

**ELABORACION DE UNA INTERFAZ GRAFICA EN  
LABVIEW PARA LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA  
DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES TRIFÁSICOS DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA ACTIVA**

**HERNANDO JAVIER ROSALES VUELVAS**

**NELSON JAVIER ZAMORA DÍAZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C. 2012**

**ELABORACION DE UNA INTERFAZ GRAFICA EN  
LABVIEW PARA LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA  
DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES TRIFÁSICOS DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA ACTIVA**

**HERNANDO JAVIER ROSALES VUELVAS**

**NELSON JAVIER ZAMORA DÍAZ**

**PROPUESTA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE INGENIERO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO, RESPECTIVAMENTE**

**DIRECTOR**

**ING. ENRIQUE VANEGAS CASADIEGO.**

**CODIRECTOR**

**ING. JORGE ELIECER DUQUE**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C. 2012**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Cartagena de Indias, Enero del 2012

**Cartagena de Indias D.T. y C, Enero del 2012**

**Señores:**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

**Comité de Evaluación de Proyecto**

La ciudad

Estimados señores:

Cordialmente me permito a presentar a ustedes la tesis titulada: **“ELABORACION DE UNA INTERFAZ GRAFICA EN LABVIEW PARA LA AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES TRIFÁSICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA ACTIVA”**, desarrollada por los estudiantes de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, **Hernando Javier Rosales Vuelvas y Nelson Javier Zamora Díaz**, respectivamente.

Con relación a dicho trabajo, el cual he dirigido, lo considero de gran valor ya que este es un proyecto promotor del nuevo laboratorio de metrología de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Sinceramente,

---

Enrique Vanegas Casadiego

**Cartagena de Indias D.T. y C, Enero del 2012**

## AUTORIZACIÓN

Nosotros **Hernando Rosales Vuelvas** y **Nelson Javier Zamora Díaz**, identificados con cédulas de ciudadanía números 73'008'813 de Cartagena de Indias y 1'128'057'953 de la misma ciudad, respectivamente, autorizamos a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR** para hacer uso de nuestro trabajo de grado y publicarlo en el catálogo online de la biblioteca.

Atentamente,

---

**Hernando Javier Rosales Vuelvas**

---

**Nelson Javier Zamora Díaz**

## DEDICATORIA

*“A mis padres por todo el apoyo que me han brindado, y porque han dado todo lo que le ha sido humanamente posible por verme hoy convertido en un profesional. Y a mis profesores porque han guiado mi camino para ser una persona crítica y ética.”*

**Hernando Javier Rosales Vuelvas**

*“Dedico éste trabajo a mis padres, a quienes les debo la educación.”*

**Nelson Javier Zamora Díaz**

## AGRADECIMIENTOS

*“Les doy las gracias a los ingenieros del laboratorio de mediciones eléctricas, por toda la colaboración brindada durante la realización de la tesis. Y de igual manera, a nuestro director de tesis, el ingeniero Enrique Vanegas Casadiego por dirigirnos en todo el proceso.*

*A todas aquellas personas que no mencionamos, que de una u otra forma nos colaboraron para que éste trabajo de grado fuera un éxito.”*

**Hernando Javier Rosales Vuelvas**

*“En especial a Dios, por hacer de todo esto posible. A mi padre, por ser una persona responsable con todo. A mi madre, por ser mi apoyo e inspiración. Al cuerpo docente de la Universidad Tecnológica de Bolívar, por enseñarme muchas cosas. En especial a ingeniero Enrique Vanegas Casadiego, quién confió en mis capacidades para llevar acabo dicho proyecto, y por todo su apoyo incondicional. Al ingeniero. Jorge Eliecer Duque Pardo, por su valiosa asesoría. Y finalmente a mí mismo, por no ceder frente a todos los problemas y no claudicar ante ellos.”*

**Nelson Javier Zamora Díaz**

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS .....	x
INTRODUCCION .....	11
1. PROGRAMACION GRAFICA .....	14
1.1. SUBVI INTEGRADORES.....	14
1.1.1. Adquisición de voltaje (Ten_lten_Poten ).....	14
1.1.2. Escalamiento de voltaje(Escala).....	16
1.1.3. Elaboración de informe de error .....	17
1.2. ELABORACION DEL PROGRAMA MADRE .....	20
1.2.1. Inicialización de las variables en cero y mensaje de bienvenida. ....	22
1.2.2. Ingreso de datos.....	24
1.2.3. Ajuste y visualización de tensión, intensidad y potencia .....	28
1.2.4. Medición y comparación de la energía medida.....	30
1.2.5. Adquisición de impulsos contados por el PIC y cálculo de error .....	34
2. PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO LA CALIBRACION .....	41
2.1. PREPARACIONES PREVIAS.....	41
2.2. PASOS PARA CALIBRAR UN MEDIDOR TRIFASICO DE ENERGIA ELECTRICA.	42
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
3.1. CONCLUSIONES.....	43
3.1.1. Sistema de calibración implementado .....	43
3.1.2. Generales .....	43
3.2. RECOMENDACIONES .....	44
3.2.1. Sistema de calibración Implementado .....	44
3.2.2. Patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51 .....	45

3.2.3.	Fotocelda Schlumberger SCH 20 .....	45
3.2.4.	Tarjeta de sensado de tensión, intensidad y contador de impulsos. ....	45
4.	REFERENCIAS .....	46
4.1.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS .....	46
4.1.1.	Tesis: sistema de calibración de medidores y metrología eléctrica. ....	46
4.1.2.	Libros: sistemas de calibración de medidores y metrología eléctrica.....	46
4.1.3.	Libros: fundamentos básicos de circuitos. ....	47
4.2.	REFERENCIAS CIBERGRAFICAS .....	47
4.2.1.	Errores e incertidumbre .....	47
4.2.2.	Labview e instrumentación virtual .....	48
4.2.3.	Adquisición de datos.....	48
4.2.4.	Manuales .....	48
4.2.5.	Caracterización de transformadores. ....	48
	ANEXOS.....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contenido del SubVi <i>Ten_Iten_Poten</i> .....	15
Figura 2. Contenido del SubVI Escala. ....	16
Figura 3. Contenido del SubVI reporte.....	17
Figura 4. Diagrama de flujo detallado de las ordenes generadas por el programa de instrumentación gráfica. ....	20
Figura 5. Estructura secuencial de la programación. ....	21
Figura 6. Diagrama de bloques inicial, para configurar los puertos digitales y análogos.....	22
Figura 7. Diagrama de bloques para iniciar variables en cero y desplegar el mensaje de bienvenida .....	23
Figura 8. Panel frontal del mensaje de bienvenida.....	23
Figura 9. Diagrama de bloques de ingreso de datos propios del medidor. ....	24
Figura 10. Interfaz del panel frontal para el ingreso de datos propios del medidor.....	24
Figura 11. Diagrama de bloques para solicitar datos referentes a la calibración .....	25
Figura 12. Panel frontal de solicitud de datos para calibración .....	25
Figura 13. Diagrama de bloques para ajustar y visualizar potencia, tensión en intensidad.....	29
Figura 14. Panel de frontal para visualización de tensiones, intensidades y potencia .....	29
Figura 15. Diagrama de bloques para sincronizar el conteo de energía .....	31
Figura 16. Panel frontal para visualizar el control de la medición de la energía. ....	31
Figura 17. Diagrama de bloques para adquirir el primer dígito en hexadecimal "R" .....	35
Figura 18. Diagrama de bloques para el cálculo del error en la medición de la energía .....	37
Figura 19. Diagrama de bloques para la generación del reporte en Excel .....	38
Figura 20. Panel frontal visualizada durante la generación del reporte en Excel.....	38
Figura 21. Modelo de generación del reporte de calibración en Excel.....	40
Figura 22. Conexiones de la tarjeta principal.....	52
Figura 23. Diseño en Solid Edge Vs implementación real.....	53
Figura 24. Arriba: Sensor de voltaje e intensidad VELASQUEZ. Abajo: Montaje del módulo del sensor trifásico y recolector de las diferentes señales sensadas. ....	54
Figura 25. Patrón de <i>calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51</i> vista frontal.....	55
Figura 26. A) Potenciómetro para ajuste de sensibilidad. B) Vista lateral de la fotocélula. C) cable de alimentación y de la señal de sensado. D) Lente cóncavo para captura de luz.....	57
Figura 27. Partes de la fotocelda SCH20 Schlumberger .....	59
Figura 28. Comportamiento de la fotocelda frente a la obstrucción de la luz por parte de la ranura del disco. ....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Leyenda del diagrama de flujo.....	21
Tabla 2. Tabla de verdad para la validación de datos. Sea $A=[(Km*N==0) \vee (N>50)]$ .....	27
Tabla 3. Uso del ciclo for para adquirir los dígitos.....	35
Tabla 4. Diferentes salidas para la medición de la energía, referenciado al ítem 3 de la figura 25.	56
Tabla 5. Resultado de la prueba aplicada al sensor para identificar la señal de salida y la demanda de intensidad al obstruir la luz por parte del lente. ....	58

## INTRODUCCION

En la Universidad Tecnológica de Bolívar a finales del año 2008, con el apoyo del laboratorio de metrología de la Empresa Electricaribe, se había acordado realizar un proyecto consistente en la automatización de una mesa de calibración de una sola posición para contadores de energía activa y reactiva trifásicos. Que consistía en incluir en el proceso de calibración un patrón de medición de energía eléctrica de mejor clase (TVH 2.32) que el actualmente utilizado TVH 4.32. Sin embargo el hecho de que el proceso de calibración se lleve a cabo con el patrón TVH 4.32, radica en que este posee una interfaz amigable con el operario que le permite observar las variables implicadas en el desarrollo del proceso (tales como potencia, tensión e intensidad y número de impulsos por kilovatio hora) a través de un display; mientras que el patrón TVH 2.32 no tiene esta interfaz.

Por esta razón se plantea una propuesta donde se incluiría en el proceso de calibración al patrón TVH 2.32(DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALIBRACIÓN AUTOMATIZADO PARA CONTADORES DE ENERGIA ACTIVA Y REACTIVA, ELABORADO PARA EL LABORATORIO DE METROLOGIA DE LA EMPRESA ELECTRICARIBE S.A. E.S.P). La propuesta mencionada se desarrolló dentro del marco de un convenio Universidad-Empresa, el cual consistía en que Electricaribe financiaría el proyecto mientras que la Universidad diseñaría el sistema automatizado; además de brindar toda la asesoría en la investigación. La propuesta se entregó a Electricaribe en mayo del 2009; pero a mediados de julio decidieron no aprobar proyecto.

En vista de lo anterior, se habló con Electricaribe por encontrar una alternativa para no perder el trabajo realizado, es por eso que esta empresa decidió hacer real la donación de un sistema de calibración Zera Konisgwinter (conformado por un patrón de calibración, un estabilizador trifásico de tensión, una mesa de calibración y además otros accesorios). Este sistema donado no se posee ningún

manual, es un equipo más antiguo y además que había estado sin operar desde hace más de 10 años; ya que perteneció en un tiempo a la antigua Electricadora de Bolívar (antigua Empresa comercializadora de Energía Eléctrica, en la Costa Caribe), lo que se conoce actualmente como Electricaribe.

Frente a la situación anterior, en un trabajo previo a éste, se pudo recuperar la operatividad del patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51 (el elemento más importante del sistema, ya que este es el que permite comparar si la energía del contador es medida correctamente por el mismo) y por lo cual se decidió diseñar un sistema de calibración diferente al propuesto inicialmente. Ese sistema de calibración incluiría únicamente al patrón Zera Konigswinter EPZ-301-51 y se pretende hacer la automatización a un solo rango de tensión e intensidad.

Consecuentemente a lo anterior, en la Universidad Tecnológica de Bolívar se diseñó un Hardware para el control del proceso de calibración y se compraron unos equipos para realizar la instrumentación (**véase ANEXO 2**). Es ahí donde nace la necesidad de hacer el control del proceso y realizar la instrumentación virtual, el cuál es el objeto de este trabajo de grado. Quien ofrece la oportunidad de adquirir los datos, desde el computador y visualizarlos, referentes a las diferentes variables inmersas en el proceso además se facilita la elaboración de un informe del estado del contador a calibrar; puesto que se puede salvaguardar los datos de manera automática evitando que el operador tenga la necesidad de hacer esto manualmente. Todo esto se llevó acabo empleando el software de instrumentación Virtual *Labview 2010*.

