 puertos de 8 pines cada uno. En este caso el manejador de puertos se ha configurado para que los tres puertos funcionen como entrada. Los dos primeros se utilizan como entradas para los pulsos provenientes de los medidores y el puerto restante es utilizado para configuración del equipo.

### 3.2.6 Fuente de Alimentación.

Se utilizó una fuente comercial de la marca POWER ONE<sup>R</sup> POWER SUPPLIES modelo MAP40-3000 cuyas características son las siguientes:

Voltaje de Entrada	V1	V2	A	f
	100-120 [V] C.A.,C.D.	200/240 [V] C.A.,C.D.	0.6 [A]	50-60 [Hz]

Voltaje de Salida	V1	V2
	+5 / 3 A - 5 A pk C.D.	+12V/ 2 A - 3.5 A pk C.D.

El voltaje de +5 V (V1) es el utilizado para alimentar el equipo Totalizador. Mientras que el voltaje de +12 V (V2), proporciona la alimentación para el G.P.S.

El rango de temperatura para un funcionamiento adecuado es de 0° - +50 ° C

### 3.3 Modos de operación del Totalizador.

El totalizador tiene 4 formas de operación, con las cuales el usuario puede acceder a la información en el protocolo requerido, o bien configurar parámetros o formas de operación de acuerdo a sus requerimientos.

Los modos de operación del totalizador son los siguientes:

- a) Modo configuración ASCII.
- b) Modo operación ASCII.
- c) Modo configuración DNP3.0.
- d) Modo operación DNP3.0.

### 3.3.1 Configuración ASCII.

En este modo, el usuario define los siguientes parámetros de operación del totalizador.

- a) Inicialización de los contadores.

Se puede iniciar el valor de los contadores en cero, o cargando el último valor respaldado en la memoria EEPROM.

- b) Tipo de sincronización.

En este caso se puede configura el totalizador de tal forma que inicie el proceso de operación para después ser sincronizado por el usuario. O bien que al encender el equipo espere la sincronización proveniente del G.P.S.

- c) Inicio del Monitoreo.

El usuario tiene la facilidad de elegir que el equipo inicie en forma automática su operación, o bien en forma manual. La rutina principal para este modo del totalizador se muestra a continuación.

MDASCNF:

```
PUSH DPH
PUSH DPL

MOV DPTR, #MDCNFAS ; Indica al usuario
LCALL ESCRIBE ; MODO CONFIGURACION ASCII
LCALL PREGUNT ; Inicializ conts en cero ?
; IF ('S'-> BYTECNF.BIT0= 1)
; ELSE ('N'-> BYTECNT.BIT0= 0)

LCALL PREGSIN ; Sincronizar con G.P.S ?
; IF ('S'-> BYTECNF.BIT1= 1)
; ELSE ('N'-> BYTECNT.BIT1= 0)

LCALL INMOAUT ; Iniciar monitoreo en forma automatica?
; IF ('S'-> BYTECNT.BIT2= 1)
; ELSE ('N'-> BYTECNT.BIT2= 0)

LCALL RSLI2C ; Respaldo en I2C la configuracion.
POP DPL
POP DPH
RET
```

La rutina RSLI2C, se refiere a guardar la configuración asignada por el usuario en la memoria EEPROM. De ésta forma, si se interrumpe la alimentación del Totalizador la configuración estará respaldada y al encender el equipo iniciará con la configuración definida por el usuario.

### 3.3.2 Modo Operación ASCII.

En este Modo el equipo acepta mandos en formato ASCII, para lo cual se programó un analizador léxico sintáctico.

A continuación se explica la estructura general de un analizador léxico sintáctico para posteriormente mostrar el código que corresponde al totalizador cuando se encuentra en modo Operación ASCII.

La principal función del analizador léxico consiste en leer los caracteres de entrada y elaborar como salida una secuencia de componentes léxicos que utiliza el analizador sintáctico para hacer el análisis. Esta interacción, esquematizada en la siguiente figura suele aplicarse convirtiendo al analizador léxico en una subrutina o corrutina del analizador sintáctico. Recibida la orden "obtén el siguiente componente léxico" del analizador sintáctico, el analizador léxico lee los caracteres de entrada hasta que pueda identificar el siguiente componente léxico, como se muestra en la figura 14.

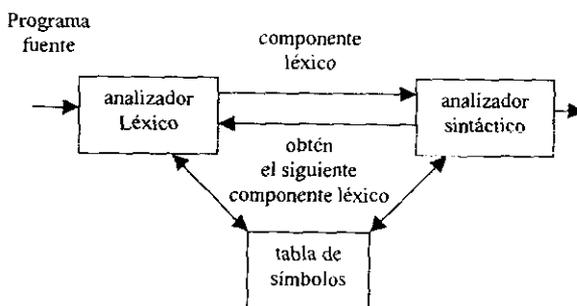


Figura 14

Como el analizador léxico es parte del compilador que lee el texto fuente, también puede realizar ciertas funciones secundarias en la interfaz del usuario, como eliminar del programa fuente comentarios y espacios en blanco en forma de caracteres de espacio en blanco, caracteres TAB y de línea nueva.

La tabla de símbolos es una estructura de datos que contiene un registro por cada identificador. La estructura de datos permite encontrar rápidamente el registro de cada identificador y almacenar o consultar rápidamente datos de ese registro.

La rutina principal del analizador léxico implementado en el Totalizador, se muestra a continuación.

```

ANALIZA:
    PUSH    DPL
    PUSH    DPH
    PUSH    ACC
ANALIZE:
    LCALL  GETCAR          ; Obtiene datos validos de la CADENA
                          ; PRINCIPAL y los escribe en la CADENA
                          ; DE ANALISIS
    JNB    DAVAL,FIC      ; IF(DAVAL=0, Termina No hay dato
                          ; válido).
    CLR    DAVAL          ; ELSE(Compara con componentes Válidos)
TOKLET:
    JNB    YATE,FIC      ; IF(YATE=0, No es componente válido).
    LCALL  COMQUEF       ; Compara con tabla de simbolos y
                          ; estructura mando.
    MOV    DPTR,#BINTEX
    MOVX   A,@DPTR
    CJNE  A,#00H,CONTMAN ; IF (BINTEX <> 0 Ejecuta mandos).
    SJMP  SIRANLIZ       ; ELSE ( Busca el siguiente componente
                          ; Léxico )
CONTMAN:
    LCALL  MANDOS        ; Ejecuta mando correspondiente.
    LCALL  LIMPBAND      ; Limpia banderas, reinicia secuencia.
SIRANLIZ:
    LCALL  INIAPUNT     ; Inicializa apuntadores de la CADENA .
                          ; de Análisis.
    AJMP  ANALIZE       ; Analiza los demás componentes léxicos
FIC:
    LCALL  TERMVAR      ; Carga Valores para el sig. Mando.
    POP    ACC
    POP    DPH
    POP    DPL
    RET

```

### 3.3.3 Modo Configuración DNP3.0.

Este modo permite configurar los parámetros relativos a la operación del totalizador bajo el protocolo DNP3.0.

Los parámetros que pueden ser configurados en esta opción son:

- a) Dirección DNP3.0 del equipo totalizador.
- b) Confirmación del Nivel de Enlace.
- c) Tiempo de Retardo

Los parámetros anteriores se pueden verificar en el apéndice correspondiente a DNP3.0.

A continuación se muestra la rutina principal para configuración de éstos parámetros.

```
;MODO CONFIGURACION:
MOD2:
MOV   A, RMANDO
JZ    MAIN          ; SI NO HAY MANDO: BRINCA.
CJNE  A, #SALVAR, MAIN ; ES EL MANDO SALVAR?
LCALL SAVEPAR      ; SALVA EL PARAMETRO CONFIGURADO
MOV   RMANDO, #00H ; SE LIMPIA MANDO.
SJMP  MAIN
```

### 3.3.4 Modo Operación DNP3.0.

Para el caso de la Operación DNP3.0, la rutina principal se muestra a continuación.

```
; "MODO DNP3":
LCALL LEVEL2      ; NIVEL 2, O NIVEL DE ENLACE
LCALL TRNSPORT    ; NIVEL DE PSEUDOTRANSPORTE
LCALL INTERAP     ;
LCALL NAPLICA     ; NIVELES DE COMUNICACION DNP 3.0 POR
                  ; PUERTO A.
LCALL MAINTOT     ; RUTINAS DEL TOTALIZADOR.
SJMP  MAIN
```

En esta se observan cada uno de los niveles del protocolo DNP3.0. Además cabe mencionar que la rutina MAINTOT, correspondiente al conteo de los pulsos y la sincronización como se vió anteriormente se encuentra dentro de ésta rutina.

## Capítulo IV Manual de Operación e Instalación.

### Manual **TOTEM-2K**

#### 4.1 Introducción.

**TOTEM-2K** es un totalizador de potencia que le permite integrar y registrar, el consumo proveniente de 16 medidores de energía eléctrica.

La obtención del consumo está basada en el conteo de pulsos, proporcionales a los kWhr medidos. Dado que la mayoría de los medidores cumplen con ésta característica para efectos de calibración, la marca o el modelo de los medidores no es un impedimento de compatibilidad para la conexión con el Totalizador.

Debido a ésta característica, se puede implementar un sistema de monitoreo basado en los diferentes equipos que conformen un esquema de medición, de tal forma que se pueda acceder a los consumos registrados, en forma local o remota.

Esta integración se puede efectuar de una forma sencilla y eficiente através del software RADSADXE en caso de que su bus de comunicación contenga únicamente equipos **sedpc**. O bien, si se tiene un bus de comunicaciones con diversos IED's\* lo conveniente es adoptar un protocolo de comunicación que sea a fin a los dispositivos con que se cuenta. Dado que DNP3.0 es un protocolo robusto y confiable ha sido el adoptado por la mayoría de los fabricantes de equipos para la industria eléctrica. En este sentido **TOTEM-2k** no ha sido la excepción.

El equipo totalizador puede aceptar pulsos provenientes de 16 medidores, y de ser necesario se tiene la posibilidad de concatenar hasta 32 Equipos Totalizadores, con lo cual se obtiene un total de 512 puntos de medición.



Figura 15

\*IED: Intelligent Electronic Device

## **4.2 Descripción General.**

### **a) Módulo de Entradas Digitales.**

El módulo de Entradas Digitales contiene 16 entradas que permiten conectar las salidas de pulso de los medidores con niveles de voltaje de 12, 24, 48, 125 V cd.

Este voltaje depende de la fuente de corriente directa conectada al medidor para generar los pulsos.

### **b) Puertos de Comunicación.**

**TOTEM-2K** cuenta con dos puertos de comunicación. De los cuales uno es utilizado para configurar los parámetros del Totalizador y acceder a los consumos registrados provenientes de los medidores.

El otro puerto de comunicación, permite al usuario conectar un equipo G.P.S. (Global Positioning System) para efectos de sincronización.

### **c) Opciones de Integración a un bus de comunicaciones.**

En este caso el Totalizador cuenta con dos opciones de integración a un bus de comunicaciones.

1.- Protocolo de Comunicación DNP3.0

2.- Comunicación en Formato ASCII usando el software RADSADXE.

Una explicación más detallada se verá en el capítulo correspondiente.

### **d) Sincronización del Tiempo.**

**TOTEM-2K** cuenta con un Reloj de Tiempo Real que permite llevar puntualmente el tiempo. Este reloj puede ser sincronizado de las siguientes formas:

1) Utilizando un G.P.S. conectado através del puerto RS-232

2) Sincronización através del software RADSADXE.

3) Con el protocolo DNP3.0, enviando el objeto tiempo al Totalizador.

4) Con un software terminal, utilizando el mando correspondiente.

#### e) Sincronización del Periodo de Integración.

Para que el consumo registrado en los diferentes medidores corresponda al mismo periodo de integración de la potencia medida, se debe utilizar un pulso de sincronización que indique el inicio de la integración, de tal forma que todos los medidores comiencen a integrar al mismo tiempo.

Existen dos formas de efectuar la sincronización.

- 1) Una vez que el reloj interno de TOTEM-2K ha sido sincronizado, el totalizador comenzará a enviar un pulso de sincronización cada 15 minutos.
- 2) Utilizar el pulso proporcionado por la empresa suministradora.

### 4.3 Estructura.

#### 4.3.1 Anterior

En la vista anterior, el equipo Totalizador muestra dos LEDs cuya función es la siguiente:

LED1. (ON ) Indica que el equipo está encendido.

LED2. (OP ) Tiene las siguientes funciones:

- a) Indica operación normal, cuando el LED parpadea lentamente.
- b) Indica que el equipo está protocolando en DNP3.0 cuando el equipo parpadea en una forma más rápida.



Figura 16

### 4.3.2 Posterior

La vista posterior del equipo se muestra en la siguiente figura.

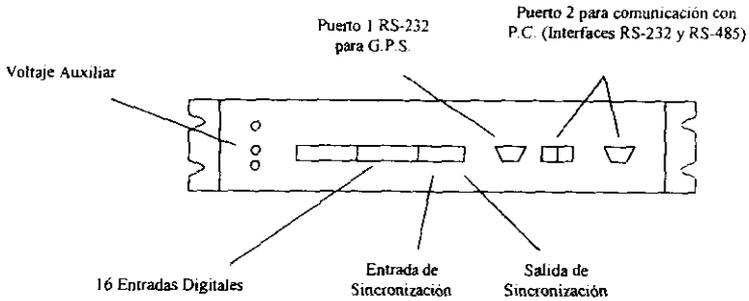


Figura 17

#### a) Voltaje Auxiliar

El equipo puede ser alimentado con 127 V ca/ 60 Hz ó 125 V c.d., como se observa en la siguiente figura.

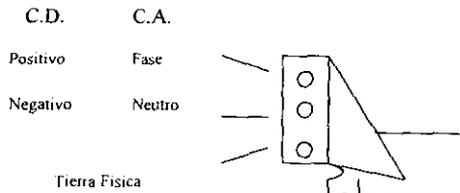


Figura 18

#### b) Entradas Digitales

Las entradas digitales están dispuestas de la siguiente forma:

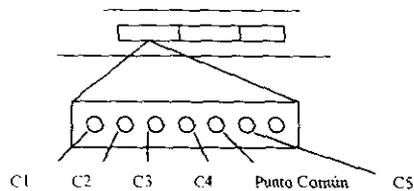


Figura 19

Es decir, cada cuatro contadores existe un punto común. Este arreglo se repite en cuatro ocasiones dado que el equipo consta de 16 contadores. Como se mencionó anteriormente, los pulsos conectados a estos bornes, pueden tener niveles de voltaje de 12, 24, 48, 125 V cd., según lo requiera el usuario. La forma de conexión es la siguiente:

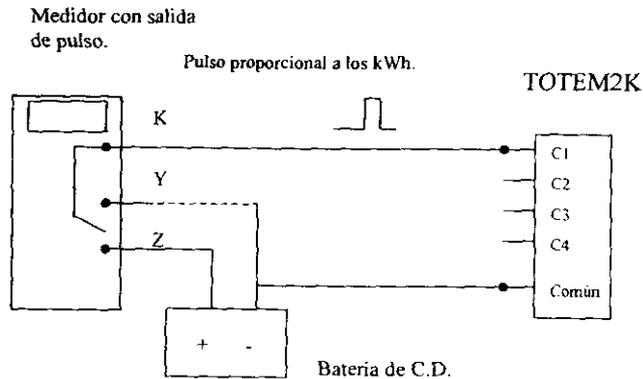


Figura 20

Cabe mencionar que el último conector contiene la entrada y la salida de sincronización. Con lo cual, los últimos cuatro bornes de dicho conector son utilizados para propósitos de sincronización como se explica a continuación.