Por otra parte es fundamental recalcar que los procesos de metrología eléctrica tienen como objetivo fundamental reducir los diferentes tipos de errores inmersos en la mediciones tales como: los humanos, del sistema (errores del equipo y ambientales) y errores al azar. En tal proceso existe una alta probabilidad que los errores cometidos se deban principalmente a errores humanos; considerando que los equipos inmersos en las mediciones estén correctamente calibrados. Con el fin

de reducir los errores humanos para mejorar la exactitud y precisión de sistema de calibración, es necesario automatizar el proceso.

Entonces señor lector en éste documento está dividido en 3 partes:

**Primera:** programación e instrumentación virtual, mostrando paso a paso del desarrollo de la programación así como la descripción de cada uno de los diagramas de bloques y además el desarrollo de la interfaz gráfica.

**Segunda:** procedimiento para preparar el sistema de calibración y calibrar un medidor de energía trifásico con el sistema diseñado. En el mismo se incluye las recomendaciones y precauciones respectivas para la realización de la calibración.

**Tercera:** exposición de las conclusiones y recomendaciones diferenciando, estas últimas, al sistema de calibración implementado: el patrón de calibración, la fotocelda y la tarjeta de sensado de tensión, intensidad y contador de impulsos.

## 1. PROGRAMACION GRAFICA

La programación gráfica debe controlar los elementos de hardware diseñados.

A continuación se muestran los diferentes bloques funcionales realizados en Labview, y luego se expone el acople de los diferentes elementos.

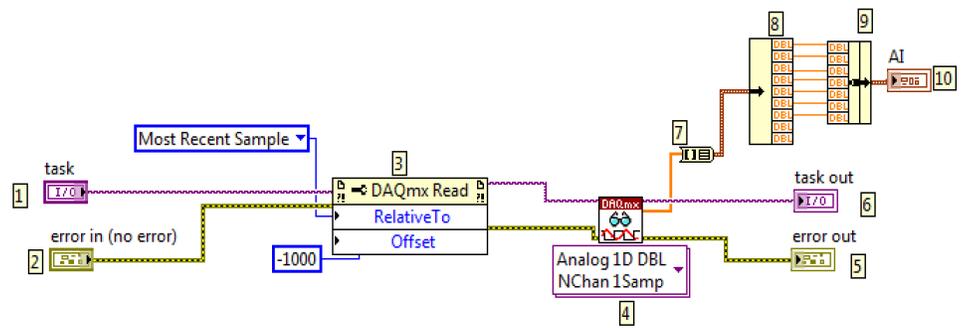
### 1.1. SUBVI INTEGRADORES

Se considera un SubVi es un instrumento virtual utilizado dentro de la misma programación gráfica que tiene una función específica. Los SubVi permiten resumir la programación, puesto que se incluyen subrutinas en un solo bloque. Entre los SubVi implementados se tienen:

#### 1.1.1. Adquisición de voltaje (Ten\_Iten\_Poten )

Este SubVi permite adquirir los 7 voltajes aplicados en las entradas analógicas A0-A6 en la tarjeta NI6009. Estos voltajes son los que provienen de los tres sensores de tensión e intensidad y el voltaje DC que viene del patrón de calibración.

En la **Figura 1** se puede apreciar su contenido.



**Figura 1. Contenido del SubVi *Ten\_Iten\_Poten***

Este SubVi está conformado por 10 elementos básicos (**véase Figura 1**):

1. *Task*. Entrada del dispositivo hardware seleccionado.
2. *Error in*. Entrada del error. Comunica si existe un error durante la compilación del programa.
3. *DAQmx Read*. Especifica el buffer en el cual comienza la operación de lectura.
4. *DAQmx*. Lee las muestras provenientes del hardware de adquisición de datos (NI6009) o canales virtuales que se especifiquen.
5. *Error out*. Salida del error.
6. *Task out*.
7. *Array to cluster function*. Convierte un vector 1D a un cluster de elementos del mismo tipo que los elementos del vector.
8. *Unbundle function*. Separa un cluster en elementos individuales.
9. *Bundle function*. Construye un cluster a partir de elementos individuales.
10. *AI*. Indicador de las variables sensadas.

El icono de este SubVi es el siguiente:



### 1.1.2. Escalamiento de voltaje(Escala)

Este SubVi toma las señales provenientes del SubVi *Ten\_inten\_poten* y las multiplica por un factor para interpretar las señales medidas véase **Figura 2**

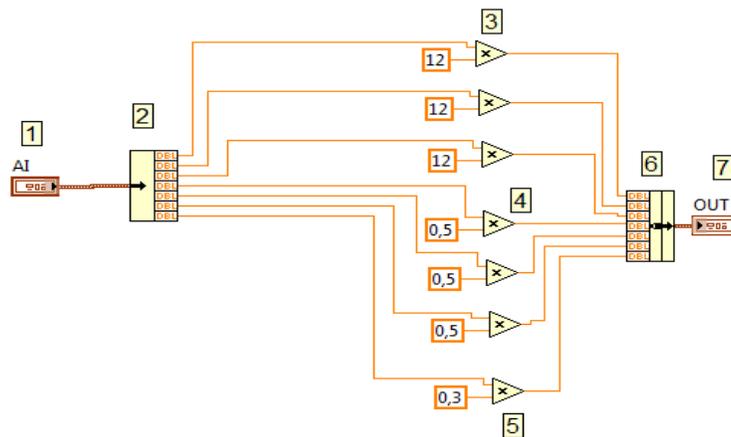


Figura 2.Contenido del SubVI Escala.

Este SubVi está conformado por 6 elementos:

1. AI. Entrada de las señales analógicas.
2. *Unbundle function*. Separa un cluster en elementos individuales.
3. Multiplicación por el factor de conversión para interpretar la medición de tensión. (ejemplo a plena escala, 120V, el sensor de tensión transduce a un voltaje DC 10V; entonces el factor de conversión es  $120V/10V=12$ )
4. Multiplicación del factor de conversión para medición de intensidad.

5. Multiplicación del factor de conversión para medición de potencia trifásica.
6. *Budle function*. Construye un cluster a partir de elementos individuales.
7. Indicador de salida de las variables sensadas.

El icono de este SubVi es el siguiente:



### 1.1.3. Elaboración de informe de error

Este SubVi recolecta toda la información relevante al proceso de calibración y construye un informe en Excel.

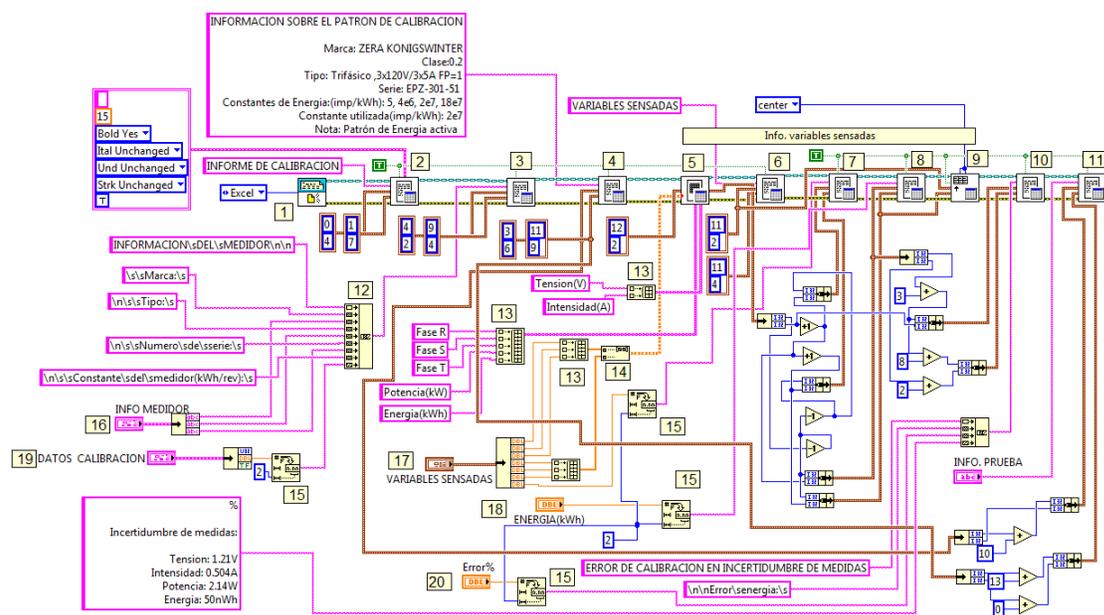


Figura 3. Contenido del SubVi reporte.

La funcionalidad de cada una de las partes del SubVi (visualizadas en **Figura 3**) reporte son descritas a continuación:

1. *New report.vi*. Crea un nuevo reporte especificando el tipo de documento (Word, Excel, Power Point entre otras)
2. *Excel Easy text vi*. Inserta un texto en Microsoft Excel. En ésta etapa el SubVi es usado para escribir el título del reporte.
3. *Excel Easy text vi*. El SubVi es usado para escribir en el reporte la información del medidor.
4. *Excel Easy text vi*. El SubVi es usado para escribir en el reporte la información correspondiente al patrón de calibración.
5. *Excel Easy Table vi*. Inserta una tabla en el reporte. El SubVi es usado para escribir una tabla que contiene la información de las tensiones e intensidades en todas las fases, así como la potencia y la energía medidas. En ésta etapa solo se escriben los valores numéricos de tensiones e intensidades, incluyendo los encabezados de la tabla, horizontal superior: Tensión [V] e Intensidad [A], Vertical izquierda: Fases R, S, T, Potencia [kW] y Energía [kWh].
6. *Excel Easy text vi*. Escribe el título de la tabla generada en el punto 5 en la parte superior de la misma.
7. *Excel Easy text vi*. Escribe el valor numérico de la potencia
8. *Excel Easy text vi*. Escribe el valor numérico de la energía.
9. *Excel Sel Cell Alignment.vi*. Configura la alineación de un rango de celdas especificado. En esta etapa este SubVi es usado para alinear las celdas de la tabla elaborada desde el punto 5-8.
10. *Excel Easy text vi*. Escribe un texto donde se especifica el error calculado en la calibración; incluyendo además todas las incertidumbres en las medidas de Tensión, intensidad, potencia y energía.

11. *Excel Easy text vi*. Escribe un texto que información acerca de la prueba como, el inicio y final de la prueba, además las observaciones consignadas respecto al medidor.
12. *Concaténate Strings*. Concatena diferentes vectores cadenas de caracteres en uno solo vector. Usado para construir un texto.
13. *Build Array*. Concatena varios vectores en un solo vector.
14. *Build matrix*. Combina vectores para formar una matriz por filas y columnas.
15. *Number to Fractional String*. Convierte un número de notación decimal en una cadena de caracteres.
16. *INFO MEDIDOR*. Entrada tipo cluster de cadena de caracteres que contiene de la información del medidor.
17. *VARIABLES SENSADAS*. Entrada tipo cluster de números que contiene los valores de las señales sensadas (Tensión, intensidad y potencia)
18. *ENERGIA (kWh)*. Entrada tipo numérica que contiene el valor de la energía medida.
19. *DATOS DE CALIBRACION*. Entrada tipo cluster de elementos mixtos. El cual posee dos valores numéricos N(número de vueltas y km constante de calibración del medidor) y un valor tipo boleano.
20. *Error%*. Entrada tipo numérica que contiene el error de calibración.

El icono del este SubVi es el siguiente:



## 1.2. ELABORACION DEL PROGRAMA MADRE

El diagrama de flujo de la **Figura 4** que contiene las principales instrucciones que debe tener el programa para llevar a cabo el proceso de calibración.

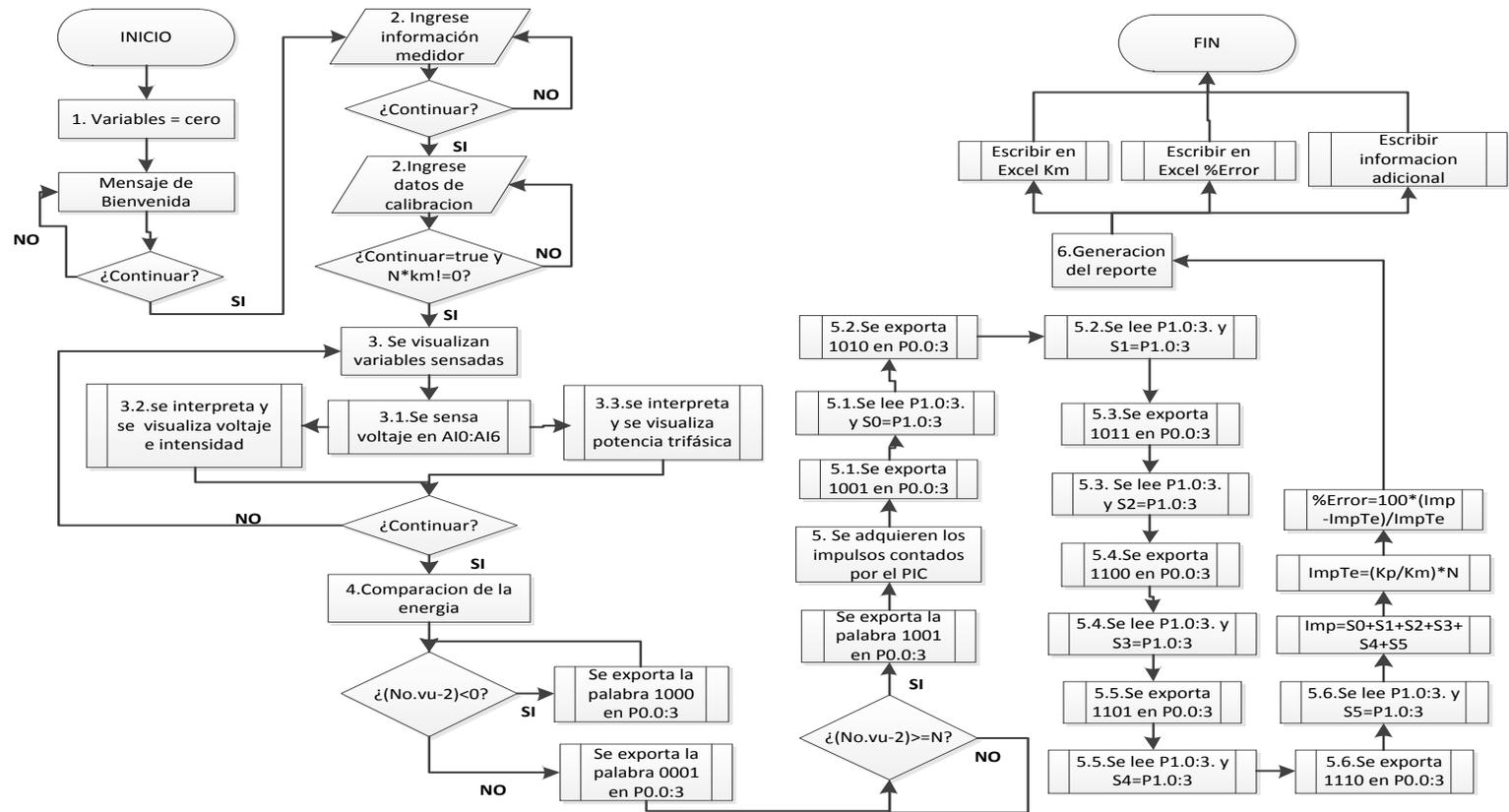
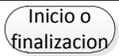
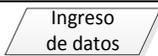


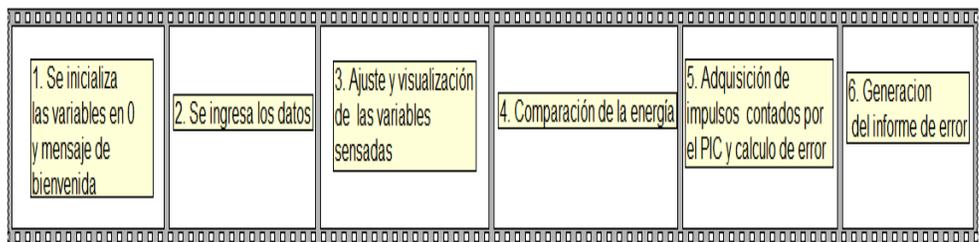
Figura 4. Diagrama de flujo detallado de las ordenes generadas por el programa de instrumentación gráfica.

Las notaciones de los procesos expuestos en la **Figura 4** se exponen en la **Tabla 1**:

ESQUEMA	DESCRIPCION DE DIAGRAMA
	Inicia o finaliza el programa
	Proceso donde se ingresan los datos necesarios para el procesamiento de la información.
	Describe una acción específica durante el programa.
	Conjunto de pasos llevados a cabo para cumplir el proceso al cual están subordinados
	Toma de una decisión que cuya elección repercute en el camino tomado. Hay dos caminos si y no.

**Tabla 1. Leyenda del diagrama de flujo.**

Por lo que se puede apreciar en la **Figura 4** el programa general de calibración se lleva a cabo mediante una secuencia de pasos, donde se identifican seis: ingreso de datos, ajuste y visualización de las variables sensadas, medición y comparación de la energía y generación del informe de error. Por tal razón se escoge la estructura *Flat Sequence Structure*, como estructura general para llevar a cabo el proceso, quien ejecuta las órdenes, colocadas dentro de cada subdiagrama, de manera secuencial. Véase **Figura 5**



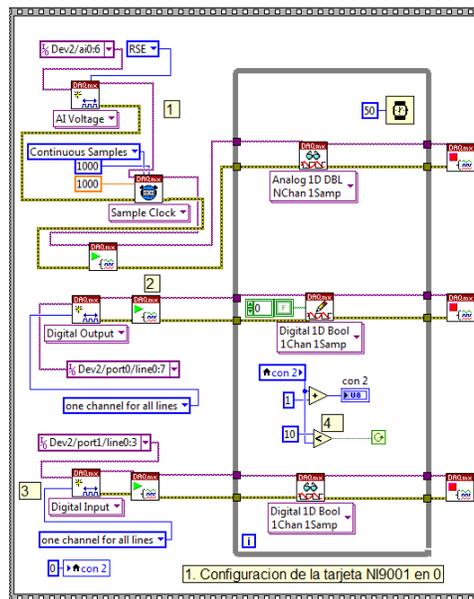
**Figura 5. Estructura secuencial de la programación.**

A continuación se describen cada uno de los procesos principales representados en la **Figura 4**.

### 1.2.1. Inicialización de las variables en cero y mensaje de bienvenida.

Esta etapa se divide en 2 partes:

La primera consiste en la configuración de los puertos digitales y analógicos, tal como se muestra en la **Figura 6**



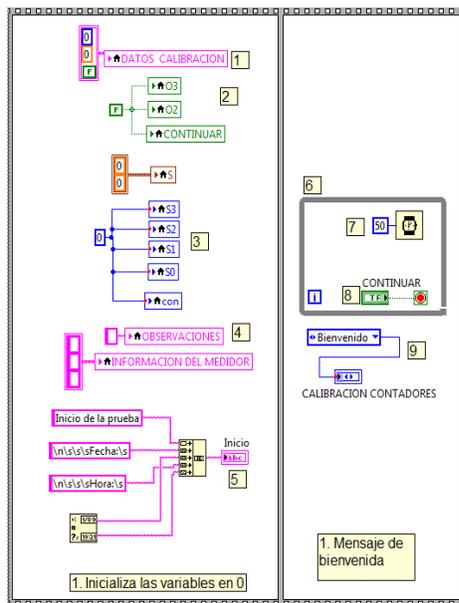
**Figura 6. Diagrama de bloques inicial, para configurar los puertos digitales y analógicos**

Esta etapa es importante, porque previene daños en los puertos de la tarjeta NI6009 especialmente en los puertos 0 y 1. La razón es que estos puertos digitales son configurables (como entradas o salidas) y si inicialmente no se conoce el estado de su configuración al aplicar una señal digital, al inicio del proceso, en un puerto configurado como salida, existe la posibilidad de colocar en corto la salida de la tarjeta NI6009.

En la **Figura 6** se aprecia la asignación del uso de los diferentes puertos:

1. Se prepara las entradas analógicas.
2. Se configura el puerto 0 como salida.
3. Se configura el puerto 1 como entrada

La segunda parte del programa consiste en inicializar las variables implicadas en el desarrollo de la programación en 0.



**Figura 7.**Diagrama de bloques para iniciar variables en cero y desplegar el mensaje de bienvenida



**Figura 8.** Panel frontal del mensaje de bienvenida.

En la **Figura 7** al lado izquierdo se aprecia el diagrama de bloques para iniciar las variables en cero ([1], [2], [3], [4]) esas variables pueden ser de tipo booleano, numérico, punto flotante, clúster o cadenas de caracteres. [5] se registra cuando inicia la prueba.

En la siguiente secuencia de la **Figura 7** se aprecia la programación del mensaje de bienvenida [6]. Conformado por el ciclo while mantiene al programa [7] (el reloj controla la duración de una iteración del ciclo) en esa secuencia hasta que la variable booleana CONTINUAR sea “true”; entonces el programa pasa a la Flat Sequence (2.Ingreso de Datos, véase **Figura 5**).

[8] Cambia la pestaña a *bienvenido* para que el usuario reciba la información inicial véase **Figura 8**.

### 1.2.2. Ingreso de datos

Esta sección es dividida en 2 etapas.

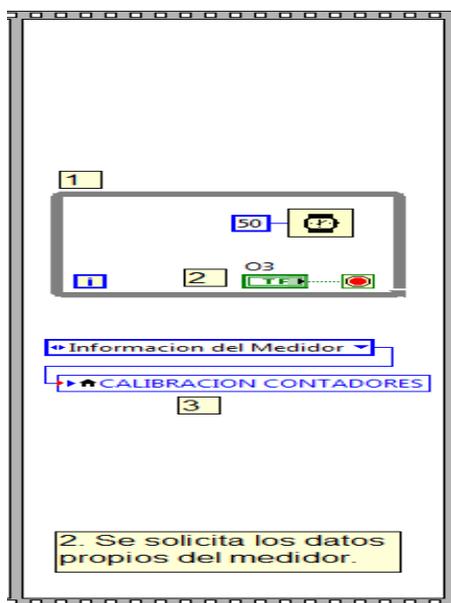


Figura 9. Diagrama de bloques de ingreso de datos propios del medidor.

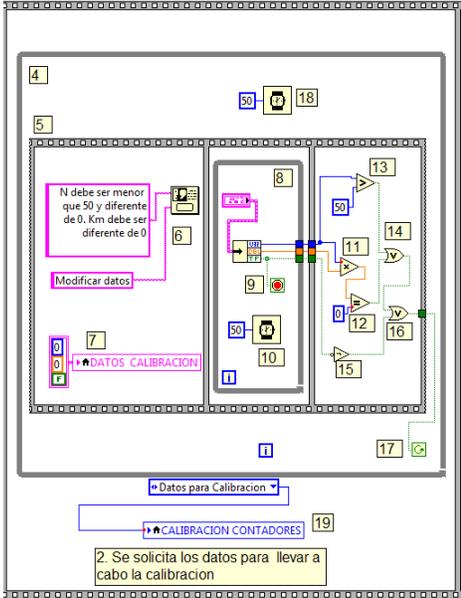


Figura 10. Interfaz del panel frontal para el ingreso de datos propios del medidor

La primera consiste en la solicitud de los datos propios del medidor a calibrar: marca del medidor, tipo, número de serie, y observaciones, véase **Figura 10** en los recuadros azules.

En la **Figura 9** se puede apreciar el diagrama de bloques que solicita los datos de calibración propios del medidor. Similar a la *flat sequence* derecha de la **Figura 7**. Se usa un ciclo while [1] que mantiene al programa dentro de esta *flat Sequence*, 2. Se solicita los datos propios del medidor, mientras que la variable O3 [2] tenga el valor de “true” , es decir hasta cuando el usuario pulse el botón cuya etiqueta dice continuar, véase **Figura 10**. [3] Cambia la pestaña a *Información del medidor* para que el usuario reciba la información inicial véase **Figura 9**

La segunda corresponde a datos necesarios para el desarrollo de la prueba; tales como: constante de energía del medidor km (kWh/rev) y el número de vueltas programadas para hacer la prueba véase **Figura 12**



**Figura 11.**Diagrama de bloques para solicitar datos referentes a la calibración



**Figura 12.**Panel frontal de solicitud de datos para calibración

A diferencia de la solicitud de datos anterior (información del medidor **véase Figura 9**) donde la ejecución del ciclo while dependía exclusivamente del valor de la variable booleana cuya etiqueta tenía por nombre continuar, en el diagrama de bloques de la **Figura 11** la ejecución del ciclo while [4] depende de tres condiciones: la variable O1 (contenida dentro del cluster DATOS DE CALIBRACION [7] al igual que las variables km y N (**véase Figura 11**) es “false” o la variable  $km=0$  o  $N=0$  o  $N>50$ . De esta forma se hace una validación de datos para evitar el ingreso de valores absurdos; por lo tanto el programa seguirá solicitando los datos hasta que el usuario digite valores válidos.