**c) Entrada y Salida de Sincronización.**

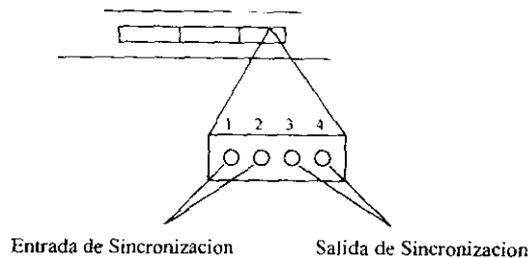


Figura 21

Se encuentran ubicadas en los últimos cuatro bornes del último conector, y su distribución se ilustra en la figura 21.

La salida de sincronización es una salida a relevador que soporta hasta 220V de C.D.

ⓐ 1 A. La forma de conexión es la siguiente:

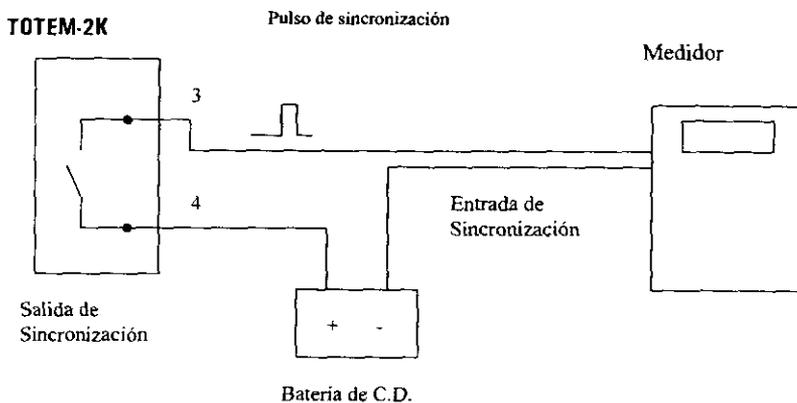


Figura 22

Una vez sincronizado el reloj del Totalizador, ésta salida enviará un pulso de sincronización cada 15 minutos.

Por otra parte, la Entrada de Sincronización será utilizada cuando el pulso de sincronización lo proporcione la empresa suministradora. El nivel de voltaje aceptado por ésta entrada es de 125 V de C.D. La conexión de la entrada de sincronización se efectúa como si fuera una entrada digital como se explicó en la sección 3.2.2., siendo el borne 3 el positivo, y el borne 4 el negativo.

#### d) Puerto RS-232 para G.P.S.

Este puerto es utilizado para sincronizar el Reloj de Tiempo Real del equipo **TOTEM-2k**, utilizando un G.P.S. (Global Positioning System). La forma de conexión del G.P.S. se muestra en la figura 23.

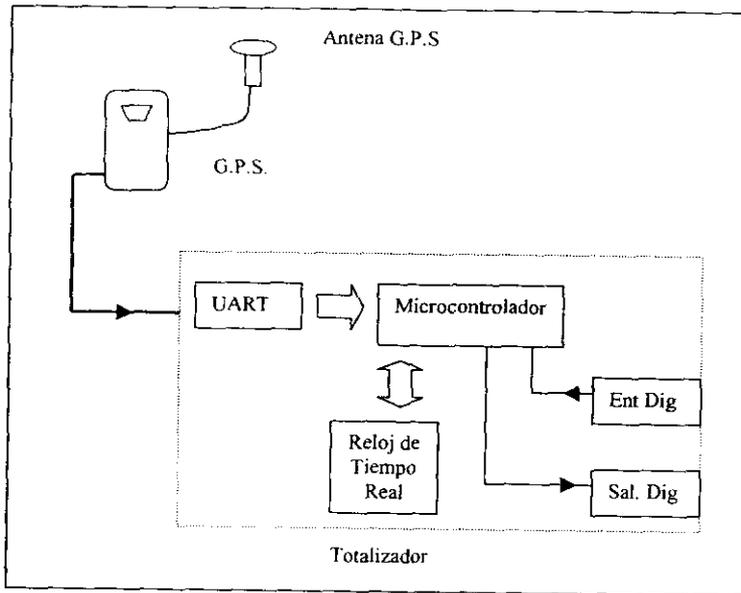


Figura 23

Los pasos a seguir para la sincronización del tiempo del Totalizador usando el G.P.S., es la siguiente:

- 1) Conectar el G.P.S. a **TOTEM-2k**.
- 2) Encender el Totalizador.
- 3) Encender el G.P.S.
- 4) Configurar el G.P.S. a las condiciones regionales donde se encuentra instalado el equipo. Es decir, altitud, latitud y longitud así como hora y fecha locales. Esperar a que el G.P.S. establezca contacto con un mínimo de cuatro satélites.

Una vez que el G.P.S. ha establecido el contacto, comenzará a enviar el tiempo en formato U.T.C., vía el puerto RS-232. Una vez que el Totalizador recibe el tiempo lo escribe al Reloj de Tiempo Real.

Los pines de la interfaz RS-232 para el G.P.S., tienen la siguiente disposición.

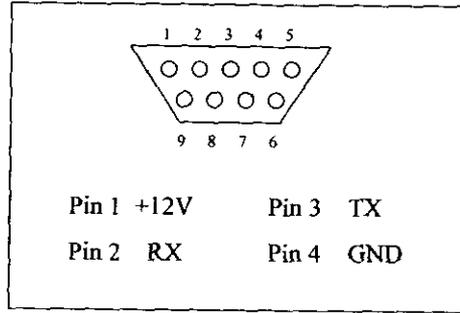


Figura 24

### CONEXIÓN DEL G.P.S.

La conexión del G.P.S. se efectúa en el segundo puerto del totalizador utilizando la interfaz RS-232. Dicho puerto proporciona adicionalmente +12 V necesarios para la alimentación del G.P.S.

La siguiente figura muestra la asignación de pines para el conector DB-9 utilizado.

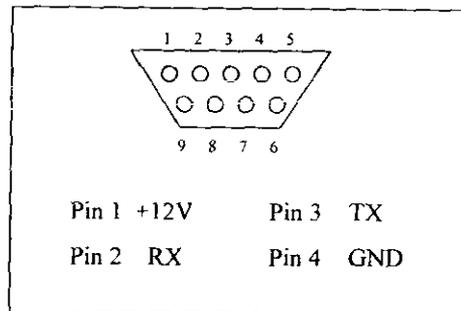


Figura 25

Una vez que el G.P.S. ha establecido contacto con 4 satélites, envía la hora utilizando el formato NMEA. Para el caso de la hora y la fecha, el mensaje enviado por el G.P.S. tiene la siguiente estructura.

RMC,hhmmss.ss,A,1111.11,a,yyyy.yy,a,x.x,x.x,DDMMYY,x.x,a \*hh

El mensaje anterior, es examinado por el Totalizador y se extrae la hora y la fecha que a su vez es escrito al Reloj de Tiempo Real.

### e) Puerto para comunicación con P.C.

Los equipos **sedpe** soportan tanto la interfaz RS-232 como RS-485. Cuando se desea conectar sólo un equipo a la computadora se puede usar el puerto RS-232 o el RS-485. Sin embargo, cuando se necesita conectar dos o más equipos, es necesario usar la interfaz RS-485. Pueden conectarse hasta 32 equipos mediante la interfaz RS-485 en un arreglo daisy chain. El puerto para comunicación con computadora soporta éstos dos estándares. Las siguientes figuras ilustran la forma de conexión para cada uno de los estándares utilizados.

#### a) RS-232

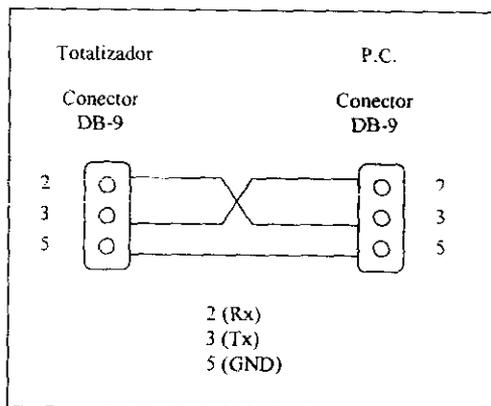


Figura 26

b) RS -485

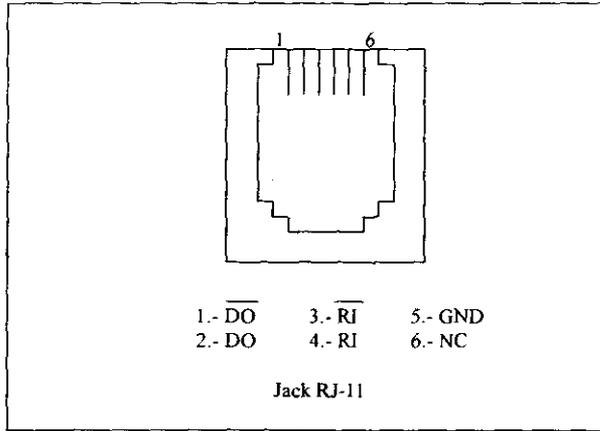


Figura 27

Para seleccionar el tipo de interfaz a utilizar, se debe configurar el jumper asignado como selector de interfaz RS-232 y RS-485. Para lo cual se deberá retirar la tapa que se encuentra en la parte superior del equipo, quitando los seis tornillos que se encuentran en la misma. Una vez que se ha abierto el equipo, se deberán colocar los jumpers de acuerdo al tipo de interfaz de comunicación que se requiera, como se muestra en la siguiente figura.

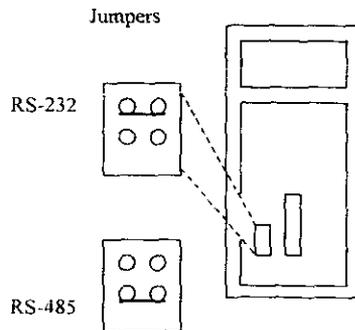


Figura 28

Una vez que se ha configurado el tipo de comunicación del equipo, se recomienda que se verifique la sección correspondiente a la configuración del modo de operación del equipo, para que al cerrar el equipo se encuentre configurado en su totalidad.

#### 4.4 Modos de operación del Totalizador.

El Totalizador tiene 4 formas de operación, con las cuales el usuario puede acceder a la información en el protocolo requerido, o bien configurar parámetros o formas de operación de acuerdo a sus requerimientos y preferencias. El usuario establece la forma de funcionamiento de la tarjeta en base a la configuración de los jumpers, que se encuentran en el interior de la tarjeta. Al retirar la tapa superior del equipo, la localización de los jumpers es fácil de determinar en base a la siguiente figura.

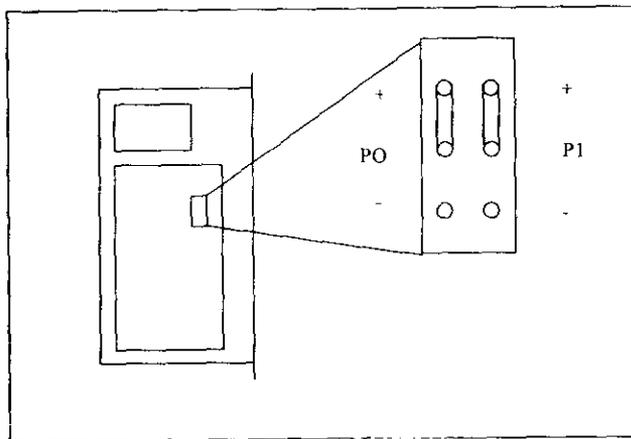


Figura 29

Las posibles combinaciones de los jumpers asociadas al modo de funcionamiento de la tarjeta se muestran en la siguiente tabla:

P0	P1	Modos del Totalizador
-	-	Configuración DNP3.0
-	+	Operación DNP3.0
+	-	Configuración ASCII
+	+	Operación ASCII.

En la figura anterior la configuración establecida es Operación ASCII de acuerdo a lo indicado en la tabla.

Cabe mencionar que cuando el equipo esté en modo ASCII, se comunicará a una baudaje de 4800. Mientras que si el modo es en protocolo DNP3.0, la velocidad será 9600.

Primeramente se describirá el modo ASCII, debido a que los parámetros configurados también son utilizados en el modo DNP3.0, no así la configuración de éste último.

#### a) Modo Configuración ASCII

En este modo se configuran los parámetros que tienen que ver con la operación del Totalizador. Y son procesos que se efectúan en forma previa al proceso de monitoreo de los medidores. Al colocar los jumpers en éste modo, la tarjeta enviará 3 preguntas que deberán ser contestadas con una S o una N dependiendo de los requerimientos del usuario. Las preguntas son las siguientes y su significado se detalla a continuación.

##### 1) Iniciar los contadores en cero?

En caso de que la respuesta sea afirmativa, los contadores comenzarán con un valor de cero, al iniciar el monitoreo. En caso contrario, los contadores iniciaran con el último valor de los contadores que haya sido respaldado, así como la hora y fecha del respaldo. Es importante recordar que éste respaldo se efectúa cada hora.

2) Sincronizar con G.P.S.?

Si se responde afirmativamente a ésta pregunta, cuando se inicie el modo operación, el totalizador esperará que el G.P.S. le envíe la hora y la fecha antes de comenzar a adquirir los pulsos de los diferentes medidores. Al recibir la hora y la fecha, el totalizador enviará la hora y la fecha arribada y un OK indicando que la sincronización se ha efectuado en forma satisfactoria.

3) Iniciar el monitoreo en forma automática.

Al contestar con una "S" a ésta pregunta, el totalizador iniciará el monitoreo de los medidores en forma inmediata a la sincronización. De otra forma, se deberá indicar al Totalizador que inicie el monitoreo con el mando respectivo, como se verá en la siguiente sección.

Una vez que se ha configurado el equipo, se deberá reiniciar para que tenga efecto la configuración. Cabe mencionar que antes de volver a encender el equipo se deberán colocarse los jumpers en el modo de operación indicado.

**b) Modo Operación ASCII**

En este modo el totalizador acepta mandos ASCII que permiten al usuario solicitar al Totalizador una operación específica o bien requerir los contadores y tiempo contenidos en el equipo. Al encender el equipo, se enviarán los siguientes indicadores.

Sedpc 2000 TOTDNP

DIRECCION BASE: 0000 hex

NIVEL DOS NO CORFIRMADO

PRETRANSMISION 00 decimas seg

RAM OK

OPERACION ASCII

INICIAN CONTADORES EN CERO

SINCRONIZACION EN FORMA MANUAL

INICIA MONITOREO

En este caso el equipo ha sido configurado para iniciar los contadores en cero, sincronizar manualmente e iniciar el monitoreo en forma automática.

Apartir de este momento el usuario podrá hacer uso de los diferentes mandos.

La estructura general de los mandos es la siguiente:

- AT - Indica al equipo el arribo de un nuevo mando.
- 00 - Es el número de Equipo. En este caso es cero.
- RD/WR - Indica lectura o escritura sobre el objeto que se indica a continuación.
- XX - En esta posición va el mando específico.
- BIN/TXT - Indica al equipo que envíe la respuesta en formato ASCII o en formato texto.

Los mandos del totalizador se describen a continuación.

### 1) Identificación del Medidor.

AT 00 RD BIN BIN

#### DESCRIPCIÓN:

Solicita al dispositivo que indique su tipo de equipo. En este caso se trata de un equipo totalizador.

#### RESPUESTA:

-----@----- OK

#### DESCRIPCIÓN:

Once bytes en cero, a excepción del séptimo que contiene la identificación.

Los bits 4,5 y 6 definen la identificación del equipo, en el caso del totalizador se tiene:

Bit 6	1
Bit 5	0
Bit 4	0

## 2) Lectura de los contadores instantáneos:

MANDO:

AT 00 RD CNT 00 02 TXT

DESCRIPCION

El mando CNT indica una lectura de los contadores contenidos en el intervalo. En este caso se trata del contador cero al contador dos.

RESPUESTA:

000 000 000 031 000 000 000 043 000 000 000 051 OK

DESCRIPCION:

Como los contadores constan de 4 bytes, estos son enviados, en modo texto separados por un espacio. El más significativo es el primer dígito. La OK indica que la respuesta se efectuó de manera correcta.

## 3) Lectura del Tiempo.

MANDO:

AT 00 RD TIM BIN/TXT

DESCRIPCION:

Efectúa lectura de la hora y fecha del RTC(Real Time Clock) del totalizador.

RESPUESTA:

23/09/2000 9:00:00 OK

DESCRIPCION:

Primero se envía la fecha, empezando por el día, el mes y el año. A continuación es enviada la hora con los minutos y segundos respectivos.

#### 4) Escritura del Tiempo.

MANDO:

AT 00 WR TIM TXT 02 23 09 00 13 59 59

DESCRIPCION:

Escritura del Objeto Tiempo para el totalizador. Al igual que en la lectura, se envía primero la fecha y después la hora.

RESPUESTA:

OK

DESCRIPCION:

Escribe la hora y la fecha en el Reloj de Tiempo Real del totalizador y manda un OK para indica que la escritura del tiempo se efectuó en forma correcta.

#### 5) Lectura del Número de Equipo

MANDO

AT 00 RD NME BIN/TXT

DESCRIPCION:

Solicita al totalizador que se identifique con su número de equipo. Cabe mencionar que la dirección genérica del totalizador es cero, es decir que cualquier totalizador no importando su dirección, responderá cuando se le pregunte con la dirección 00. La respuesta en este caso también será OK.

#### **6) Definición del Número de Equipo.**

AT 00 WR DEQ 05 BIN TXT

Le define al totalizador un nuevo número de equipo. En este caso el nuevo identificador es cinco. La respuesta nuevamente será OK.

#### **7) Inicio del Monitoreo..**

AT 00 WR SRT BIN/TXT

Este mando indica al totalizador que inicie el proceso de monitoreo. Con lo cual el totalizador comenzará a contar los pulsos.

#### **c) Modo Configuración DNP3.0**

La implementación del protocolo DNP3.0 del equipo **TOTEM-2k** está basado en el “Basic 4 document set”, por lo que los nombres de los objetos se encuentran en inglés. En ésta sección y en la correspondiente a Operación DNP3.0, se requiere que el usuario tenga un conocimiento básico con respecto al protocolo DNP3.0.

Este modo permite configurar los parámetros relativos a la operación del totalizador bajo el protocolo DNP3.0.

Los parámetros que pueden ser configurados en esta opción son:

- a) Dirección DNP3.0 del equipo totalizador.
- b) Confirmación del Nivel de Enlace.
- c) Tiempo de Retardo

#### d) Modo Operación DNP3.0

Los Objetos que se han implantado para el monitoreo y supervisión de información del equipo totalizador a través de una maestra DNP 3.0 son los siguientes:

OBJET			REQUEST		RESPONSE	
Objet	Var.	Description	Function Code	Qualifier Field (Hex)	Function Code	Qualifier Field (Hex)
20	01	32 Bit Binary Counter with flag.	01	06	129	00
21	05	32 Bit Binary Counter with Time of Freeeze	01	06	129	00
50	01	Time and Date	01,02	00,06,17	129	00,17

Para complementar ésta sección, se anexa el perfil DNP3.0 del equipo.

#### 4.5 Montaje y Puesta en Operación.

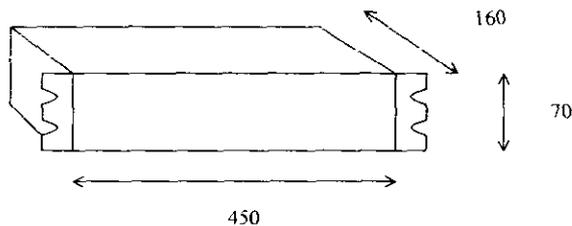
Antes de montar el equipo, se debe configurar de acuerdo al modo que se requiera para su comunicación y operación tal como lo describe el punto dos del presente capítulo.

En esta sección se describen los procedimientos para el montaje y la configuración.

del equipo **TOTEM-2k**.

##### a) Instalación.

El gabinete del equipo totalizador puede ser instalado fácilmente en un rack que tenga las siguientes dimensiones:



Acotaciones en mm.

Figura 30

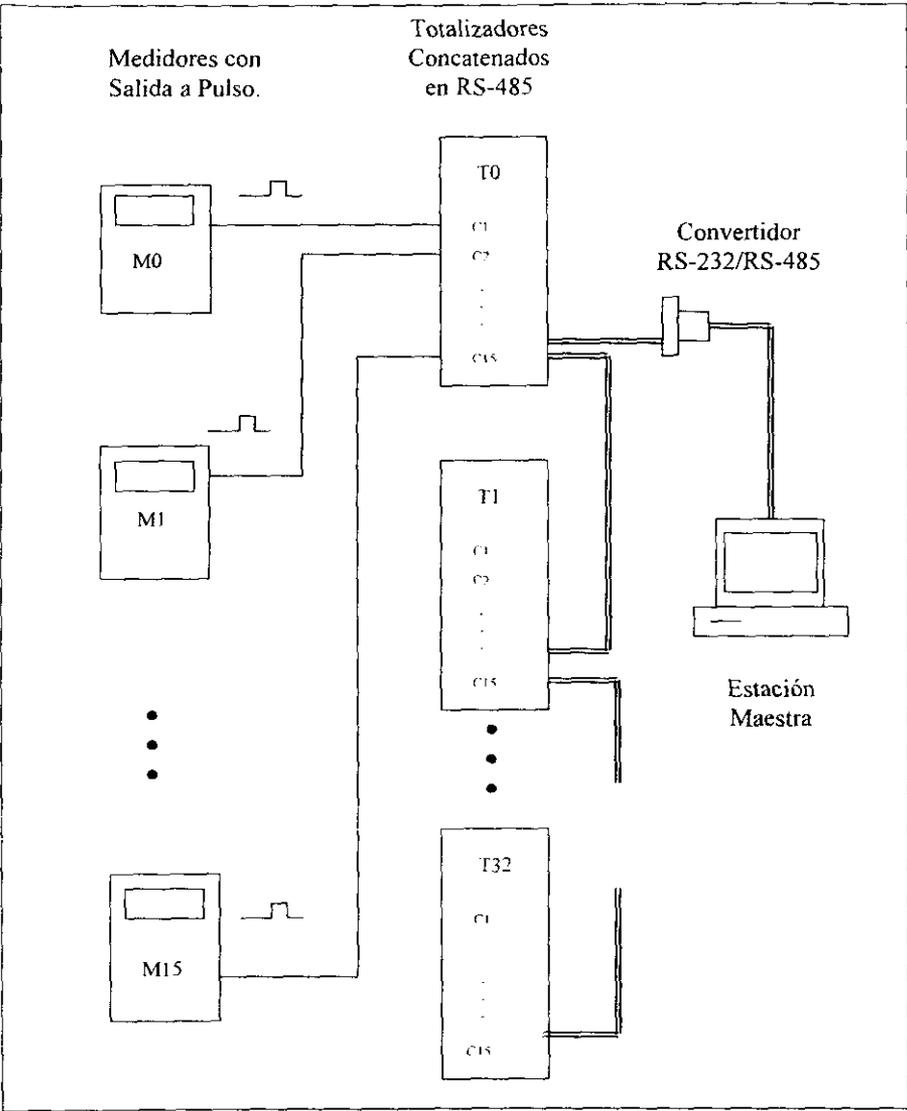
## **b) Puesta en Operación.**

En las secciones anteriores, se ha descrito detalladamente el equipo en cuanto a especificaciones, formas de conexión y configuración. Por lo que en ésta sección únicamente se enumera el procedimiento a seguir para poner en operación al Totalizador.

- 1) Desempaque el Totalizador.
- 2) Una vez que haya leído éste manual, configure la interfaz de comunicación en RS-232 y en modo configuración ASCII.
- 3) Conecte el equipo a una P.C. utilizando la interfaz RS-232.
- 4) Utilice un software Terminal a una velocidad de 4800.
- 5) Encienda el totalizador y configure de acuerdo a sus requerimientos, tipo de sincronización, etc.
- 6) Desenergice el equipo y configúrelo en el modo de operación que desee utilizar.
- 7) En el caso de que se requiera utilizar el modo DNP3.0 deberá colocar los jumpers en modo configuración DNP3.0.
- 8) Para el caso de la configuración de los parámetros DNP3.0 se deberá seguir el siguiente procedimiento.  
Una vez que ha configurado los jumpers para que el equipo opere en éste modo, deberá energizarlo y estar conectado a una P.C. con un software terminal. Una vez que encienda el equipo, visualizará en la pantalla la versión del equipo así como el modo en el cual se encuentra. Cuando el equipo haya terminado de enviar ésta información, deberá salir del Terminal y entrar al software COMTOT96. Una vez en éste software deberá configurar los parámetros DNP3.0.
- 9) Una vez que ha configurado el equipo adecuadamente, deberá conectar la salida de pulso de los medidores como se ha explicado en la sección correspondiente.
- 10) A continuación, se deberá conectar el medio de sincronización. Es decir el pulso de sincronización o bien, el G.P.S.
- 11) Se debe entrar al software que se vaya a utilizar. Que puede ser el sistema RADSADXE o si la comunicación es en DNP3.0 se deberá utilizar el software ADN-DNP3.0 y el visualizador SISCOM-H. Una vez hecho lo anterior, se debe energizar nuevamente el

equipo. La siguiente figura, muestra un esquema completo de medición indicando en forma general la interconexión entre los equipos, así como su conexión con la computadora utilizada como Maestra.

Figura 31



## Capítulo V Resultados Obtenidos e Integración de TOTEM 2K con otros Sistemas.

### 5.1 Integración con el software RADSADXE.

El sistema RADSADXE, es un software que permite monitorear el estado de una subestación a través de Cuadros de Alarma y PLCs. Dado que la comunicación con éstos equipos se efectúa en formato ASCII, la integración del equipo Totalizador consistió en compaginar los mandos correspondientes.

A continuación se describe ésta Integración.

La ventana principal del software RADSADXE tiene el siguiente aspecto.

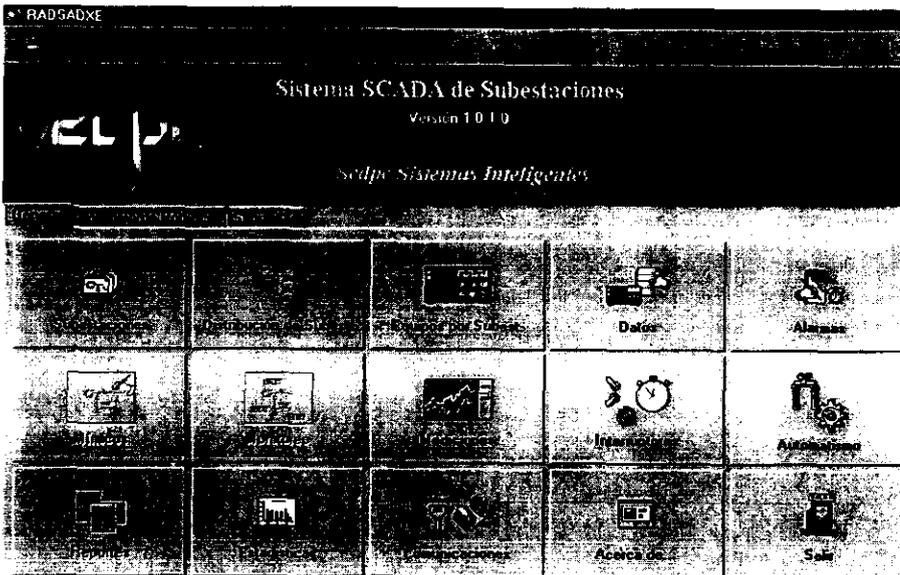


Figura 32

De la ventana anterior, se selecciona el botón comunicaciones para reconocer los equipo conectados a la Computadora, através de un arreglo RS-485.



Figura 33

En la ventana comunicaciones, se establecen los *parámetros de configuración del puerto*.

En este caso se seleccionó el Puerto 1 a una velocidad de 4800 bauds.

Primero se abre el puerto y posteriormente se deben reconocer los equipos oprimiendo los botones asignados.