Dentro del ciclo while se encuentra la estructura *Flat Sequence Structure* quien ejecuta tres instrucciones de manera secuencial **véase Figura 11**

[6] Despliega un mensaje al usuario advirtiendo las restricciones existentes al ingresar los datos [6] e inicializa el cluster con los datos de calibración para evitar conflictos futuros en el desarrollo de la secuencia [7] **véase Figura 11**

1. En ésta etapa se ejecuta el ciclo while [8] hasta que el usuario cambie el estado de la variable booleana O1 quien en el panel frontal tiene la etiqueta de continuar ésta es la oportunidad para modificar los datos N y Km. **véase Figura 11**
2. Se realiza validación de los datos de la siguiente manera: se multiplica las variables km y N ( $km*N$ ) [11] verificando si alguna de las dos es cero ( $¿km*N==0?$ ) [12]. Paralelamente se compara si la variable ( $¿N>50?$ ) [13] y se hace una disyunción con la proposición ( $km*N==0$ ), es decir

$A = [(Km * N == 0) \vee (N > 50)]$  [14] véase **Figura 11** entonces teniendo en cuenta el valor booleana O1 para continuar se construye la siguiente tabla de verdad:

A	O1	S
F	F	T
F	T	F
T	F	T
T	T	T

**Tabla 2.** Tabla de verdad para la validación de datos. Sea  $A = [(Km * N == 0) \vee (N > 50)]$

En base a la tabla de verdad **Tabla 2** se deduce la siguiente ecuación booleana  $A \vee \sim O_1 = S$ . En esa ecuación se observa que hay que negar la variable O1 [15] y hacer una disyunción con A [16] véase **Figura 11**

La salida S controla la ejecución del ciclo while [4]. Si S es “false” el ciclo se detiene y continúa la siguiente Flat Sequence (3. Ajuste y visualización de las variables sensadas, véase **Figura 5**). En caso de ser verdadero, el ciclo sigue corriendo; debido a la condición impuesta por [17] . Repitiéndose los pasos 1,2 y 3 de la sentencia *Flat sequence structure*. Hasta que el usuario digite valores válidos.

Por otra parte [10] y [18] son los relojes que controlan el tiempo de iteración de los ciclos while.

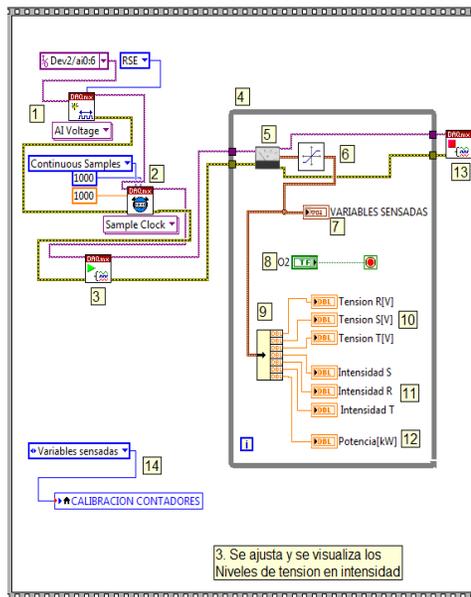
[19] Cambia la pestaña a *Datos para la calibracion* para que el usuario reciba la información inicial véase **Figura 11 b**

La descripción de las variables que conforman el cluster DATOS DE CALIBRACION [7] son:

- ✓ *Número de vueltas programadas(N)*: variable tipo entera (color azul). éstas son las vueltas que da el medidor de energía eléctrica a calibrar.
- ✓ *Constante del medidor (km)*: variable de tipo doble precisión (color naranja). Es la constante que indica cuantos kilovatios registra por cada revolución.
- ✓ *O1*= variable tipo booleano (color verde). Usada para salir del ciclo while que encierra la solicitud de los datos de calibración.

### **1.2.3. Ajuste y visualización de tensión, intensidad y potencia**

En esta sección del programa el usuario puede visualizar los valores de tensión (indicadores en el recuadro azul) e intensidad por fase (indicadores en el recuadro rojo) así como la potencia trifásica (indicador recuadro amarillo) medida; tal como se muestra en la **Figura 14**. Adicionalmente el usuario puede familiarizarse con las conexiones realizadas con el patrón de calibración en el proceso; ya que en la interfaz se especifican todas las señales que se obtienen del mismo.



**Figura 13. Diagrama de bloques para ajustar y visualizar potencia, tensión en intensidad.**



**Figura 14. Panel de frontal para visualización de tensiones, intensidades y potencia**

Con respecto al diagrama de bloques de ésta sección, **véase Figura 13**, el ciclo while[4] mantiene al programa en la *flat sequence*, “3. Se ajusta y visualiza los niveles de tensión en intensidad”, hasta que la variable O2[8] obtenga el valor de “true”, es decir hasta cuando el usuario pulse el botón cuya etiqueta dice continuar , **véase Figura 14**.

Mientras el ciclo while [4] siga activo la rutina comienza por preparar el sensado de los voltajes en las entradas analógicas de la tarjeta e adquisición de datos, a través de *DAQmx Create Virtual Channel* [1] quien configura los canales usados (AI0-AI6) asignando la tarea de adquirir voltaje y también configura la forma como se sensan éstos voltajes (referenciado a modo común, referenciado en modo diferencial, entre otras). A éste le sigue *DAQmx Timing* [2] que configura el número de muestras para

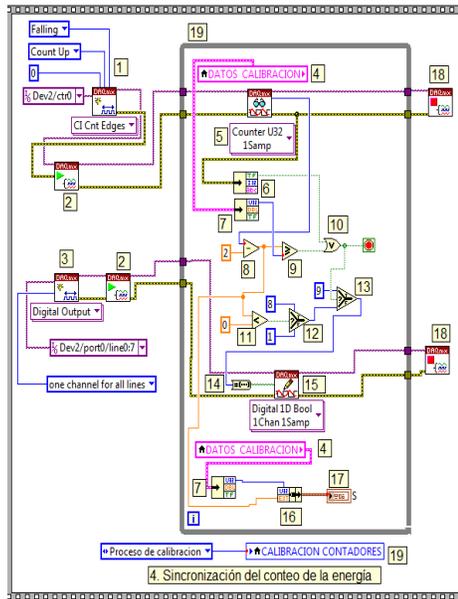
adquirir (1000) por canal. Siguiendo con *DAQmx Start Task*, [3] quien comienza la tarea especificada anteriormente (adquirir voltaje). [13] *DAQmx Stop task* detiene la tarea iniciada por [3] cuando termina el ciclo y retorna al estado anterior antes de que [3] se ejecutara.

Dentro del ciclo *while*[4] se puede apreciar a el SubVi *Ten\_Iten\_Poten* [5], expuesto en la **sección 1.1.1**, quien adquiere las señales de voltaje de los sensores de tensión, intensidad y potencia. Luego esas señales entran al SubVi *Escala* [6], expuesto en la **sección 1.1.2**, quien interpreta las señales del voltaje para que puedan ser visualizadas de acuerdo a su escala respectiva. Estas señales se guardan en el cluster indicador VARIABLES SENSADAS [7] . Con *unbundle function* [9] se separa el cluster en elementos individuales y a cada elemento individual se le asigna un indicador respectivo: [10] tensión, [11] intensidad y [12] potencia. Esos indicadores se pueden apreciar en el panel frontal **véase Figura 14**.

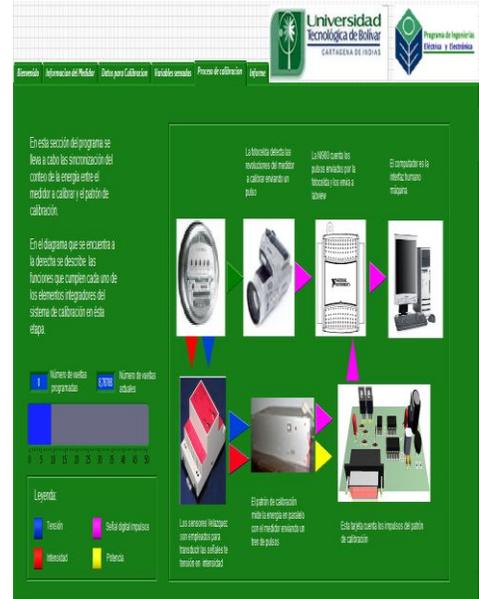
[12] Cambia la pestaña a *Variables sensadas* para que el usuario reciba la información inicial **véase Figura 13**

#### **1.2.4. Medición y comparación de la energía medida.**

Dentro de esta subrutina, *4. Sincronización de conteo de energía*, se sincroniza el medidor a calibrar con el patrón de calibración para que ambos comiencen y terminen a medir la energía al mismo tiempo.



**Figura 15. Diagrama de bloques para sincronizar el conteo de energía**



**Figura 16. Panel frontal para visualizar el control de la medición de la energía.**

El control de las iteraciones del ciclo while [19] dependen de 2 condiciones fundamentales: primero si existe un error dentro de la compilación del conteo del número de impulsos o el número de vueltas contadas sea igual al número de vueltas programadas. El proceso se detalla a continuación:

***Recuerde: las variables para la calibración usadas en el proceso son las ingresadas en la sección 1.2.2***

Primero se prepara el conteo de los flancos de baja de la señal digital aplicada en el contador de eventos PFI0 de la NI6009 (señal de la fotocélula SCH-20 quien sensa las revoluciones disco del medidor) a través de *DAQmx Create Channel (CI-Count Edges)* [1], adicionalmente éste SubVi configura que el conteo sea ascendente y comience inicialmente en cero. Paralelamente

se prepara la escritura de una palabra digital en el puerto 0 (P0.0-P0.7), de la NI6009, quien controla las tareas del PIC16f628A y la habilitación del conteo de impulsos del patrón a través de *DAQmx Create Channel (DO-Digital Output)*[3]. Simultáneamente se comienza la ejecución de las tareas programadas por los SubVi [1] y [3] a través de los SubVis *DAQmx Start Task* [2] respectivos. Mientras que los SubVi [18] detiene la tarea iniciada por [2] cuando termina el ciclo y retorna al estado anterior antes de que [2] se ejecutara.

Dentro del ciclo while [19] se leen los impulsos aplicados al contador de eventos (PF10) de la NI6009 con el SubVi *DAQmx Read*[5]. Al mismo tiempo se escribe una palabra digital en el puerto 0 de la NI6009 con el SubVi *DAQmx Write*[15].

Al iniciar la subrutina el número de vueltas registradas por el contador del eventos de la NI6009 es 0 (No.vuelta=0). En la programación a No.vuelta se le substraen 2 [8] ese resultado se compara con 0 [11] ( $(\text{No.vuelta}-2 < 0) ? = \text{"true"}$ ), por tanto la salida es verdadera lo que implica que el *Select* [12] deja pasar al número 8. Simultáneamente (No.vuelta-2) se compara con número del vueltas programadas N ( $(\text{No.vuelta}-2) \geq N ? = \text{"false"}$ ) ,este dato se obtiene del cluster DATOS CALIBRACION con ayuda de *unbundle* [7], lo cual es falso y con esta proposición se hace una disyunción[10] con la variable booleana que indica el error de compilación en la lectura del conteo de impulsos a través de *unbundle* [6]; si no existe errores esta variable es "false" por lo tanto el resultado de la disyunción[10] es "false", el ciclo while[19] no se detiene. Este resultado va a *Select* [13] por lo que deja pasar al número seleccionado por *select*[12], es decir 8. El

número 8 es convertido en un arreglo booleano (00001000) a través de *Number To Boolean Array* [14] y con ayuda de *DAQmx Write(Digital 1D Bool Chan. 1Samp)* [15] se escribe este dato en el puerto 0, P0.0-P0.3 de la NI6009(al realizar ésta acción implica inicializar el PIC16f628A en 0 y deshabilitar el paso de la señal del patrón al contador realizado con el PIC16f628A).

Cuando el No.vueltas =1 la situación no cambia, y se vuelven a repetir todas las instrucciones explicadas en el anterior párrafo.