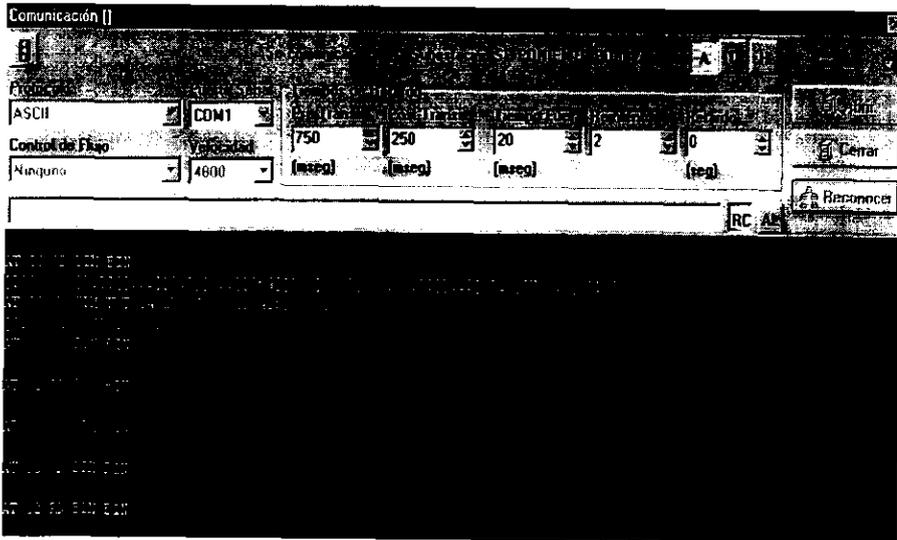


Figura 34

En la parte oscura de la pantalla se observa que el mando utilizado para reconocer los equipos, es `AT 00 RD BIN BIN`. Y en éste caso, el equipo que contesta es el que tiene la dirección cero. Una vez que el equipo ha sido reconocido, se le escribe la hora y la fecha

utilizando el mando indicado para ello, que como se vió en capítulos anteriores es el siguiente:

AT 00 WR TIM TXT 04 27/07/00 11:42:56 702

A lo que el equipo contestará con un OK y escribirá en su reloj de tiempo real como se vió anteriormente.

En el inicio de la comunicación, el software busca hasta 32 direcciones para saber cuantos equipo se encuentran conectados a la Red.

Una vez que ha terminado el reconocimiento de los equipos, el software despliega un gráfico donde se visualizan los equipos reconocidos.

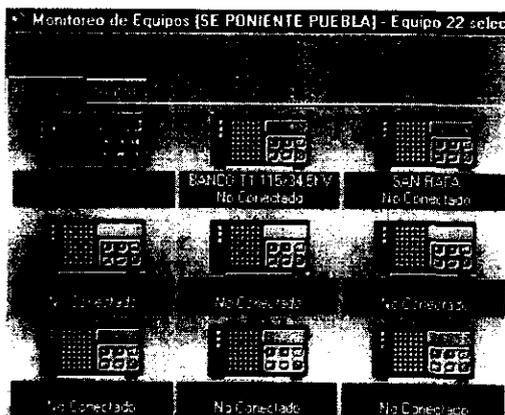


Figura 35

En este caso únicamente se encuentra conectado el equipo TOTEM, identificado con la dirección cero. El hecho de visualizar ésta Ventana, indica que el Equipo se está comunicando correctamente con el software y está en condiciones de enviar los contadores correspondientes al consumo.

Una vez hecho lo anterior, se selecciona la carpeta Consumo de Potencia que tiene el siguiente aspecto.



Figura 36

La pestaña Consumo de Potencia, es la que contiene los parámetros de configuración para el tiempo de monitoreo, definición de polinomios, etc.

Al seleccionar el botón Análisis de Consumos, se observan las lecturas registradas por los medidores. En éste caso se encuentran conectadas tres entradas de pulso asociadas con M0, M1 y M2.

Análisis de Consumo de Potencia Instantánea

Fecha	Hora	Medidor	Consumo	Factor	Valor
19/7/2000	08:34:55	poli	1346600	74	220
19/7/2000	08:35:54	poli	1347800	74	221
19/7/2000	08:36:54	poli	1349200	74	221
19/7/2000	08:37:55	poli	1350400	74	221
19/7/2000	08:38:55	poli	1351600	74	221
19/7/2000	08:39:54	poli	1352800	74	221
19/7/2000	08:40:54	poli	1354200	74	222
19/7/2000	08:41:54	poli	1355400	74	222
19/7/2000	08:42:54	poli	1356600	74	222
19/7/2000	08:43:55	poli	1357800	74	222
19/7/2000	08:44:54	poli	1359200	74	222
19/7/2000	08:45:55	poli	1360400	75	223
19/7/2000	08:46:54	poli	1361600	75	223
19/7/2000	08:47:54	poli	1363000	75	223
19/7/2000	08:48:55	poli	1364200	75	223
19/7/2000	08:49:54	poli	1365400	75	223
19/7/2000	08:50:55	poli	1366600	75	224
19/7/2000	08:51:54	poli	1368000	75	224

Figura 37

Y el consumo asociado a estas lecturas se muestra a continuación.

Analisis de Consumo de Potencia Instantanea

			M0	M1	M2	
20/07/2000	13:03:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:04:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:05:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:06:25	poli	1401	1400	0	1
20/07/2000	13:07:26	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:08:26	poli	1400	1400	0	0
20/07/2000	13:09:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:10:26	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:11:25	poli	1401	1400	0	1
20/07/2000	13:12:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:13:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:14:25	poli	1400	1400	0	0
20/07/2000	13:15:25	poli	1201	1200	1	0
20/07/2000	13:16:25	poli	1401	1400	0	1
20/07/2000	13:17:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:18:26	poli	1400	1400	0	0
20/07/2000	13:19:25	poli	1200	1200	0	0
20/07/2000	13:20:26	poli	1200	1200	0	0

Figura 38

En la pantalla anterior se observa que, además de las columnas M0, M1 y M2, se despliega una columna con la etiqueta Consumo Total. Esta columna es el resultado del polinomio definido, y en éste caso el Consumo Total está integrado por la suma de los tres medidores. ( Consumo Total = M0+M1+M2 ). Con ésto, el usuario obtiene el total de kWh consumido en su sistema, registrado por éstos tres medidores.

Por otra parte, se observa que el tiempo de muestreo, fue configurado para tomar lecturas del Totalizador cada minuto. Sin embargo, si los medidores asociados al equipo son medidores electrónicos, el tiempo de muestreo deberá de ser configurado cada cinco minutos. Esto es, debido a que éste tipo de medidores, trabajan utilizando la Integración Rolada para el cálculo de la demanda. La Integración Rolada se explica a continuación.

Para calcular demandas, este método de integración divide el tiempo de un Periodo de Integración (PI) en exactamente tres Subperiodos de Integración (SPI) de igual longitud, calculando valores de demanda promedio en cada fin del SPI, y tomando siempre en cuenta la información de los últimos tres SPI, como se observa en la siguiente figura.

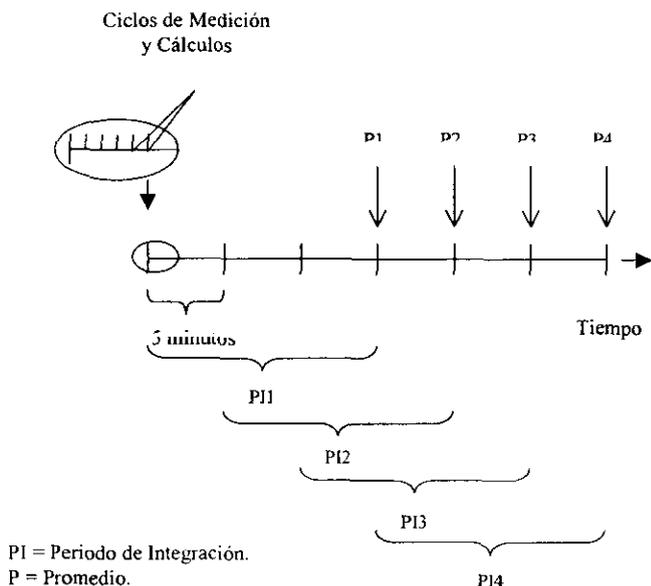


Figura 39

El SPI se cumple cada vez que transcurre un periodo de integración igual a un tercio del PI y comprende todos los ciclos de medición y cálculo ocurridos en el intervalo referido. Al final de cada SPI, se calcula el promedio y los consumos dentro de dicho SPI.

En la figura anterior se observan los intervalos comprendidos por ciclos de integración cuando se programa una integración de 15 minutos rolada cada 5 minutos como lo establece C.F.E.

En el punto P1, se obtiene el promedio (demanda) de PI1, que comprende 15 minutos o tres subperiodos de 5 minutos. En P2, 5 minutos después, se obtiene el promedio de PI2, que toma en cuenta parte de los datos utilizados para PI1, y así sucesivamente.

## 5.2 Integración mediante protocolo DNP3.0.

Para el caso del protocolo DNP3.0, se utilizó el Simulador ADNp3, que es un software que permite configurar todos y cada uno de los parámetros DNP3.0 para cualquier equipo, ya que tiene la capacidad de simular tanto Unidades Remotas como Estaciones Maestras.

El software ADNp3.0 tiene la capacidad de enviar las Peticiones a los equipos de dos formas:

- En forma manual: El usuario envía la Petición estructurada en el grid y la envía en el momento que lo considere conveniente.
- De base de datos: El software toma las Peticiones almacenadas en la base de datos y las envía al Equipo en forma periódica. Cuando un IED, o una cadena de IEDs se encuentran recibiendo Peticiones provenientes de las Bases de Datos, se dice que están en barrido.

En la figura se observa la ventana correspondiente al Nivel de Enlace, ya que es la más significativa en el sentido de que se observan las tramas enviadas por la Estación Maestra y la respuesta enviada por la Unidad Remota, que en éste caso es el equipo Totalizador.

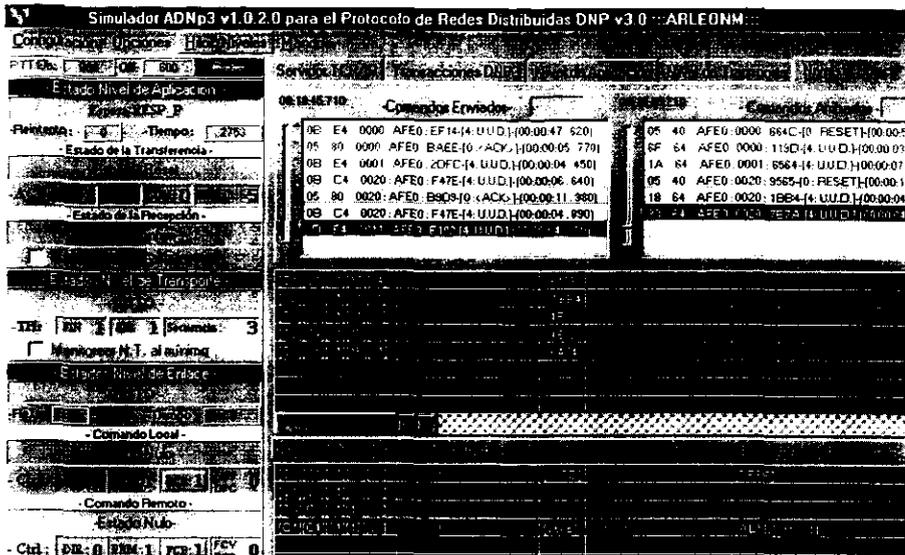


Figura 40

Dado que el Simulador ADNP3.0, es un software encaminado a la prueba y verificación de IEDs que protocolan en DNP3.0 es muy poderoso para la evaluación e integración de IEDs a una Maestra. Pero para efectos de una Visualización rápida y objetiva de los datos por parte del usuario ,es necesario el uso de otro software llamado SISCOM-H.

La función básica del software SISCOM-H es tomar las Tramas provenientes de los equipos con protocolo DNP3.0 y desplegar su contenido de una forma más agradable al usuario.

La siguiente pantalla muestra la Ventana principal del software SISCOM-H.

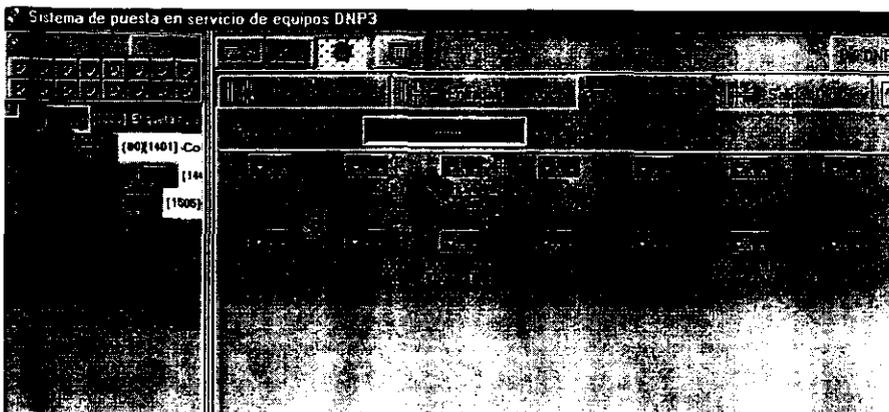


Figura 41

En la parte izquierda se muestran los equipos reconocidos por el software ADNp3.0 así como los Objetos que se encuentran en barrido. En éste caso son dos Objetos:

- 1401 Contador Binario de 32 bits con Bandera.
- 1505 Contador Binario de 32 bits con Tiempo de Congelamiento.

En la parte derecha se muestran los Medidores y su consumo asociado. En este caso, aunque se visualizan todos los contadores del Equipo, (dado que la Petición solicita todos los puntos del mismo Objeto) sólo tres medidores despliegan el consumo instantáneo asociado a los kWhr registrado por los medidores.

### 5.3 RESULTADOS.

Se instaló un primer prototipo del Totalizador en la Planta Cydsa en Coatzacoalcos, como una parte del esquema de medición.



Figura 42

La principal actividad de Cydsa es la producción de cloro y sosa cáustica grado rayón y algunos de sus derivados como son: Hipoclorito de Sodio ( $\text{NaOCl}$ ), ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) además de sosa cáustica en hojuelas y cloro líquido en cilindros para el tratamiento de agua. Su capacidad de producción anual es de 92,000 toneladas de cloro y 103,000 toneladas de sosa cáustica. Así mismo, las empresas subsidiarias de Cydsa producen derivados de éstos químicos como lo son la sal comestible y la sal industrial. La siguiente tabla contiene las subsidiarias que integran a Cydsa, así como su capacidad instalada.