En el instante en que No.vueltas=2 ocurre un cambio en el desarrollo del proceso. Primero cuando (No.vueltas-2) se compara con 0 [11] ( $(\text{No.vueltas}-2) < 0 ? = \text{"false"}$ ) el resultado es falso, por lo que *Select* [12] deja pasar al número 1. La salida de la disyunción [10] no tiene un cambio puesto que la comparación realizada en [9] sigue siendo falsa. Eso conlleva a que *Select* [13] siga seleccionando el número seleccionado por *Select* [12], en este caso es 1. El número 1 es convertido a un arreglo booleano (00000001) por [14] y se escribe con ayuda de [15] en el puerto 0, P0.0-P0.7 (esta acción implica que se habilite la señal del patrón al contador de impulsos del PIC16f628A, y que el mismo exporte la palabra de menor peso del conteo en hexadecimal en el puerto A, por lo tanto a partir de este instante el patrón e calibración y el medidor comienzan a medir la energía al mismo tiempo).

Finalmente en el instante en que el  $(\text{No.vueltas}-2) \geq N$  el proceso finaliza. Primero cuando (No.vueltas-2) se compara con N [9] ( $(\text{No.vueltas}-2) \geq N ? = \text{"true"}$ ) resulta verdadero y al realizar la disyunción con la variable booleana del error [10] el resultado es verdadero por lo cual el ciclo while se detiene; y al mismo tiempo

provoca que *Select* [12] seleccione el número 9; quien luego de convertirlo a booleano(00001001) con [14] se escribe en el puerto 0 con ayuda de [15] (con esta instrucción se deshabilita la señal del patrón al contador del impulsos del PIC16f628A y además se exporta en la terminal del puerto A la palabra de menor peso del conteo en hexadecimal)

*Unbundle*[16] permite integrar en un cluster indicador, el registro de las No.vueltas y las vueltas programadas, para apreciar el panel frontal **Figura 16**. De esa forma se puede ver el progreso de las vueltas sensadas y compararlas con las vueltas que restan para terminar el proceso.

[19] Cambia la pestaña a *Proceso de calibración* para que el usuario reciba la información inicial **véase Figura 15**

La interfaz visualizada en la **Figura 16** adicionalmente muestra un esquema al usuario de las diferentes relaciones de las señales implicadas durante el desarrollo de este proceso con el fin de familiarizarlo con el mismo.

#### **1.2.5. Adquisición de impulsos contados por el PIC y cálculo de error**

En esta etapa es necesario adquirir el número de impulsos contados por el PIC16F628A. Por tal razón se necesita una programación que lleve a cabo lo plasmado en la sección 5.1 a 5.6 del diagrama de flujo expuesto en la **Figura 4**.

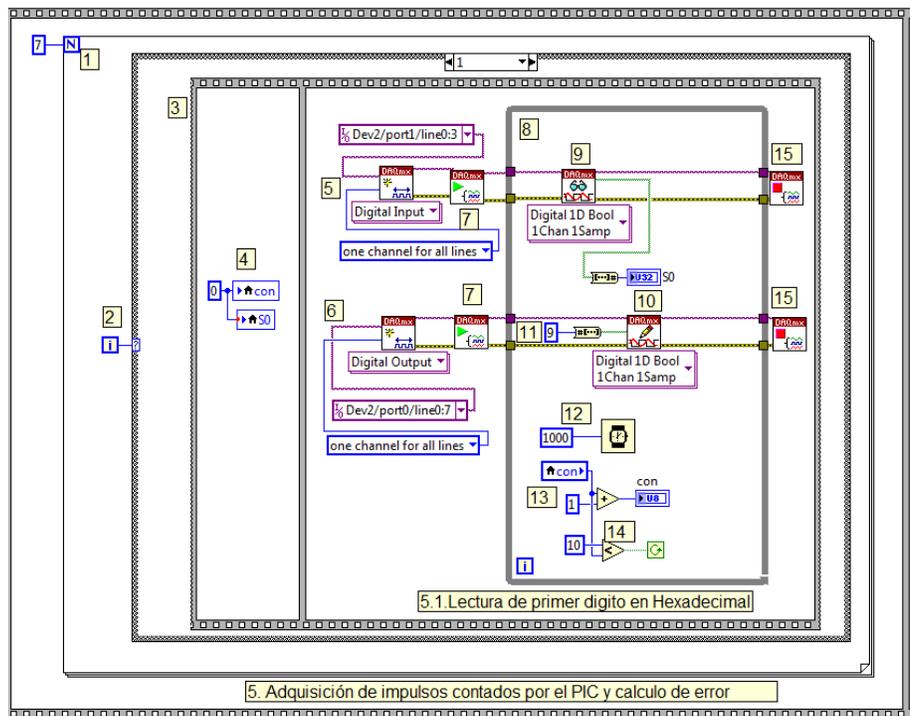


Figura 17. Diagrama de bloques para adquirir el primer dígito en hexadecimal "R".

Como en el proceso de adquisición de datos se debe repetir 6 veces el mismo conjunto de tareas, se optó por usar como control general en esta etapa un ciclo for [1], en donde por cada iteración debe adquirirse un dígito determinado.

N	Se adquiere	N	Se adquiere	N	Se adquiere
1	R	3	P	5	N
2	Q	4	O	6	M

Tabla 3. Uso del ciclo for para adquirir los dígitos

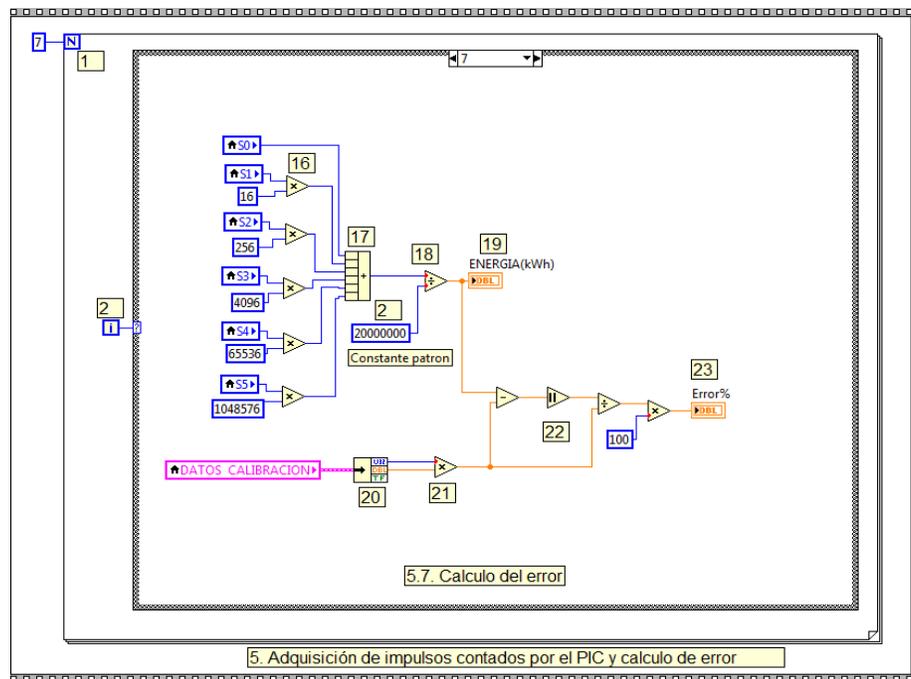
Ese conjunto de instrucciones resumidas en la **Tabla 3**, es implementada mediante la estructura *Case Structure*[2] quien ejecuta una instrucción diferente de acuerdo a la variable de control, en este caso esa variable de control es N del ciclo for.

En la **Figura 17** se aprecia la adquisición del primer dígito (R) en Hexadecimal. Se usa *flat Sequence* [3] para dividir el subproceso de cada caso en 2 partes: la primera consiste en borrar la variable *con* (usada para controlar la duración del ciclo while[8]) y la variable S0 (quien guardará la información del primer dígito en hexadecimal, S1 sería para el segundo y así sucesivamente hasta llegar al sexto:S5), esto se hace con el fin de evitar errores en la ejecución del ciclo while [8] . La segunda consiste la adquisición de dígito como tal; por lo tanto primero se prepara la lectura de una palabra digital en el puerto P1 (P1.0:P1.3) con ayuda de *DAQmx Create Channel (DO-Digital Input)* [5] y simultáneamente se prepara la escritura de una palabra digital en el puerto 0 (P0.0:P0.7) usando el SubVi *DAQmx Create Channel (DO-Digital Output)* [6]. Luego las tareas programadas por los SubVi [5] y [6] son puestas en marcha con ayuda de los SubVis *DAQmx Start Task* [7] respectivos.

Dentro del ciclo while [8] en la primera iteración (cada una tiene una duración de 1000ms gracias a [12]) la variable *con* es incrementada en una unidad [13] ( $con=1$ ) y comparada con 10 ( $(10 > con) ? = "true"$ ) lo cual es verdadero por lo que el ciclo for sigue repitiéndose. Durante este tiempo se convierte el número 9 en una palabra booleana [11] (00001001) se escribe en el puerto 0 (P0.0:P0.7) con ayuda de *DAQmx Write* [10], con esta instrucción se le está solicitando al PIC16F628A que exporte el primer dígito en sus terminales (RA0-RA3) y también se está deshabilitando la señal del patrón de calibración al PIC. Simultáneamente se está leyendo el estado del puerto 1 (P1.0:P1.3), con ayuda de *DAQmx Read* [9], quien está

conectado con las terminales (RA0-RA3) del PIC; y consecutivamente se guarda en la variable S0, es decir S0=R.

Luego de repetirse el proceso con los diferentes dígitos , hasta N=6 (en estos momentos se han guardado en las variables S0,S1,S2,S3,S4,S5 los dígitos en hexadecimal R,Q,P,O,N,M respectivamente) se procede en la siguiente iteración del ciclo for[1], donde se interpretara los datos adquiridos del PIC16F628A.



**Figura 18. Diagrama de bloques para el cálculo del error en la medición de la energía**

En el caso para N=7 se comienza por convertir cada dígito hexadecimal en base decimal, multiplicándolo [16] por su factor respectivo. Consecuentemente se suman [17] para obtener el resultado final de los impulsos sensados por el patrón de calibración; estos impulsos se dividen [18] por la constante de calibración del patrón ( $2 \times 10^7 \text{ imp/kWh}$ ) [2] obteniéndose la energía sensada por el patrón que se guarda en la variable

ENERGIA (kWh) [19]. Paralelamente a este proceso, se lee el número de las vueltas programadas por el usuario ( $N=rev$ ) y la constante de energía del medidor a calibrar ( $km=kWh/rev$ ) [20], luego se multiplican para obtener la energía que teóricamente debió sentir el mismo. Posteriormente, con los 2 datos obtenidos de energía se calcula el error de la siguiente manera:

$$error(\%) = \frac{|ENERGIA_{Patron} - ENERGIA_{Medidor}|}{ENERGIA_{Medidor}} \times 100$$

La información del error es guardada en la variable Error% [23].

### 1.2.6. Generación de informe en Excel

Esta es la parte final del programa. Aquí se recolecta toda la información pertinente para realizar el informe de calibración quien es generado con ayuda del SubVi [9] descrito en la **sección 1.1.3**.

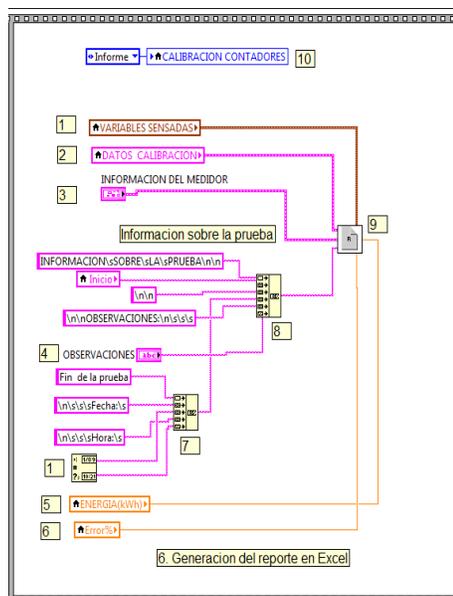


Figura 19. Diagrama de bloques para la generación del reporte en Excel



Figura 20. Panel frontal visualizada durante la generación del reporte en Excel

Los siguientes Clústers contiene información relacionada con:

[1] los datos de las tensiones e intensidades en cada una de las fases así como la potencia trifásica.

[2] Las vueltas programadas como la constante de energía del medidor.

[3] La información del medidor.

[4] Observaciones relacionadas con el medidor

[5] y [6] son los datos más importantes puesto que son la energía medida por el patrón durante el proceso y la desviación del medidor.

[7] Es la concatenación de los encabezados de un texto publicado relacionado tiempo en que la prueba se ha realizado.