Subsidiaria	Capacidad Instalada
IQUISA1 (TR1)	50 MW
IQUISA2 (TR2)	50 MW
ICB	3 MW
SISA	3 MW
PLASERCO	1.5 MW

Cada una de éstas subsidiarias tiene instalado un medidor KITRON OPH-03/Cv9 de la marca GPI mexicana. Por lo que se tuvo que programar el peso del pulso de acuerdo a su relación de transformación. En la siguiente tabla se muestran las relaciones de transformación así como el peso del pulso por kWhr programados.

	<b>RTP</b>	<b>RTC</b>	<b>Peso del Pulso</b>
IQUISA1 (TR1)	1000	600	100 kWhr
IQUISA2 (TR2)	1000	600	100 kWhr
ICB	120	40	1 kWhr
SISA	120	30	1 kWhr
PLASERCO	120	20	1 kWhr

Se utilizó un voltaje de 125 V c.d. para la alimentación de los pulsos, y la consulta de los valores del Totalizador, se efectúa en éste caso con el software RADSADXE.

## VI CONCLUSIONES

Se desarrolló un equipo que permite integrar diversos medidores con salida a pulso a un bus de comunicaciones que permite acceder al consumo registrado en forma remota.

El equipo resulta funcional para la determinación de pérdidas entre la acometida y los circuitos derivados, así como para la determinación de los balances de energía.

Es importante mencionar que a lo largo de la implementación del Totalizador, existieron ciertas modificaciones y adecuaciones conforme a los requerimientos de los usuarios finales. A los cuales se les brindó la mejor solución de acuerdo a la concepción inicial de éste primer prototipo.

Los requerimientos que se han empezado a implementar pero que no están terminados en su totalidad (por lo que no han sido incluidos en esta Tesis ) están los siguientes:

- Respaldo de los contadores cada 15 minutos en memoria no volátil.
- Capacidad del Totalizador de efectuar las 4 operaciones aritméticas básicas para que en el mismo equipo se sumen, y resten los consumos. Así mismo que el equipo tenga la capacidad de asignar internamente el peso del pulso. Cabe mencionar que dada la naturaleza de los contadores, éstas operaciones tienen que ser de 32 bits.

Con las capacidades anteriores se podrá aumentar en gran medida la funcionalidad del Totalizador. Ya que podría constituirse como un elemento de registro independiente de un software encargado de efectuar el respaldo y las operaciones aritméticas. Esta capacidad resulta importante dada la inestabilidad actual de algunos sistemas de cómputo en aplicaciones de ésta naturaleza.

## Apéndice A . Descripción del protocolo DNP3.

### I.- Breve Historia del Protocolo DNP 3.0

El protocolo DNP3.0 fue originalmente creado por la empresa Westronic, Inc (actualmente GE Harris) en 1990. En 1993 se hizo público el documento de especificación del protocolo llamado "DNP3.0 Basic 4". En octubre de ese mismo año se otorgó la propiedad del protocolo al recién formado Grupo de Usuarios DNP (Device Network Protocol).

Apartir de entonces el protocolo ha tenido una gran aceptación en todo el mundo, incluyendo la formación de Grupos de Usuarios en China, America Latina y Australia.

En enero de 1995, se formó el Comité Técnico DNP con el objetivo de supervisar el crecimiento de usuarios del protocolo, así como de vincular a éstos nuevos fabricantes con el Grupo original de Usuarios DNP3.0 para su certificación. Una de las tareas más importantes desarrolladas por éste organismo ha sido la publicación del documento "DNP Subset Definitions", el cual establece los estándares para escalar diversas implementaciones de DNP 3.0

DNP3.0 es un protocolo moderno para sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition), abierto, inteligente, robusto y eficiente. Sus principales características son:

- Peticiones y respuestas en mensajes sencillos que pueden contener múltiples tipos de datos.
- Mensajes segmentados en múltiples tramas para asegurar una eficiente detección de error, así como recuperación de la información para las respuestas, en el caso de encontrar información alterada.
- Respuesta sin petición. ( Como en el caso de las Alarmas ).
- Sincronización de tiempo y uso de un formato estándar para el tiempo.
- Soporte de varias maestras, con operación uno a uno.
- Permite que el usuario defina sus propios objetos incluyendo transferencia de archivos.

## II.- Arquitectura Estratificada

DNP3.0 es un protocolo estratificado o de capas. La ISO estableció el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos, OSI (Open System Interconnection), como una guía para el diseño de estándares de dispositivos microprocesados en Redes. Este modelo permite compaginar en forma adecuada el software y los diferentes dispositivos que integran una red de comunicación.

El modelo OSI incluye siete capas que van de la capa física, (la cual incluye los cables de la Red), a la capa de aplicación ( que se refiere al software particular de la aplicación).

No.	Nivel
7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace de Datos
1	Físico

Los protocolos de comunicación pueden ocupar los 7 niveles, o bien manejar un subconjunto del modelo OSI. Es decir, el número de niveles a utilizar depende de la aplicación en la cual se va a utilizar el protocolo.

En el caso de DNP3.0, se apega al estándar simplificado de tres capas (que en realidad son 4, por la capa de pseudotransporte ) propuesto por la IEC (International Electrotechnical Commission ). La cual considera que éste estándar es suficiente para que las Maestras se comuniquen de manera satisfactoria con los IED's (Intelligent Electronic Devices) conectados a la red. Este estándar es llamado EPA (Enhanced Performance Architecture) y se muestra a continuación.

No.	Nivel
7	Aplicación
4	Pseudotransporte
2	Enlace de Datos
1	Físico

## II.- Esquema General.

A continuación se ilustra en forma general un diagrama funcional del protocolo DNP3.0

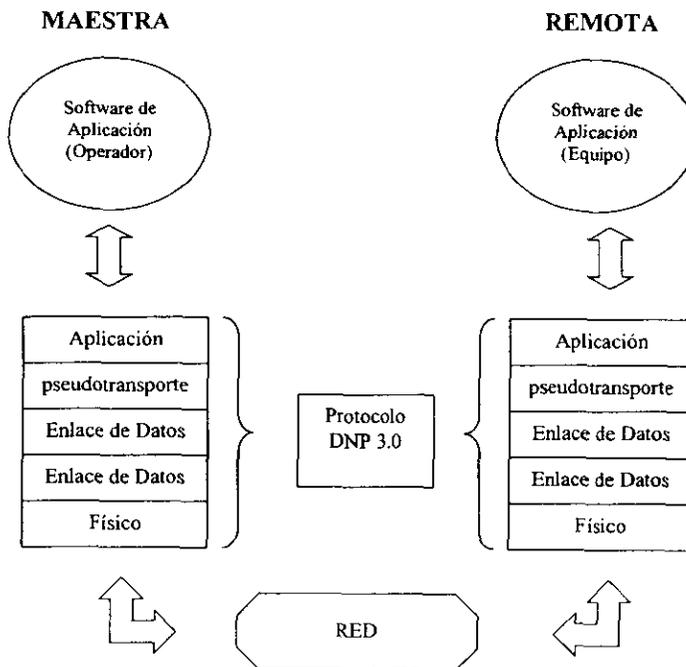


Figura 43

### Software de Aplicación.

Por un lado el software de aplicación, es el software que ve el operador de la Computadora de la Maestra en forma de mímicos, diagramas unifilares, etc. Mientras que en el lado de la Unidad Remota, es el software que se encarga de realizar las operaciones de Control, Medición o Protección, dependiendo de la función específica para la cual fue diseñado el IED.

## Protocolo DNP 3.0

Se encuentra entre el Software de Aplicación y la Red utilizada. Y como se mencionó anteriormente, permite realizar las transacciones de información entre éstos dos elementos de una forma segura y eficiente.

### RED

Está definida como el medio y la forma de interconectar los elementos que desean comunicarse. En el caso de DNP 3.0 existe una gran diversidad de medios para lograr ésta interconexión como lo son los siguientes: Cable, Fibra Óptica, Radio, Línea Telefónica, etc.

### III.- Descripción General del modelo DNP 3.0.

En ésta sección se describe en forma general, el funcionamiento de las capas del protocolo DNP 3.0. Ésta descripción se basa en una petición enviada por una Unidad Maestra al Totalizador que funge como la RTU (Remote Terminal Unit) Partamos del siguiente diagrama de bloques. Donde se muestran los elementos citados anteriormente.

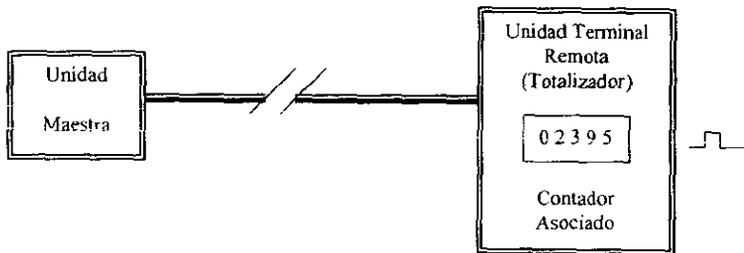


Figura 44

La petición enviada por la Unidad Maestra, es para solicitar al equipo remoto que envíe los contadores asociados al consumo. La Unidad Remota procesará ésta petición y enseguida enviará el valor del contador. La petición se puede representar de la siguiente forma:

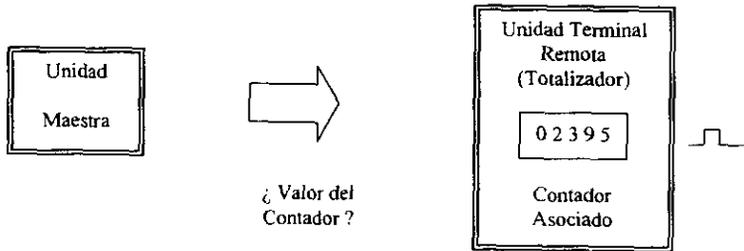


Figura 45

Una vez definido el caso de análisis, pasaremos a explicar cada uno de los Niveles del protocolo DNP3.0.

### Nivel de Aplicación.

El Nivel de Aplicación de la Maestra encapsula el mando para transferirlo al Nivel de Aplicación Remoto.

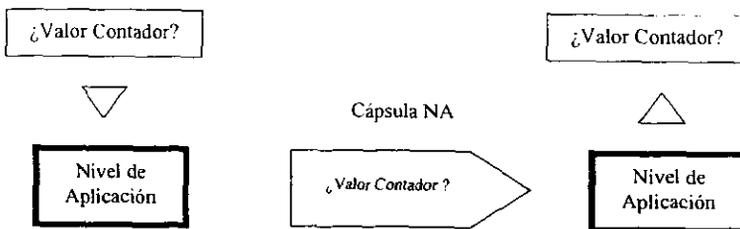


Figura 46

Obsérvese que desde la perspectiva del Nivel de Aplicación Local, aparentemente se establece una comunicación Directa con el Nivel de Aplicación Remoto. Esto es debido a que cada capa de DNP 3.0 es totalmente autónoma. Sin embargo realmente la comunicación es descendente por lo que pasemos ahora con la capa de Pseudotransporte.

### Pseudotransporte

Pseudotransporte recibe la cápsula generada por el Nivel de Aplicación y si ésta cápsula es "muy grande" divide el mensaje (la cápsula) en varios fragmentos y encapsula cada uno para que en la capa de Pseudotransporte remota pueda ser reconstruida la cápsula original del Nivel de Aplicación.

Como se observa en la siguiente figura, la Capa de Pseudotransporte no le importa el contenido de la cápsula proveniente del nivel superior. Sólo se preocupa si fragmenta o no la cápsula para su transferencia.

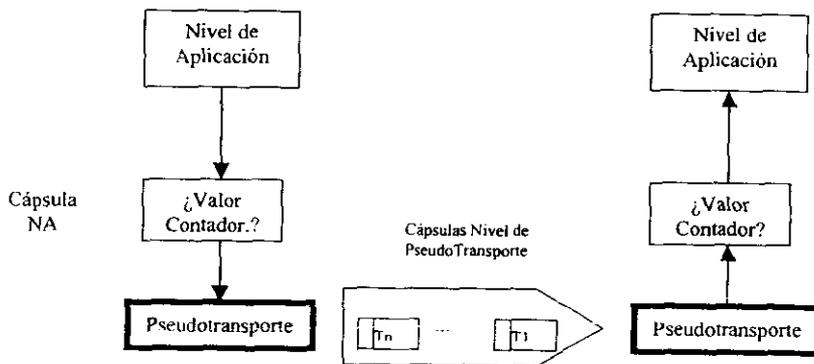


Figura 47

De la misma forma el Nivel de PseudoTransporte “cree” que se está comunicando directamente con su contraparte remota, pero como ya se indicó es descendente de un lado y ascendente en la contraparte.

**Nivel de Enlace de Datos.**

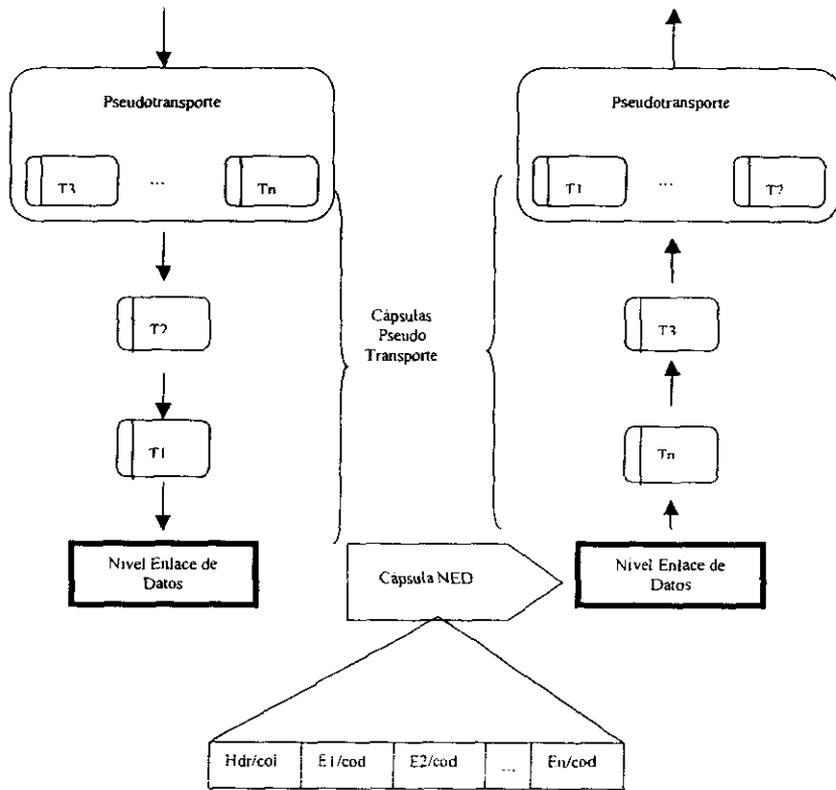


Figura 48

El nivel de Enlace de Datos maneja la lógica que enlaza el emisor y el receptor. Además proporciona técnicas para corrección de errores que pudieran ser provocados por las características propias del canal de comunicación.

El Nivel de Enlace de Datos recibe cada uno de los Fragmentos (las cápsulas Pseudotransporte) del Nivel de Pseudotransporte y cada una es una unidad para el Nivel de Enlace de Datos y éste procede a hacer una labor de "Control de Calidad" empaquetando cada cápsula de la siguiente forma.

- Toma el mensaje ( T-ésima ) en fragmentos más pequeños.
- A cada pequeño fragmento le agrega un código CRC de 16 bits cada 16 bytes de la trama para verificación de errores.
- Junta todos los pequeños fragmentos codificados y la antepone una cabecera.
- Esta cabecera contiene entre otras cosas el Destino y Origen del mensaje así como también su código de verificación de errores.

Análogamente el Nivel de Enlace de Datos "cree" que se está comunicando directamente con su contraparte remoto y que le está enviando su cápsula NED, sin embargo el Nivel siguiente es el que recibe éste mensaje.

#### Nivel Físico

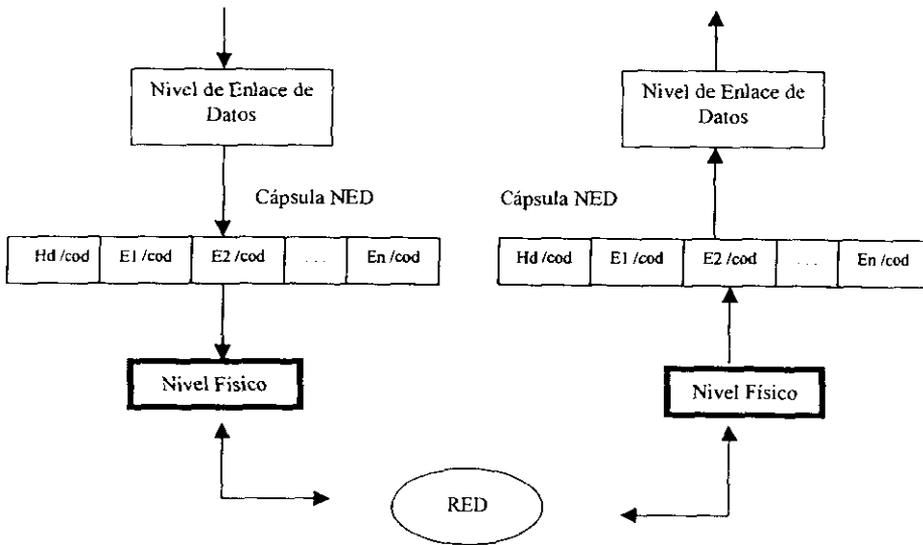


Figura 49

El Nivel Físico recibe la cápsula NED y la transfiere directamente al medio a través del cual el protocolo está siendo comunicado. Ésta es realmente la capa que realiza la transferencia del Mensaje del nivel superior y que se comunica directamente con su contraparte remota a través de la Red.

#### IV.- Descripción Formal de las tramas DNP 3.0.

##### Nivel Físico.

El Nivel Físico no conforma una Trama, es más bien el estándar de comunicación que contiene los parámetros necesarios para comunicar la Unidad Maestra con las Unidades Remotas. El estándar utilizado es el RS-232, configurado con los siguientes parámetros:

- a) 1 bit de inicio.
- b) 8 bits de Datos.
- c) Sin bit de Paridad.
- d) 1 bit de Paro.
- e) Velocidad de Transmisión Programable.

##### Nivel de Enlace.

La trama que genera el Nivel de Enlace es la siguiente y se denomina Trama FT3.

La trama FT3 está constituida por los siguientes elementos.

- a) Cabecera FT3.
- b) Datos del FT3.

##### a) Cabecera FT3.

Tiene la siguiente estructura.

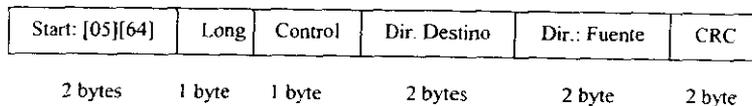


Figura 50

Los bytes de Start son fijos e iguales a [05][64] en Hexadecimal y permiten detectar el inicio de una trama FT3.

El byte de Longitud de la cabecera FT3 define los bytes de toda la trama FT3 tomando en cuenta sólo 5 bytes de la cabecera (por lo que su longitud mínima es 5) y lo que permite tener solo 250 bytes de datos de usuario divididos en bloques de 16 bytes, a excepción del último que solo contiene 10, en el caso de Trama FT3 totalmente llena. Con lo que el tamaño real de la Trama FT3 es de 250 bytes de usuario más 32 bytes de CRC de los bloques, más 10 de la cabecera FT3, haciendo un total de 292 bytes.

El byte de Control se define de la siguiente manera:

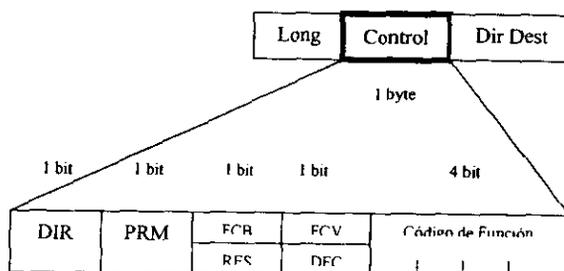


Figura 51

Y definiendo:

A: Estación Maestra.

B: Estación Remota.

Primaria: La que origina el Mensaje.

Secundaria: La que recibe el Mensaje.

FCB y FCV De primaria a secundaria.

RES y DFC De secundaria a primaria.

Definiendo los bits.

**DIR** Este bit indica la dirección física de la trama con relación a la estación designada como maestra.

Valores posibles.

1: Trama de A a B.

0: Trama de B a A.

**PRM** Indica que estación se designa como primaria cuando se inicia la comunicación.

Valores posibles.

1: Trama originada desde la primaria.

0: Trama originada desde la secundaria.

**FCB:** Bit de Conteo de trama, cambia alternadamente indicando la secuencia de las tramas (PRM=1).

**RES:** Reservado, y debe ser igual a cero. (PRM=0).

**FCV:**

Habilita la verificación bit FCB (PRM=1).

- Si FCV = 1, Indica a la estación secundaria que debe checar la validez del bit FCB.
- Si FCV = 0, Indica que se debe ignorar el estado del bit FCB.

**DFC:**

Bit de control de flujo, bit activado por la estación secundaria (PRM=0) para evitar problemas de sobreflujo en sus buffers.

- Si DFC = 1, Buffer Saturado, Esperar.
- Si DFC = 0, Buffer disponible.

### Código de Función.

Identifica el tipo de mensaje y depende del valor del bit PRM.

	Código de Función	Tipo de Trama	Función	FCV
PRM = 1	0	Esperando SEND-CONFIRM	RESET del Enlace remoto	0
	1	Esperando SEND-CONFIRM	RESET de procesos de usuario	0
	2	Esperando SEND-CONFIRM	TEST para el enlace	1
	3	Esperando SEND-CONFIRM	Datos de Usuario	1
	4	Esperando SEND-NO REPLY	Datos de Usuario sin Confirmación	0
	9	Esperando REQUEST-RESP	REQUEST del estado del enlace	0
PRM = 0	0	CONFIRM	ACK- Reconocimiento positivo	
	1	CONFIRM	NACK – Msj No aceptado, enlace ocupado	
	11	RESPOND	RESPOND- Estado del enlace DFC = 0/ DFC =1	

### Nivel de Pseudotransporte.

Como se mencionó anteriormente la capa de pseudotransporte fragmenta la "Cápsula de Nivel de Aplicación", y a cada fragmento le prefija una cabecera de control denominada TH (Transport Header) de un byte.

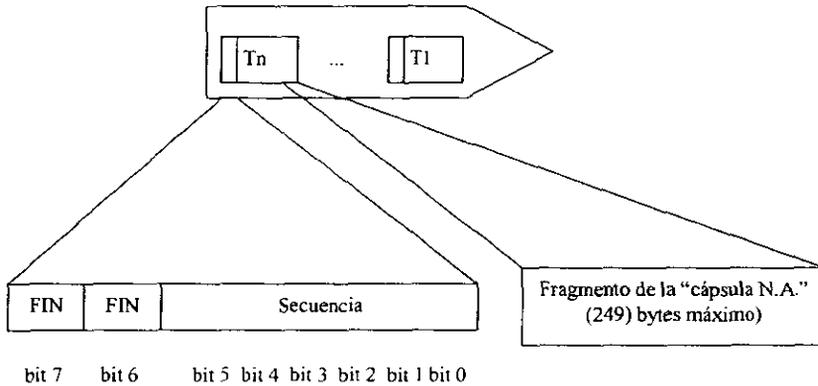


Figura 52

### -TH ( Transport Header )

Descripción de los bits.

#### FIN

- 1 = Último fragmento de la secuencia.
- 0 = Indica que todavía hay fragmentos de la secuencia.

#### FIR

- 1 = Primer fragmento de la secuencia.
- 0 = Indica que éste fragmento NO es el primero de la secuencia.

### SECUENCIA

El número de Secuencia del fragmento se utiliza para verificar que cada mensaje haya sido recibido en secuencia. Esto con la finalidad de evitar el extravío o la duplicación de los fragmentos de un mensaje. Todos los mensajes ( fragmentos, secuencias ) de usuario

empiezan con un número de secuencia especificado en el primer fragmento, el cual debe llevar el bit FIR = 1. Los valores que puede tomar este campo están entre 0 y 63 (cíclico al llegar al número de Secuencia 63 el siguiente número de secuencia es 0).

### Nivel de Aplicación

La Trama del Nivel de Aplicación es realmente más compleja y elaborada que las de los demás niveles, ya que se tienen que especificar una serie de parámetros que en sí mismos dependen unos de otros para su significado, e inclusive en su tamaño (en bytes). Otras de las cosas que hay que hacer notar es que existe una ligera diferencia entre la trama de Petición de Nivel de Aplicación y la Respuesta, que consiste básicamente en que la respuesta agrega dos bytes de Indicaciones Internas que señalan el estado del sistema remoto, así como el resultado de la operación que se realizó y que generó la Respuesta. Enseguida se describirá la trama de Aplicación, y se desglosará ésta con el ejemplo Original con el que se comenzó la explicación del modelo DNP3.0, “la lectura de un contador del equipo Totalizador”.

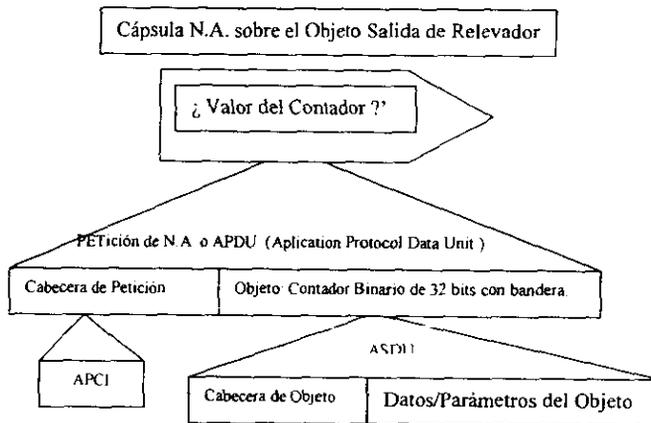


Figura 53

APCI: Application Protocol Control Information.

ASDU: Application Service Data Unit.

### Formato de la Trama de Petición del Nivel de Aplicación.

Es conveniente señalar que el elemento o sujeto sobre el que se va a realizar la operación en DNP3.0 se le denomina OBJETO. En este caso nos abocaremos al Objeto Contador Binario de 32 bits con bandera, que es el utilizado en el Totalizador.

El APCI es la Cabecera de Aplicación y está constituida de la siguiente forma:

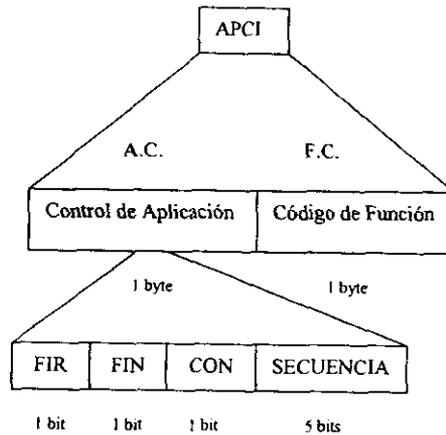


Figura 54

Como se podrá observar, después de haber revisado el nivel de pseudotransporte, y fijando la atención en los bits del APCI se podrá deducir que se realizan las mismas funciones que el nivel de pseudotransporte. Y así es, con la diferencia de que pseudotransporte lo hace, en primera para facilitar el control de flujo con fragmentos de tamaño más manejable para el enlace, y en segunda sin importar el mensaje, éste es fragmentado indiscriminadamente. A diferencia de la fragmentación que hace el Nivel de Aplicación, ya que lo efectúa separando con detalle cada fragmento. Y en cada fragmento existe una minipetición completamente independiente, de tal forma que se tiene el aspecto de que fuera una sola. Cabe señalar que la documentación DNP3.0 sugiere un tamaño máximo de buffer de 2 kb, para cada fragmento de Nivel de Aplicación.

A continuación se describen los bits del APCI (los bits FIR, FIN funcionan igual a los que maneja el nivel de pseudotransporte en su cabecera TH, así como el Campo de Secuencia con una ligera diferencia en cuanto al significado de sus valores).

### **FIR**

Indica que éste fragmento es el primero de una secuencia.

- 1 = Primer fragmento de la secuencia.
- 0 = Indica que éste fragmento NO es el primero de la secuencia.

### **FIN**

Indica si es el último fragmento de transporte de la secuencia.

- 1 = Último fragmento de la secuencia.
- 0 = Indica que todavía hay más fragmentos de la secuencia.

### **CON**

Indica a la estación remota que esperará un mensaje de CONFIRMACIÓN de la PETICIÓN que se le envía.

- 1 = Se espera CONFIRMACIÓN de la Petición.
- 0 = No se espera CONFIRMACIÓN.

### **SECUENCIA.**

El número de secuencia del fragmento se utiliza para verificar que cada fragmento de datos del mensaje se haya recibido en secuencia. Los números de fragmento del 0 al 15 están reservados para PETICIONES hechas por estaciones Maestras; el conteo se reinicia de 15 a 0. Los números de fragmento de 16 al 31 se reservan para Respuestas No Solicitadas de las estaciones Remotas (no maestras), este conteo se reinicia de 31 a 16. Las Respuestas No Solicitadas son mensajes generados por excepción. Esto es que una estación remota tendrá la capacidad de enviar este mensaje cuando se dé un cambio importante en alguna de sus variables (Específicamente en alguno de sus Objetos). El término Cambio Importante es

según la configuración de la estación remota, así mismo, las Respuestas ó Mensajes No solicitados son habilitados o deshabilitados de la Remota, desde la estación Maestra.