[8] Concatena la información sobre el tiempo de la prueba, con otra información adicional como OBSERVACIONES [4].

[10] Cambia la pestaña a *Informe* para que el usuario reciba la información inicial **véase Figura 19**.

En la se puede apreciar la interfaz que el usuario puede visualizar mientras que el reporte en Excel es Generado. En esta interfaz se puede apreciar los datos más importantes: el error y la energía medida.

C	D	E	F	G	H	I	J
<b>INFORME DE CALIBRACION</b>							
<b>INFORMACION DEL MEDIDOR</b> Marca: Tipo: Numero de serie: Constante del medidor(kWh/rev): 0,00				<b>INFORMACION SOBRE EL PATRON DE CALIBRACION</b> Marca: ZERA KONIGSWINTER Clase:0.2 Tipo: Trifásico ,3x120V/3x5A FP=1 Serie: EPZ-301-51 Constantes de Energia:[imp/kWh]: 5, 4e6, 2e7, 18e7 Constante utilizada[imp/kWh]: 2e7 Nota: Patrón de Energia activa			
<b>VARIABLES SENSADAS</b>							
	Tension(V)	Intensidad(A)					
Fase R	0,000	0,000					
Fase S	0,000	0,000					
Fase T	0,000	0,000					
Potencia(kW)	0,00						
Energia(kWh)	0,00						
<b>ERROR DE CALIBRACION EN INCERTIDUMBRE DE MEDIDAS</b> Error energia: 0,00% Incertidumbre de medidas: Tension: 1.21V Intensidad: 0.504A Potencia: 2.14W Energia: 50nWh							

Figura 21. Modelo de generación del reporte de calibración en Excel

En la **Figura 21** se pueda apreciar la forma en cómo se genera el reporte en Excel sobre la calibración del medidor.

## 2. PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO LA CALIBRACION

### 2.1. PREPARACIONES PREVIAS

1. Conecte el módulo de sensores trifásicos de tensión e intensidad, **véase Figura 24** con la tarjeta de recolección de señales **véase Figura 23**, con ayuda del cable DB9 (macho-hembra).
2. Conecte la tarjeta NI6009 al computador por el puerto USB.
3. Abra el programa, *programa madre 1.2*, y ejecútelo. Y luego deténgalo.<sup>1</sup>
4. Alimente el módulo de sensores trifásico de tensión e intensidad, **véase Figura 24**, con una fuente de DC 12 V 1A. Y conecte el módulo de impulsos con ayuda de su cable de alimentación **véase Figura 23**, a 120V Rms.
5. Conecte el medidor de trifásico a la carga (para la carga puede usar un banco de bombillas conectadas en Y con un consumo no máximo a 200W para efectos de prueba)
6. Conecte en paralelo a la carga el patrón de calibración, **Figura 25**, Al hacer esto tenga cuidado con la forma en que conecta las tensiones al patrón, mire el **Anexo 3**
7. Conecte la fuente regulada trifásica al sistema, sensores, medidor **véase Figura 24**.
8. Varíe la tensión en la fuente regulada trifásica y verifique que el disco del medidor a calibrar esté girando.
9. Ubique el lente de la fotocélula SCH-20 Schlumberger **véase Figura 26** frente con frente al disco de medidor a calibrar.
10. Verifique si el voltaje a la salida del sensor de la fotocelda es cero cuando la ranura oscura del medidor a calibrar pasa cerca del lente.

---

<sup>1</sup> Este procedimiento se realiza cuando se va a hacer el proceso de calibración por primera vez. Evita principalmente que ocurra un corto en las entradas digitales de la tarjeta NI6009

11. Luego de verificar que la fotocélula funciona correctamente (mire la sección: *procedimiento para la utilización del detector de ranura del ANEXO 4*), disminuya la tensión aplicada con la fuente regulada trifásica.<sup>2</sup>

## 2.2. PASOS PARA CALIBRAR UN MEDIDOR TRIFASICO DE ENERGIA ELECTRICA.

1. Se abre la aplicación *programa madre 1.1* y ejecute el programa.
2. Siga las instrucciones que el programa le indique en la pestaña que esté ubicado (la pestaña inicial es un mensaje de bienvenida **véase Figura 8**). Las pestañas iniciales son de ingreso de datos. Presione el botón continuar para cambiar de pestaña.
3. Luego de haber ingresado los datos respectivos del medidor a calibrar (**véase Figura 10**), y los datos correspondientes a la calibración (**véase Figura 12**) se procede a visualizar las variables de tensión e intensidad por fase y potencia trifásica (**véase Figura 14**).
4. Ajuste las variables de tensión e intensidad hasta obtener los parámetros requeridos para realizar la prueba. Presione botón continuar cuando haya terminado.
5. Después de esto, el proceso de calibración comienza. Espere hasta que el número de vueltas programadas sean completadas. En esta pestaña puede ver un indicador en la parte inferior donde se visualiza el progreso de la operación. (**véase Figura 16**).
6. Culminado el proceso, espere a que el programa genere el informe en Excel.

---

<sup>2</sup> Nota: verifique todas las conexiones, observe el ANEXO 5

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1. CONCLUSIONES**

##### **3.1.1. Sistema de calibración implementado**

- ✓ El proceso de automatización en la adquisición de los datos realizado en Labview, permitió no solo la modernización en la forma de cómo se calibra un medidor de energía activa trifásico, sino la reducción de la incertidumbre total en el sistema, al eliminar el posible error grueso que comete el operario al hacer los cálculos previos y consignar los valores medidos tales como: tensión, intensidad, potencia, energía y el error.

##### **3.1.2. Generales**

- ✓ Ha sido satisfactoria la experiencia de re potencializar un equipo que tiene una relativa antigüedad (1970), en un sistema moderno con baja incertidumbre, debido a la resolución que ofrece la constante de energía de patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51. Puesto que la incertidumbre de la energía depende directamente de la incertidumbre propia del patrón puesto que la medida de energía es interpretada por el conteo de impulsos lo que eliminar el error por sensado.

## 3.2. RECOMENDACIONES

### 3.2.1. Sistema de calibración Implementado

- ✓ Es necesario incluir dentro del sistema de calibración una fuente regulada trifásica; que permita mantener un flujo de potencia constante con una mínima variación. Además de eliminar los armónicos presentes en la red eléctrica que obviamente inducen error en la medición de la potencia activa.
- ✓ Es necesario tener una mesa de calibración con un juego de TC y TP conectados al patrón, realizando la medida de energía indirectamente, con el objetivo de poder calibrar no solo a un rango de tensión de 120V y 5A por fase; sino a otros rangos de tensión e intensidad.
- ✓ Incluir un bastidor con una etapa de precalentamiento para los medidores antes de realizar el proceso de calibración.
- ✓ Automatizar el ajuste de las variables tensión e intensidad en el proceso.
- ✓ Permitir al usuario enviarle el informe por internet a su correo electrónico.
- ✓ Modificar el sistema de calibración de tal forma que se pueda hacer calibración de medidores de energía reactiva trifásicos.

### **3.2.2. Patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51**

- ✓ Es imperativo realizar la calibración del mismo en un laboratorio certificado y para obtener la trazabilidad que pueda servir como fundamento base en los informes de calibración.
- ✓ Es conveniente implementar un filtro EMI para evitar interferencias electromagnéticas que incidan en la medición.

### **3.2.3. Fococelda Schlumberger SCH 20**

- ✓ Es fundamental cambiar la fotocelda puesto que la que se usó para el proceso, presenta un defecto en el foto receptor, lo cual es compensado al iluminar la zona de sensado del mismo.

### **3.2.4. Tarjeta de sensado de tensión, intensidad y contador de impulsos.**

- ✓ Para los sensores trifásicos de tensión e intensidad, sería ideal usar un sensor trifásico y no hacer uno de estos a partir de tres sensores monofásicos; debido a que se trata con una incertidumbre y no con tres. Además de simplificar el esquema del sensado trifásico de tensión e intensidad.
- ✓ Con respecto al contador de impulsos sería recomendable optimizarlo para que este pueda sensar los impulsos de la salida de  $180'000'000\text{imp/kwh}$  (no como la actualmente empleada  $20'000'000\text{imp/kwh}$  ) ya que ello implica una reducción de la incertidumbre en la medición de energía en un factor de 9.

## 4. REFERENCIAS

### 4.1. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

#### 4.1.1. Tesis: sistema de calibración de medidores y metrología eléctrica.

- ✓ IMPLEMENTACION Y RECUPERACION DE UN BANCO LANDIS & GYR MODELO ETALOGYR 6001, CLASE EXACTITUD 2 Y 3 PARA CALIBRACIÓN DE ENERGIA ACTIVA Y REACTIVA, ELABORADO EN LA EMPRESA ELECTRICARIBE S.A. E.S.P. Autores: Guillermo Vaca Alvarado y Gustavo Adolfo Chica Geliz. Cartagena de indias D.T.C 2005
- ✓ MODERNIZACION DEL LABORATORIO DE METROLOGIA ELECTRICA. E. Gutiérrez, R.M. Vázquez, Villaverde, M.A. Torres.(<http://omega2.inin.mx/publicaciones/documentospdf/MODERNIZACION.pdf>)
- ✓ SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA MONITOREO DE AGUAS. ANÍBAL ADÁN CAMPOS LÓPEZ Y ROBERTO BARRUETA RAMÍREZ (<http://148.206.53.231/UAMI14315.PDF>)
- ✓ SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS DE SENSORES ANALOGICOS Y DIGITALES. RAMIREZ NEYRA FERNANDO GABINO.(<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/6296/1/SISTEMADQUISICION.pdf> )

#### 4.1.2. Libros: sistemas de calibración de medidores y metrología eléctrica

- ✓ G.M.S. de Silva. Basic Metrology for ISO9000 Certification
- ✓ Ignacio Lira .Evaluating the Measurement Uncertainty
- ✓ Semyon G. Rabinovich Springer 2005.Measurement Error and Uncertainties.

- ✓ Ing. Rafael Granobles. Material de estudio asignatura Mediciones Eléctricas. Universidad Tecnológica de Bolívar.
- ✓ Adrian E. Ronconi. Catedra de Instrumentos y Mediciones. Ingeniería en Automatización y Control Industrial. Universidad Nacional de Quilmes.
- ✓ FUNDAMENTOS DE METROLOGIA ELECTRICA, TOMO III POTENCIA Y ENERGIA. Autor: ING. ANDRES M. KARCZ. EDICIONES TECNICAS MARCOMBO S.A. 1977. CAPITULO VI

#### **4.1.3. Libros: fundamentos básicos de circuitos.**

- ✓ CIRCUITOS ELECTRICOS, 7ª Edición. Autores: JAMES W. NILSSON, SUSAN A. RIEDEL. . PEARSON Prentice Hall. Madrid 2005.
- ✓ CIRCUITOS MICROELECTRONICOS, ANALISIS Y DISEÑO. Autor: MUHAMMAD H. RASHID. International Thomson Editores México 1999.

## **4.2. REFERENCIAS CIBERGRAFICAS**

### **4.2.1. Errores e incertidumbre**

- ✓ [http://www3.euitt.upm.es/departamentos/fisica/asignaturas/fisica\\_exp/Medidayerror.pdf](http://www3.euitt.upm.es/departamentos/fisica/asignaturas/fisica_exp/Medidayerror.pdf)
- ✓ [http://www3.euitt.upm.es/departamentos/fisica/asignaturas/fisica\\_exp/Errores.pdf](http://www3.euitt.upm.es/departamentos/fisica/asignaturas/fisica_exp/Errores.pdf)
- ✓ <http://docencia.izt.uam.mx/dav/MetodoExperII/contenido/Cifras%20significativas%20de%20las%20medidas.pdf>
- ✓ <http://insertidumbre-reg-lin.blogspot.com/>
- ✓ [http://www.unalmed.edu.co/fisica/paginas/cursos/paginas\\_cursos/recursos\\_web/lecciones\\_fisica\\_universitaria/leccion\\_teoría\\_de\\_la\\_medida/concepto/index42.htm](http://www.unalmed.edu.co/fisica/paginas/cursos/paginas_cursos/recursos_web/lecciones_fisica_universitaria/leccion_teoría_de_la_medida/concepto/index42.htm)

- ✓ [http://www.fis.unitru.edu.pe/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=8&Itemid=49](http://www.fis.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=8&Itemid=49)
- ✓ <http://laboratorios.fi.uba.ar/lem/>
- ✓ <http://www.scribd.com/doc/6307004/Guia-de-trabajo-practico-de-laboratorio-ELEMENTOS-DE-INSTRUMENTOS-Y-MEDICIONES>
- ✓ <http://epim2005.fing.edu.uy/trabajos/p20.pdf>

#### **4.2.2. Labview e instrumentación virtual**

- ✓ [http://www2.ubu.es/ingelec/tecelec/inaki/Instelec/docsinstrum/Practicas/Manual\\_Usuario\\_Tarjetas\\_DAQ\\_v3-1PW.pdf](http://www2.ubu.es/ingelec/tecelec/inaki/Instelec/docsinstrum/Practicas/Manual_Usuario_Tarjetas_DAQ_v3-1PW.pdf)
- ✓ <http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Labview/Manuales/Usos%20De%20Estructuras%20En%20Labview.pdf>
- ✓ <http://cnx.org/content/m18065/latest/>

#### **4.2.3. Adquisición de datos**

- ✓ Alvarez Martinez Renzo Alejandro. Instrumentación Virtual 1. INSTITUTO TECNOLOGICO DE SAN LUIS POTOSI.
- ✓ <http://www.scribd.com/doc/13720104/adquisicion-de-datos>
- ✓ <http://www.docstoc.com/docs/3172437/Sistema-de-adquisici%C3%B3n-de-datos-por-tarjeta-de-sonido-La>

#### **4.2.4. Manuales**

- ✓ User Guide and Specifications NI USB-6008/6009
- ✓ Transductor de tensión 4-20mA VELASQUEZ- TV420
- ✓ Transductor de corriente 4-20mA VELASQUEZ -TV420
- ✓ Datasheet PIC16F628A
- ✓ USB-4711A, User Guide.