### **CÓDIGO DE FUNCIÓN.**

El código de función simplemente identifica el propósito del mensaje, es decir define que operación se desea realizar sobre el objeto dado.

A continuación se enuncian en forma general, los tipos de códigos de función:

- a) Códigos de Función de Transferencia.
- b) Códigos de Función de Control.
- c) Códigos de Función de Congelamiento.
- d) Código de Función de Control de Aplicación.
- e) Códigos de Función de Configuración.
- f) Códigos de Función Sincronización de Tiempo.
- g) Códigos de Función Reservados.
- h) Códigos de Función de Respuesta.

En el caso del Totalizador, se usan los Códigos de Función de Transferencia.

El código de Lectura es usado para el Objeto Contador. Y para el Objeto Tiempo se utilizan los Códigos de Lectura y Escritura.

Las siguientes tablas muestran los Códigos de Función de Transferencia y de Control asociados a su Número de Identificación, así como una breve descripción.

Estos códigos abarcan desde peticiones de lectura, escritura, hasta operaciones de control de operación inmediata o previo armado, así como acciones sobre aplicaciones programadas en la U.T.R.,etc.

ESTA TESIS NO DEBE SAIR DE LA BIBLIOTECA

### Códigos de Función de Transferencia.

Código	Función	Descripción
0	CONFIRM	Configuración de Mensaje recibido usado tanto en peticiones como en respuesta. No se requiere respuesta a este tipo de mensaje
1	READ	Petición para solicitar los objetos especificados de alguna remota. El que recibe este mensaje (Remota) Responde con los objetos disponibles que fueron requeridos
2	WRITE	Petición para almacenar los objetos especificados en el receptor (Remota) Como respuesta da el estatus de la operación.

### Códigos de Función de Control

Código	Función	Descripción
3	SELECT	Selecciona o arma un punto de salida (control), sin realizar acción alguna. Éste se responde con el estatus del punto seleccionado. Se requiere la función OPERATE para realizar la operación de Control
4	OPERATE	Realiza la acción de control sobre el punto previamente seleccionado con la función SELECT Éste se responde con el status de la salida de control
5	DIRECT OPERATE	Arma y Opera las salidas de control especificadas Éste se responde (por la Remota) con el status de las salidas de control.
6	DIRECT OPERATE NO ACKNOWLEDGEMENT	Igual a DIRECT OPERATE, pero la remota no necesita responder a ésta PETICIÓN de control

A continuación se describe el Formato de la Respuesta de Aplicación ya que con lo previamente explicado es simple su descripción.

La estructura de la respuesta es prácticamente igual al de una PETICIÓN, con el detalle de que después del Código de Función se anexan dos bytes que en conjunto se denominan Indicaciones Internas (IIN).

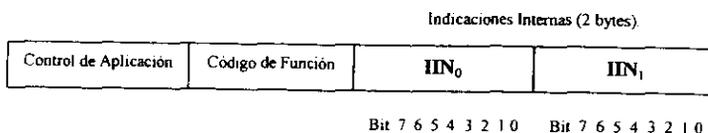


Figura 55

Cada uno de los bits de éstos dos bytes tienen un significado según sea su estatus, en relación a la Unidad Remota. En la siguiente tabla se despliega el significado de éstas Indicaciones Internas.

Si el bit indicado está activado (biti = 1), su significado correspondiente se indica a continuación .

Byte IIN<sub>0</sub> :

Bit	Significado
0	Mensaje recibido por todas las estaciones. Inicializado cuando se recibe una petición con la dirección destino (FFFFh) Reinicializado después de la siguiente respuesta. Utilizado para notificar ala estación maestra que un mensaje universal fue recibido por ésta estación.
1	Indica que hay datos de Clase 1 disponibles. Se inicializa cuando los datos que se han configurado como Clase 1 están listos para enviarse a la maestra La estación maestra debe solicitar los datos de ésta clase de la remota cuando encuentre este bit encendido en una respuesta
2	Igual al Bit 1, pero para datos de Clase 2.
3	Igual al Bit 1, pero para datos de Clase 3
4	La remota solicita a la maestra una sincronización de Tiempo, la maestra usará el Objeto Hora y Fecha para esto. Se reinicializa (0) cuando la maestra envíe el objeto para sincronizar. También se reinicializa escribiendo directamente en 0 en este bit.
5	Se inicializa (1) cuando algún(os) de los puntos de salida digital están en estado LOCAL. Es decir, no se pueden acceder via DNP3.0 Se resetea (0) cuando la UTR está en modo REMOTO, es decir se puede acceder via DNP3.0

Bit	Significado
6	Indica que hay conflictos en el dispositivo remoto. Se inicializa cuando alguna condición anormal de operación está presente en el dispositivo remoto. Se utiliza en caso de que tal estado no se pueda representar por combinación alguna de los otros bits de IIN.
7	El dispositivo ha sido reinicializado. Se inicializa cuando alguna condición anormal de operación está presente en el dispositivo remoto. Limpiado (0) cuando la maestra escribe explícitamente un 0 en este bit de IIN.

Byte IIN<sub>1</sub> :

Bit	Significado
0	Código de Función NO implementado.
1	Objeto solicitado desconocido. La remota no tiene definido el objeto solicitado, o no hay objetos asignados a la clase solicitada. Este bit es utilizado con propósitos de diagnóstico y normalmente indica un error en el perfil del dispositivo.
2	Error en los campos Calificador, Rango o Datos. No son válidos o están fuera de rango. Indica la existencia de un error en el formato de la petición que se envió. Utilizado para propósitos de depuración y normalmente indica problemas de configuración.
3	Buffer de Eventos o algún otro se encuentra en estado de sobreflujo. La maestra debe intentar recobrar todos los datos que sea posible y reportar la posible pérdida de algunos datos al usuario.
4	Solicitud reconocida por la remota, pero ésta operación ya se encuentra en ejecución.
5	Se inicializa para indicar que se ha corrompido la configuración en la estación remota. El nivel de aplicación deberá reportar esta condición a su usuario. La maestra podrá enviar otra configuración a la remota que reportó esta condición. En ocasiones una configuración errónea podrá deshabilitar la remota, haciendo imposible la comunicación.
6	Reservado para usarse por acuerdo = 0.
7	Reservado para usarse por acuerdo = 0.

## OBJETO

Un objeto se define por su Grupo y a su vez por su tipo (Variación), esto permite clasificar los objetos de tal forma, que se pueden identificar de manera única. Como se observa en la siguiente figura se define sólo para el caso de una PETICIÓN la posibilidad de manejar la Variación = 0.

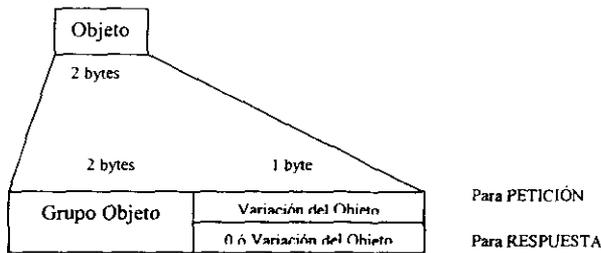


Figura 56

Esto por que en un equipo se puede definir un objeto por default para un grupo dado (así mismo para cada grupo definir uno por default), y este lo puede referenciar la maestra especificando la variación=0.

Retomando el Objeto contador del ejemplo (utilizado en el Totalizador), está definido como:

Contador Binario de 32 Bits con Bandera.

GRUPO:            14 hex  
VARIACIÓN:        01 hex

Esto es en base a la clasificación definida para DNP3.0.

La diversa gama de IEDs (Intelligent Electronic Devices ) que utilizan la Capa de Aplicación del Protocolo DNP, son capaces de monitorear, controlar y/o producir un gran número de piezas diferentes de datos, tanto en niveles de software y hardware. Éstas piezas de datos, son llamados *elementos de información*, y son procesados y almacenados como *objetos de información* y éstos pueden ser empacados para su transmisión como *unidades de datos de aplicación*. Estos Objetos se especifican por dos campos, uno es el Identificador del Grupo al que pertenece, y la Variación indentifica dentro del grupo, un tipo de objeto con características propias.

Cuando un fabricante implementa el protocolo DNP3.0 en alguno de sus IEDs, debe especificar que Objetos DNP3.0 soporta, así como la variación propia de dichos Objetos. El documento en el cual se debe especificar los parámetros DNP3.0 propios del Equipo se llama **Device Profile Document**. ( Y comúnmente es referido como **Perfil DNP3.0 del Equipo**).

Con lo anterior se da por terminada ésta breve explicación del funcionamiento e implementación del protocolo DNP 3.0. En el Apéndice correspondiente al Perfil DNP3.0 del Equipo TOTEM-2K se especifican las características propias de los Objetos manejados por el Totalizador.

## Apéndice B . Perfil DNP3.0 del Totalizador.

El Totalizador incorpora los Objetos DNP 3.0 que mejor se ajustan a sus funciones y ha adoptado un subconjunto de las posibles cabeceras de Objetos (Objet, Qualifier y Range). La implantación del protocolo se realizó en base al documento DNP 3.0 Basic 4 Document Set (Rev. 03).

Los Objetos que se han implantado para el monitoreo y supervisión de información del equipo totalizador a través de una maestra DNP 3.0 son los siguientes:

OBJET			REQUEST		RESPONSE	
Objet	Var.	Description	Function Code	Qualifier Field (Hex)	Function Code	Qualifier Field (Hex)
20	01	32 Bit Binary Counter with flag.	01	06	129	00
21	05	32 Bit Binary Counter with Time of Freeeze	01	06	129	00
50	01	Time and Date	01,02	00,06,17	129	00,17

La forma en que se refiere a los objetos, dentro de una petición o una respuesta, se determina por el campo Qualifier, dentro del Objet Header. A su vez, el campo Qualifier determina la composición del rango. La tarjeta totalizadora emplea tres formas para referir a los objetos: RANGO, CANTIDAD y TODOS.

- Cuando se hace referencia por "RANGO" (Qualifier = 00) en el rango se incluye un octeto denominado START, que indica el objeto inicial, y otro denominado STOP, que indica el objeto final. El subcampo Qualifier Code (4 bits menos significativos de Qualifier Field) es igual a 0. Siempre que emplean la modalidad de referencia por RANGO el subcampo Index (4 bits más significativos de Qualifier Field) es igual a cero, lo que significa que ninguno de los objetos referidos se precede de índice identificador.

- Cuando se hace referencia por "CANTIDAD" (Qualifier = 07 ó 17) el rango incluye un octeto denominado Quantity. El subcampo Qualifier Code (4 bits menos significativos de Qualifier Field) es igual a 7. Si el subcampo Index (4 bits más significativos de Qualifier Field) es igual a cero, entonces los objetos referidos inician con el objeto número cero y finalizan con el número Quantity -1. Si el subcampo Index de Qualifier Field es igual a 1, entonces se indica que al objeto le precede un octeto Index que hace referencia al número del objeto. Como la tarjeta convertidora solo puede manejar un único objeto indexado a la vez, un campo de Qualifier igual a 17h (Index =1 y Qualifier code= 7) solo puede ser acompañado de un octeto de Quantity con valor de 1.
- Cuando se hace referencia a "TODOS" (Qualifier=06) el rango no es necesario porque se entiende que se comprenden todos los objetos existentes del tipo indicado. El subcampo Qualifier Code (4 bits menos significativos de Qualifier Field) es igual a 6. Cuando en una petición se emplea la modalidad de referencia "TODOS" el subcampo Index (4 bits más significativos de Qualifier Field) es igual a cero. Una petición con referencia todos los objetos no necesita índices para distinguir a ningún objeto.

La tarjeta totalizadora solamente soporta la modalidad de referencia por RANGO siempre que en el octeto de START y STOP se coloquen números de objetos y no sus direcciones. No se soportan valores de 3, 4 o 5 para el subcampo Qualifier Code, por lo que en ningún caso se debe hacer referencias a direcciones absolutas de los objetos referidos.

Las características de la implantación DNP 3.0 comentadas hasta ahora corresponden únicamente a la capa de aplicación. Una visión de conjunto de la implantación de los diferentes niveles del protocolo en el totalizador se puede obtener rápidamente de la siguiente hoja de perfil.

<b>DNP V3.0</b> DEVICE PROFILE DOCUMENT		<b>Vendor Name:</b> Sistemas Eléctricos de Potencia Computarizada		<b>Device Name:</b> TOTEM-2K	
Highest DNP level supported: For requests For responses		Device function: <input type="checkbox"/> Master <input checked="" type="checkbox"/> Slave			
Notable objects, functions, and/or qualifiers supported in addition to the highest DNP levels supported. <input type="checkbox"/> En el modo de enlace con confirmación, el nivel de aplicación retransmitirá la respuesta, previo Reset Remote Link, si detecta que fallaron los reintentos del nivel de enlace, y continua ignorando la falla reportada por el nivel de enlace					
Maximum Data Link Frame Size (octets) Transmitted: 292 Received: 292		Maximum Application fragment size (octets): Transmitted: 2048 Received: 2048		Maximum Data Link Re-tries: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Fixed at 2 <input checked="" type="checkbox"/> Configurable, range to	
Requires Data Link Layer Confirmation:		<input type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes <input checked="" type="checkbox"/> Configurable			
Requires Application Layer Confirmation:		<input type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> When reporting Event Data <input type="checkbox"/> When sending multi-fragment messages <input type="checkbox"/> Sometimes <input checked="" type="checkbox"/> Configurable			
Time Outs while waiting for: (times expressed in milliseconds)					
Data Link Confirm		<input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Fixed at 5000 <input type="checkbox"/> Variable		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Complete Appl. Frag		<input checked="" type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Fixed at <input type="checkbox"/> Variable		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Application Confirm		<input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Fixed at <input type="checkbox"/> Variable		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Complete Appl. Response		<input checked="" type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Fixed at <input type="checkbox"/> Variable		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Sends/executes control operations:					
WRITE Binary Outputs		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
SELECT OPERATE		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
DIRECT OPERATE		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
DIRECT OPERATE/NO ACK		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Count > 1		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Pulse On		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Pulse Off		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Latch On		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Latch Off		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Queue		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
Clear Queue		<input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Always <input type="checkbox"/> Sometimes		<input checked="" type="checkbox"/> Configurable	
<b>FILL OUT THE FOLLOWING ITEMS FOR MASTER ONLY:</b>					
Expects Binary Input Change Events: <input type="checkbox"/> Either time-tagged or non time-tagged for single event <input type="checkbox"/> Both time-tagged and non time-tagged for single event <input checked="" type="checkbox"/> Configurable (attach explanation)					
<b>FILL OUT THE FOLLOWING ITEMS FOR SLAVE DEVICES ONLY:</b>					
Reports Binary Input Change Events when no specific variation requested: <input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Only time-tagged <input type="checkbox"/> Only non time-tagged <input type="checkbox"/> Configurable to send both, one or the other (attach explanation)			Reports time-tagged Binary Input Change Events when no specific variation requested: <input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Binary Input Change with Time <input type="checkbox"/> Binary Input Change with Relative Time <input type="checkbox"/> Configurable (attach explanation)		

<b>Sends Unsolicited responses:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> Configurable (attach explanation) <input type="checkbox"/> Only certain objects <input type="checkbox"/> Sometimes (attach explanation) <input type="checkbox"/> ENABLE/DISABLE function codes supported	<b>Sends Static Data in Unsolicited Responses:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Never <input type="checkbox"/> When device restart <input type="checkbox"/> When status flag change No other options are permitted
<b>Default Counter Object/Variation:</b> <input type="checkbox"/> No counters reported <input type="checkbox"/> Configurable (attach explanation) <input checked="" type="checkbox"/> Default Object: 20 Default Variation: 1 <input type="checkbox"/> Point-by-point (list attached)	<b>Counter Roll Over at:</b> <input type="checkbox"/> No counters reported <input type="checkbox"/> Configurable (attach explanation) <input type="checkbox"/> 16 bits <input checked="" type="checkbox"/> 32 bits <input type="checkbox"/> Other value: <input type="checkbox"/> Point-by-point (list attached)
<b>Send Multi-Fragment Responses</b> <input type="checkbox"/> YES <input checked="" type="checkbox"/> NO	

## El reloj de tiempo real

El totalizador de potencia tienen un reloj de tiempo real. Este reloj puede ser leído o escrito por la maestra empleando un objeto DNP cuya estructura de datos se conforma por 6 octetos que representan al número de milisegundos transcurridos, a la fecha, desde el primer milisegundo del primero de enero de 1970. Este objeto se denomina Hora y Fecha (Time and Date).