#### **4.2.5. Caracterización de transformadores.**

- ✓ [www.ate.uniovi.es/alberto/PARASITOS.pdf](http://www.ate.uniovi.es/alberto/PARASITOS.pdf)
- ✓ [catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/.../capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/.../capitulo5.pdf)

# ANEXOS

## ANEXO 1.PROGRAMA DEL PIC16F628A

El siguiente programa fue desarrollado sobre la plataforma CCS:

```
#include <16f628a.h>
#fuses XT, NOWDT, PUT
#use delay(clock=4000000)
#use standard_io(A)
#use fast_io(B)
int a=0;
int b=0;
int c=0;
int d=0;
int e=0;
int f=0;

#int_ext
void ext_isr()
{
  a++;
  if(a==15)
  {
    a=0;
    b++;
    if(b==15)
    {
      b=0;
      c++;
      if(c==15)
      {
        c=0;
        d++;
        if(d==15)
        {
          d=0;
          e++;
          if(e==15)
          {
            e=0;
            f++;
            if(f==15)
            {
              f=0;
            }
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
    }
    }
}
void main()
{
set_tris_a(0b00000000);
set_tris_b(0b00001111);
do
{
port_b_pullups(true);
enable_interrupts(int_ext);
ext_int_edge(L_To_H);
enable_interrupts(global);
if(!input(PIN_B1)&& !input(PIN_B2)&&!input(PIN_B3))
{
a=0;b=0;c=0;d=0;e=0;f=0;
output_A(a);
}
if(input(PIN_B1)&& !input(PIN_B2)&&input(PIN_B3))
{
output_A(a);
}
if(!input(PIN_B1)&& input(PIN_B2)&&!input(PIN_B3))
{
output_A(b);
}
if(input(PIN_B1)&& input(PIN_B2)&&!input(PIN_B3))
{
output_A(c);
}
if(!input(PIN_B1)&& !input(PIN_B2)&&input(PIN_B3))
{
output_A(d);
}
if(input(PIN_B1)&& !input(PIN_B2)&&input(PIN_B3))
{
output_A(e);
}
if(!input(PIN_B1)&& input(PIN_B2)&&input(PIN_B3))
{
output_A(f);
}
}while(true);}

```

## ANEXO 2. MODULO CONTADOR DE IMPULSOS, ALIMENTACIÓN DE FOTOCELDA Y RECOLECCIÓN DE SEÑALES

En la **Figura 22** se puede apreciar las conexiones de la tarjeta principal y los demás elementos conformadores del sistema de calibración, como: la fotocelda, la tarjeta de adquisición de datos NI6009, el módulo de sensores trifásicos de tensión en intensidad, la señal de impulsos y el voltaje DC para medición de potencia provenientes de patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51 y finalmente la alimentación por medio de transformador 12V rms.

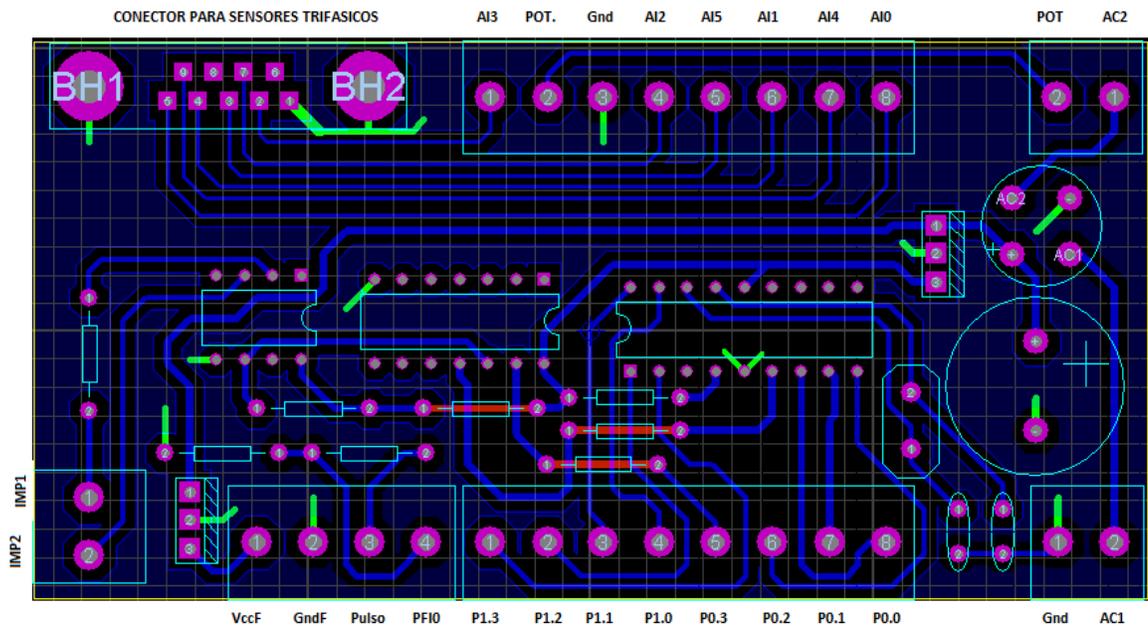


Figura 22. Conexiones de la tarjeta principal

En la **Figura 23** está la implementación física de la tarjeta principal. El diseño de la cubierta protectora se realizó en Solid Edge V19

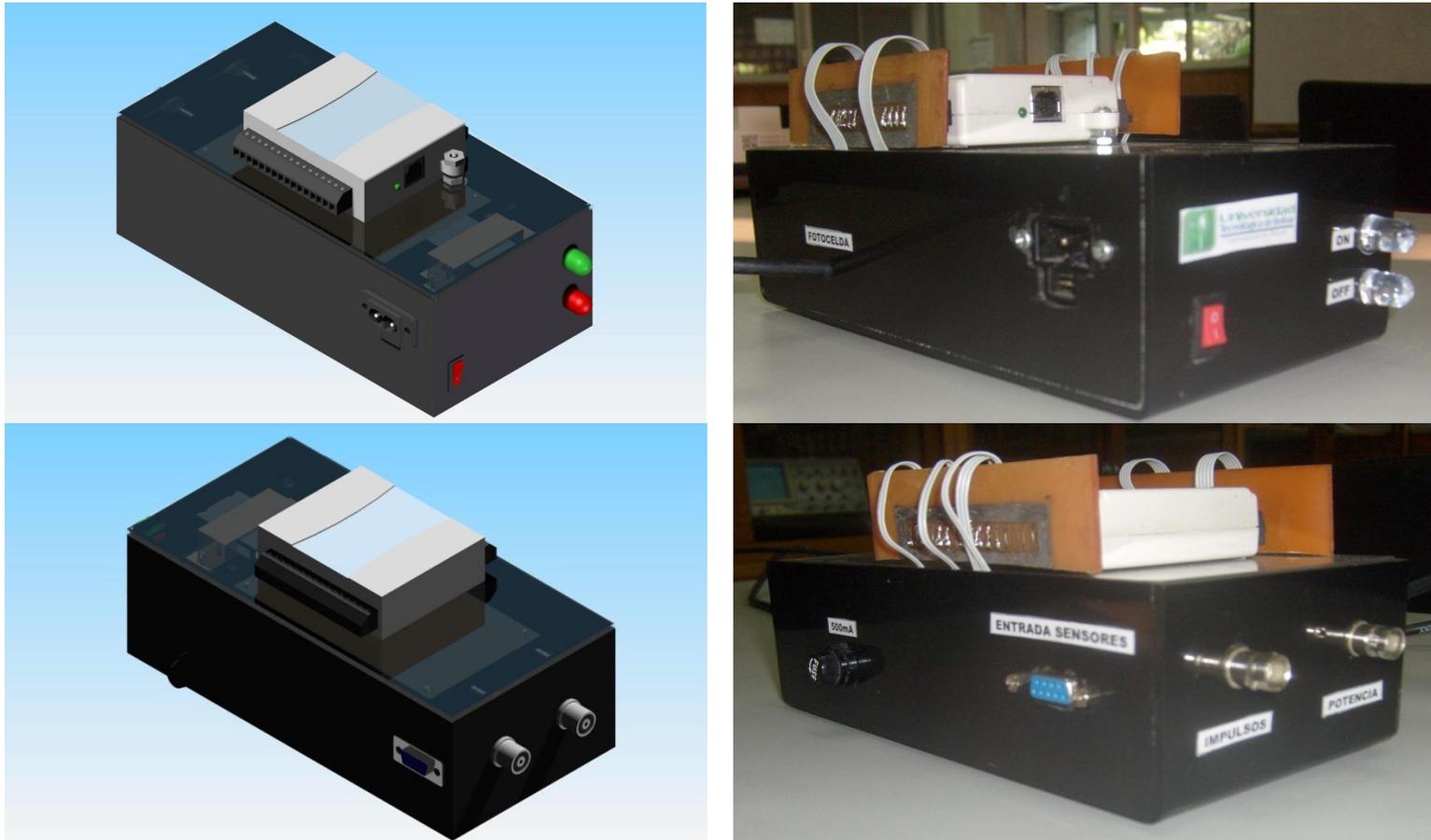


Figura 23. Diseño en Solid Edge Vs implementación real



Figura 24. Arriba: Sensor de voltaje e intensidad VELASQUEZ. Abajo: Montaje del módulo del sensor trifásico y recolector de las diferentes señales sensadas.

### Anexo 3.PATRÓN DE CALIBRACIÓN, ZERA KONIGSWINTER EPZ-301-51

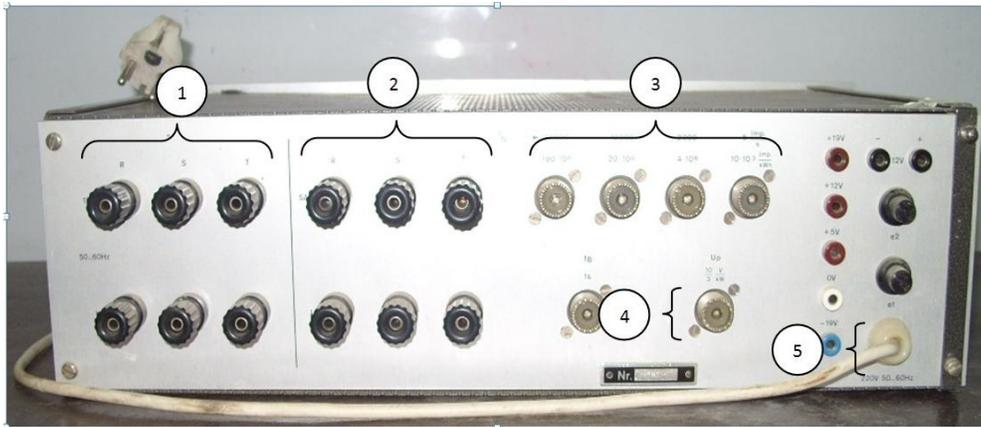


Figura 25. Patrón de calibración Zera Konigswinter EPZ-301-51 vista frontal

Las diferentes partes que juegan un papel importante para la implementación del sistema, son mostradas en la **Figura 25**:

- 1) Es la entrada de tensión trifásica, 120V, 50-60 Hz. Este bloque, tiene dos terminales para cada una de las fases R, S y T.
- 2) Es la entrada de intensidad trifásica para cada una de las fases, R, S y T. La máxima intensidad permitida son 5 A
- 3) Señales con diferentes constantes de medición para la energía en imp. /kWh. La señal que se obtiene en cada una de las salidas es un tren de pulsos con amplitud constante de 10 V, y frecuencia variable que depende proporcionalmente de la potencia suministrada. Para medir la energía se cuenta el número de impulsos del patrón por un determinado tiempo. Y de acuerdo con la salida escogida para hacer la medición se interpreta este número de impulsos como una cantidad determinada de energía. En la **Tabla 4** se especifica las diferentes constantes de medición del patrón.

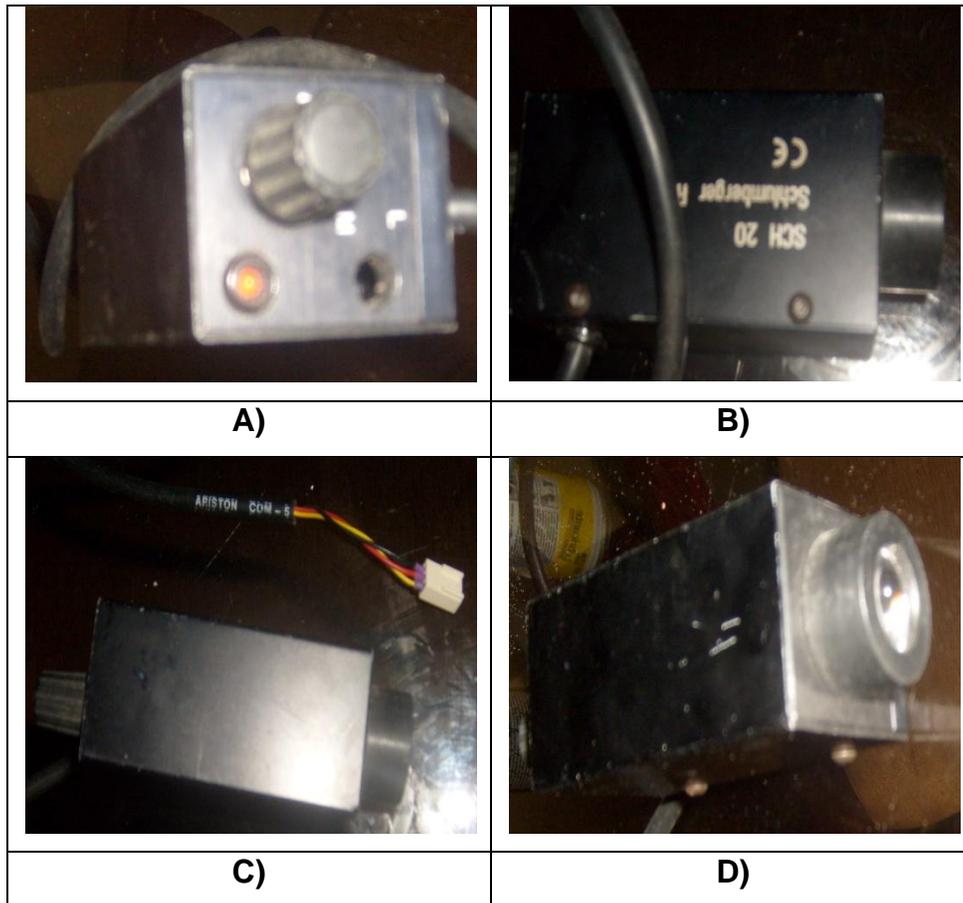
<b>SALIDAS</b>	<b>K(imp./kWh)</b>
<b>1</b>	5
<b>2</b>	4000000
<b>3</b>	20000000
<b>4</b>	180000000

**Tabla 4. Diferentes salidas para la medición de la energía, referenciado al ítem 3 de la figura 25**

- 4) Salida de voltaje DC proporcional a la potencia sensada. La constante para la interpretación de la potencia es 0.3 kW/V
- 5) Cable de alimentación de dispositivo. 220 V RMS

#### ANEXO 4. FOTOCÉLULA SCH 20 SCHLUMBERGER RMS.

Se pretende aprovechar la característica de este sensor fotosensible. Capaz de detectar zonas oscuras de una superficie, para poder determinar el momento en el cual el disco del contador ha completado una revolución.



**Figura 26.A) Potenciómetro para ajuste de sensibilidad. B) Vista lateral de la fotocélula. C) cable de alimentación y de la señal de sensado. D) Lente cóncavo para captura de luz.**

Ante la carencia del manual de éste sensor, se procedió a destaparlo para identificar el voltaje de alimentación del mismo, el cual sule a un regulador de 10 V. Para la determinación de la corriente de consumo se procedió a conectar el sensor a una fuente DC de 12 V y medir con un amperímetro la

corriente demandada por el mismo. De la experiencia montada se obtuvieron los datos de la **Tabla 5**:

Condición	Intensidad(mA)	Señal de sensado
Obstrucción de la luz al lente del sensor	17.388	0 V DC
Sin obstrucción de la luz al lente del sensor	28.879	10 V DC

Tabla 5. Resultado de la prueba aplicada al sensor para identificar la señal de salida y la demanda de intensidad al obstruir la luz por parte del lente.

### Partes de contador de vueltas.

En la **Figura 27** se puede apreciar las partes de la fotocelda SCH 20 Schlumberger:

- **Ajuste de sensibilidad:** se realiza mediante un potenciómetro **véase Figura 26 A** que sirve para ajustar la sensibilidad de la recepción de luz de la fotocelda, es decir que el sensor pueda captar la ranura dependiendo de la distancia que se encuentra el objetivo
- **Lente receptor de luz:** es el lente **véase Figura 26 D** encargado de recoger la luz proveniente reflejada en el objeto oscuro a detectar.
- **Señal de sensado:** lleva la información (cable de color amarillo **véase Figura 27**) acerca si se ha detectado la ranura oscura o no.
- **Alimentación:** es el cable de poder de la fotocelda (cable de color rojo **véase Figura 27**), cuyo voltaje alimentación es 12V DC.

- **Tierra:** es la referencia común (cable de color negro **véase Figura 27**) de éste dispositivo.

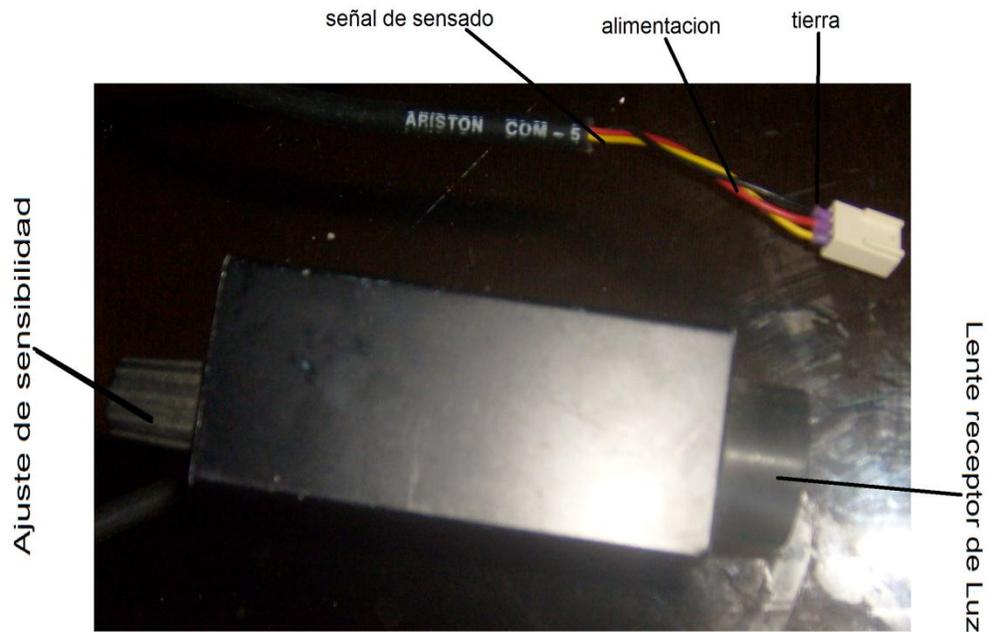
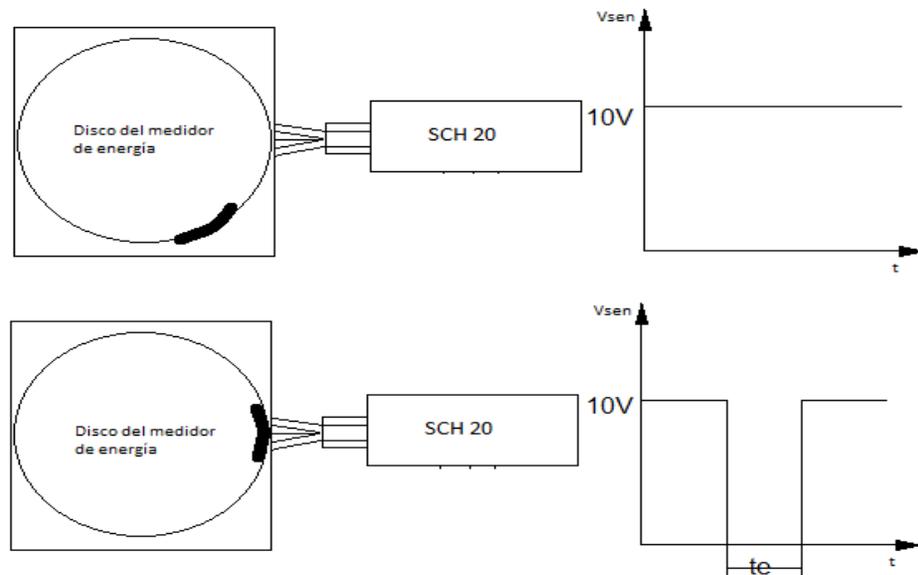


Figura 27. Partes de la fotocelda SCH20 Schlumberger

### Modo de funcionamiento

El modo en que se emplea para detectar el número de vueltas del medidor a calibrar se resumen en la **Figura 28**. Donde se especifican dos condiciones fundamentales de sensado: sin y con obstrucción de la luz.



**Figura 28. Comportamiento de la fotocelda frente a la obstrucción de la luz por parte de la ranura del disco.**

La fotocélula basa su funcionamiento en un sensor óptico que irradia luz y recibe luz y de acuerdo a unas condiciones de su entorno, la señal de salida es alterada en función del voltaje.

- Si el sensor óptico recibe parte de la luz que irradia (primera condición la **Figura 28**: la luz irradiada es reflejada por la superficie metálica del disco del sensor), la salida del sensor siempre está en alto con una amplitud (10V) constante a través de tiempo.
- Si es colocado una superficie oscura delante del sensor (segunda condición la **Figura 28**: la luz no es reflejada debido a la presencia de la marca oscura la superficie metálica), de modo que el sensor óptico no reciba parte de la luz irradiada, entonces la salida del sensor pasa en estado bajo (0V) hasta recibir luz otra vez.

El tiempo “te” definido en la **Figura 28** es el tiempo que dura la ranura oscura del disco obstruyendo la luz al sensor óptico de la fotocelda.

**Procedimiento para utilización del detector de ranura.**

A continuación se enumera una lista de pasos para comenzar a utilizar la fotocélula:

1. Verifique, antes del procedimiento de sensado de la ranura del medidor, si la fotocelda está alimentada por 12V DC.
2. Coloque y alinie el lente del sensor frente al disco del medidor de modo que al pasar la ranura frente del lente pueda obstruir parte de la luz del sensor óptico. Mire la **Figura 28**.
3. Cerciórese que al pasar la ranura frente a la parte del lente la salida de la señal del voltaje cae hasta los 0V; sino ajuste el potenciómetro de sensibilidad hasta que esto ocurra.
4. Si al llevar a cabo el procedimiento 3 no fué posible obtener la señal de salida de 0V frente a la obstrucción. Ilumine la sección de lente de la fotocelda y el disco. Luego repita los pasos 2 y 3 hasta que puede obtener la señal de 0V frente a la obstrucción de la luz por parte de la ranura.

### ANEXO 5. DIAGRAMA DE CONEXIONES