### Perfil para Objeto Hora y Fecha (Time and Date)

GROUP: 50

VARIATION: 01

FUNCTIONS CODE. En peticiones se permite la lectura (FUNCTION CODE= 01) y escritura (FUNCTION CODE= 02). En respuestas FUNCTION CODE= 129.

QUALIFIER. Este campo puede tener cualquiera de los siguientes valores

CAMPO QUALIFIER	SUBCAMPO Index	SUBCAMPO Qualifier Code	FUNCTION CODE
00h	0	0	Read/Write/ Response
06h	0	6	Read
17h	1	7	Read/Write/ response

QUALIFIER= 00h Objetos no precedidos por ningún índice identificador. El rango de los objetos leídos/escritos se compone por un octeto (START) que indica el objeto inicial y otro (STOP) que indica el objeto final. Como sólo existe un objeto tiempo y su referencia es el número 0, tanto en el octeto START como en el STOP. El objeto final es estrictamente igual al objeto inicial.

QUALIFIER= 06h Objetos no precedidos por ningún índice identificador. No se necesita rango porque se hace referencia a todos los objetos de tiempo, en este caso solo uno. La respuesta incluye el objeto Hora y Fecha con un QUALIFIER=17h y un rango donde el octeto Quantity=01 el octeto Index=00.

QUALIFIER= 17h Objetos precedidos por un octeto como índice identificador. En este caso, el índice, que precede al objeto, contiene la referencia al objeto tiempo número cero. El rango se compone por un octeto de cantidad Quantity=1 que indica la existencia de un objeto de tiempo único.

**Perfil para Objeto Contador de 32 Bits con Bandera.**

GROUP: 20

VARIATION: 01

FUNCTIONS CODE. En peticiones se permite únicamente la lectura

(FUNCTION CODE= 01). En respuestas FUNCTION CODE= 129.

QUALIFIER. El valor posible para éste campo es el siguiente:

CAMPO QUALIFIER	SUBCAMPO Index	SUBCAMPO Qualifier Code	FUNCTION CODE
06h	0	6	Read

QUALIFIER= 06h Objetos no precedidos por ningún índice identificador. No se necesita rango porque se hace referencia a todos los objetos Contador Binario de 32 Bits con Bandera. La respuesta a una petición con QUALIFIER = 06h incluye 256 bits con un QUALIFIER=00h y un rango donde el octeto START=0 y STOP=87.

**Perfil para Objeto Contador de 32 Bits con Tiempo de Congelamiento.**

GROUP: 21

VARIATION: 05

FUNCTIONS CODE. En peticiones se permite únicamente la lectura  
(FUNCTION CODE= 01). En respuestas FUNCTION CODE= 129.

QUALIFIER. El valor posible para éste campo es el siguiente:

CAMPO QUALIFIER	SUBCAMPO Index	SUBCAMPO Qualifier Code	FUNCTION CODE
06h	0	6	Read

QUALIFIER= 06h Objetos no precedidos por ningún índice identificador. No se necesita rango porque se hace referencia a todos los objetos Contador Binario de 32 Bits con Bandera. La respuesta a una petición con QUALIFIER = 06h incluye 256 bits con un QUALIFIER=00h y un rango donde el octeto START=0 y STOP=87.

## **Apéndice C . Uso del G.P.S. para Sincronización.**

### **Historia Condensada del Programa G.P.S.**

Al inicio de los 60's, diversas organizaciones gubernamentales de los Estados Unidos, entre ellas organismos militares, la NASA y el Departamento de Transporte (DOT), estaban interesadas en el desarrollo de un sistema de satélites para determinar la posición en forma global. El sistema óptimo fue concebido con las siguientes características:

cobertura global, operación continua en cualquier condición climática, capacidad de usarse en plataformas altamente dinámicas, así como una gran exactitud.

El primer sistema implementado se denominó Transit, y fue en 1964, cuando se volvió un sistema confiable en términos de operatividad, ganando una gran aceptación en plataformas con un dinamismo bajo. Sin embargo, debido a sus limitaciones inherentes (sólo podía precisar la posición con una velocidad promedio de entre 30 y 110 minutos)

la Marina estadounidense se inclinó por mejorar el sistema Transit o bien desarrollar otro sistema de navegación satelital con respuesta de entre 10 y 15 minutos. Diversas variantes del sistema Transit original fueron propuestas por sus creadores en el Laboratorio de Física aplicada de la Universidad de John Hopkins. Al mismo tiempo, el NRL (Naval Research Laboratory) experimentaba con relojes de precisión basados en características espaciales, para mejorar la precisión del tiempo de transferencia. Este programa fue denominado Timation.

En 1969, la OSD ( Office of the Secretary of Defense ) estableció el programa DNSS ( Defense Navigation Satellite System ) para consolidar las aproximaciones que independientemente habían desarrollado las diversas dependencias militares.

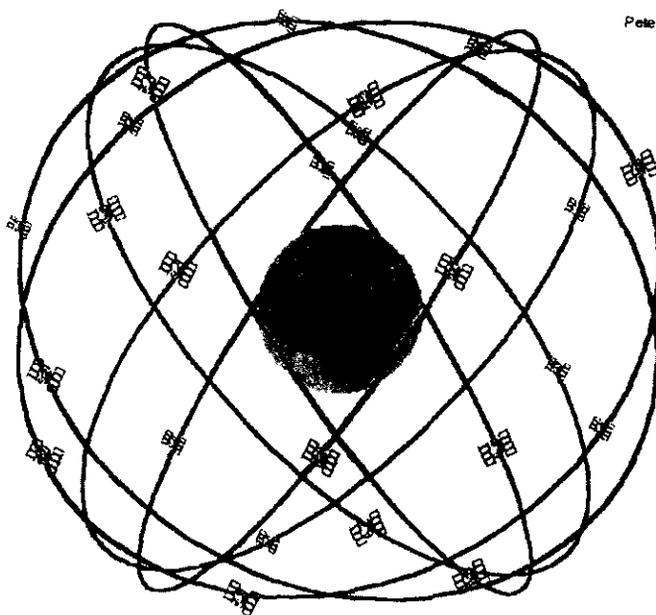
A partir de este esfuerzo, se formó el concepto NAVSTAR GPS, éste concepto fue desarrollado por el GPS Joint Program Office (JPO). Actualmente, ésta institución continúa supervizando el desarrollo y la producción de nuevos satélites, estaciones de control terrestres, y aparatos receptores.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA G.P.S:

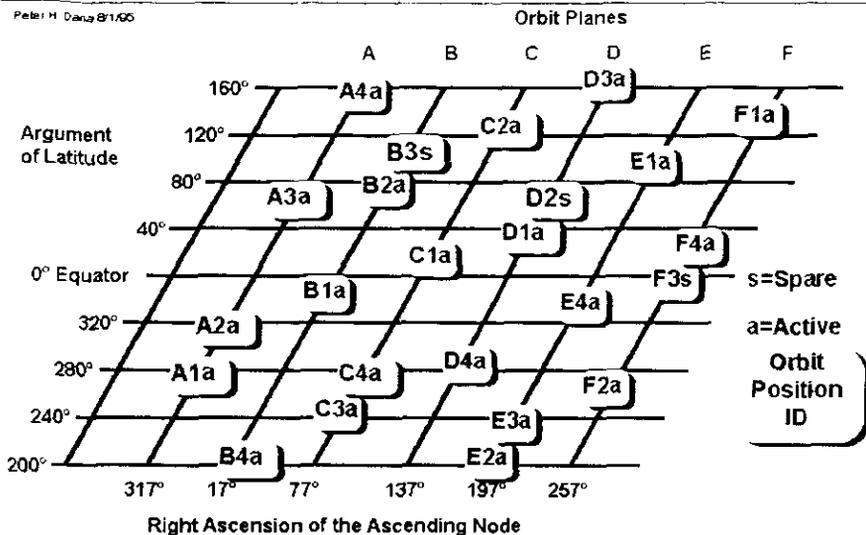
Actualmente, el sistema G.P.S. es un dispositivo totalmente confiable, basado en el criterio establecido en los años sesentas para un sistema de posicionamiento óptimo.

El sistema actual proporciona la posición tridimensional del usuario en forma global, continua y precisa. Así mismo, si el usuario posee un receptor apropiado, puede obtener información sobre su velocidad. Adicionalmente el sistema envía la hora y fecha en el formato UTC (Coordinated Universal Time).

La constelación consiste de 24 satélites configurados en 6 órbitas planas con cuatro satélites por plano.



**GPS Nominal Constellation**  
**24 Satellites in 6 Orbital Planes**  
**4 Satellites in each Plane**  
**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**



### Simplified Representation of Nominal GPS Constellation

Existe además una red mundial de estaciones de control y monitoreo terrestres que se encargan del buen funcionamiento y supervisión del estatus de los satélites.

El sistema G.P.S. puede proveer a un número ilimitado de usuarios, ya que los receptores operan en forma pasiva ( solamente reciben ).

El sistema G.P.S. envía el tiempo en formato UTC que proporciona la capacidad de sincronización del tiempo para diversos usuarios en el mundo. El rango de aplicaciones van desde un simple despliegue del tiempo, hasta la sincronización de usuarios para cambiar la frecuencia de comunicación en aplicaciones militares.

#### Generación del Tiempo en formato UTC.

El formato UTC es una escala de tiempo compuesto. Esto es el tiempo UTC está constituido por una escala derivada de relojes atómicos y una escala de tiempo referida a la velocidad de rotación de la Tierra.

La escala de tiempo basada en el estándar atómico es llamada TAI (International Atomic Time), y está basada en el segundo atómico, que está definido como la unidad fundamental de tiempo del Sistema Internacional de Unidades. El segundo atómico está definido como "la duración de 9,192,631,770 periodos de radiación correspondiente a la transición de dos niveles hiperfinos del Cesio 133.

La otra escala de tiempo que conforma el formato UTC es llamado UT1 ( Universal Time 1) y está basado en el movimiento de rotación de la Tierra. Ésta escala es corregida debido a las irregularidades de la órbita terrestre y a la inclinación del ecuador de la Tierra con respecto a su órbita plana.

### **Sistema de Tiempo del G.P.S.**

El tiempo del G.P.S. hace referencia al formato UTC, y es un sistema de tiempo basado en lecturas de los relojes atómicos de los satélites, procesadas estadísticamente. Así como en componentes provenientes de estaciones terrestres. El sistema de tiempo del G.P.S. y el tiempo UTC coincidieron a las 0 hrs del 6 de Enero de 1980.

### **Procesamiento del tiempo UTC por el Usuario.**

El tiempo UTC puede ser obtenido por el receptor, a partir de la siguiente expresión.

$$UTC = t_{rcv} + t_u + t_n$$

Donde:

$t_u$  es el tiempo obtenido através del promedio de los relojes atómicos.

$t_{rcv}$  es el tiempo local del receptor.

$t_n$  es un número entero del tiempo de diferencia entre el tiempo UTC y el tiempo del G.P.S.

## VII BIBLIOGRAFÍA.

- Manual de Operación Omnipotencihorimetro OPH-03/Cv9 Junio 1997.  
GPI Mexicana de Alta Tecnología S.A. de C.V., Zapopan Jalisco.
- Understanding G.P.S. Principles and Applications., Kaplan Elliot D.  
Artech House Publishers., Mobile Communication Series., 1996.
- Apuntes DNP3.0., Ing. León Martínez A.R., Sistemas Eléctricos de Potencia  
Computarizada S.A. de C.V., México D.F.
- How to turn a Substation into a Database Server., Proudfoot D., Taylor Dave .,  
Computer Applications in Power., Power Engineering Society., IEEE Volumen 12  
Numero 2 Abril 1999.
- Diseño de Subestaciones Eléctricas., Raúl Martín J., Mc Graw Hill., México 1987.
- Elements of Power Electronics., Philip T.Krein., Oxford University Press.,  
New York 1998.
- Compiladores Principios, técnicas y herramientas., Aho A.V. Ed Addison Wesley  
Iberoamericana., E.U.A., 1990.
- DNP 3.0 Overview., Triangle Micro Works, Inc. Raleigh, North Carolina.,  
[www.TriangleMicroWorks.com](http://www.TriangleMicroWorks.com).
- The 8051 Microcontroller., McMillan Publishing Company., Maxwell MacMillan  
International.
- Hojas de Especificaciones de los componentes utilizados.
  - ILQ1 Optoacoplador.
  - MC14490 Debouncer.
  - 8255A Manejador de puertos.
  - 4N35 Optoacoplador.
  - AT34C02 Serial EEPROM.
  - MAX 232 Driver para RS-232.
  - 8032AH Microcontrolador.
  - 74ACT373PC