



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Monitoreo y Control Remoto de una Planta Industrial Mediante
Mensajes de texto (SMS) utilizando LabVIEW”

TESINA DE SEMINARIO

Previa a la obtención del Título de:

**Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica y
Automatización Industrial**

Presentado por:

César Augusto Jara Ordoñez

Wilfrido Alberto Almeida Cando

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2011

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento es siempre primero a Dios por darme la oportunidad de realizar y terminar este proyecto. A mi familia por su apoyo incondicional y comprensión. A nuestro director de proyecto el Ing. Holger Cevallos por su colaboración en la realización de este proyecto.

Wilfrido Almeida Cando

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por permitirme realizar este proyecto. A mi familia por el apoyo que siempre me han dado, y finalmente a nuestro director por colaborarnos con el desarrollo del mismo.

César Jara Ordoñez

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia por siempre contar con su apoyo sus consejos y toda la ayuda brindada para la realización de este proyecto.

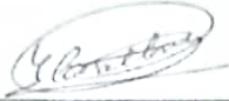
Wilfrido Almeida Cando

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a toda mi familia, a mis amigos y profesores.

César Jara Ordoñez

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Holger Cevallos

Profesor de Materia de Graduación



Ing. Carlos Salazar

Profesor Delegado del Decano

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesina, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

César Augusto Jara Ordoñez

Wilfrido Alberto Almeida Cando

RESUMEN

En la presente tesina se presenta el control y monitoreo de una planta de nivel, la cual es controlada mediante un PID que es un VI implementado en la programación del proyecto, el monitoreo y control de la planta se realiza mediante la comunicación entre LabVIEW y un dispositivo móvil (Sony Ericsson W810) mediante el cual se envía comandos para cambios en la planta o recibe datos del proceso que se lleva a cabo.

En el capítulo 1 se trata sobre conceptos generales de dispositivos y teoría necesaria para entender las distintas fases del proyecto.

En el capítulo 2 se trata sobre los Mensajes de Texto (SMS) las Redes por las cuales se comunican y su estructura.

En el capítulo 3 se describe la planta de nivel sus diferentes partes y funcionalidades.

En el capítulo 4 se trata sobre el software LabView, sobre generación de reportes en Excel y el control mediante PID.

En el capítulo 5 se describe el sistema, sus funciones tales como comandos para recibir y enviar datos, los principales VIs utilizados y creados.

INDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
INDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS	XII
SIMBOLOGÍA	XIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS	XVI
CAPÍTULO 1	1
1. CONCEPTOS.....	1
1.1 TELEMETRÍA.	1
1.1.1 SMS.	1
1.1.2 GPRS.....	5
1.2 MEDICIÓN DE NIVEL.....	9
1.3 SENSORES CAPACITIVOS.....	12
1.4 ACTUADORES.....	15
1.5 COMUNICACIÓN.	17
1.5.1 TIPOS DE COMUNICACIÓN.....	18
1.6 COMPUTADOR.....	19
1.7 BLUETOOTH.....	20
1.8 NI COMPAQDAQ.....	23
CAPÍTULO 2.....	24
2. MENSAJES SMS.	24
2.1 RED GSM.....	24

2.2	Módulo GSM.....	29
2.3	TELEMETRÍA VÍA SMS.....	30
2.3.1	COMANDOS AT.....	30
2.3.2	SINTAXIS DE COMANDOS AT.	33
2.4	ENVÍO Y RECEPCIÓN SMS.	35
2.5	FORMATO TEXTO.....	35
2.6	FORMATO PDU.	36
CAPÍTULO 3.....		39
3.	DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.	39
3.1	SENSOR CAPACITIVO.	42
3.2	VÁLVULA DE CONTROL.	43
3.3	CONTROLADOR INDUSTRIAL ABB.....	44
3.4	PLC KLOCKNERMOELLER.	46
CAPÍTULO 4.....		47
4.	ADQUISICIÓN DE DATOS Y LABVIEW.	47
4.1	SOFTWARE LABVIEW.....	47
4.2	NI LABVIEW PID AND FUZZY LOGIC TOOLKIT.	52
4.3	REPORT GENERATION TOOLKIT.....	53
4.4	DATALOGGING AND SUPERVISORY CONTROL MODULE.....	53
CAPÍTULO 5.....		55
5.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	55
5.1	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	55
5.1.1	COMANDOS SMS PARA MANEJO DE LA PLANTA.....	56

5.2	DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES VI'S.	58
5.2.1	VI'S UTILIZADOS.	58
5.2.2	VI's CREADOS.	63
5.3	IMPORTAR UN DLL A LABVIEW.	67
5.4	GENERACIÓN DE REPORTE EN EXCEL.	70
5.5	PANEL FRONTAL.	74
5.5.1	DESCRIPCIÓN.	75
5.6	UTILIZACIÓN DEL SISTEMA.	77
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	ANEXOS	83
	BIBLIOGRAFÍA	90

ABREVIATURAS

2G	Segunda generación de telefonía móvil
3G	Tercera generación de telefonía móvil
3GPP	3rd Generation Partnership Project
ADSL	Asymmetrical Digital Subscriber Line
AT	Attention
BCS	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CA	Corriente Alterna
E/S	Entradas/Salidas
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HW	Miliamperio
IP	Derivativo
ISP	Internet Service Provider
PC	Personal Computer
PCU	Packet Control Unit
PDA	Personal Digital Assistant
PDP	Programmed Data Processor
PID	Proporcional - Integral - Derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
PV	Process variable
SGSN	Serving GPRS Support Node
SIM	subscriber identity module
SMS	Short Message Service
SMSC	Short Message Service Center
TSG	Technical Specification Group
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
USB	Universal Serial Bus
VI	Virtual Instrument
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WPAN	Resistance Temperature Detector

SIMBOLOGÍA

A	Área efectiva de las placas
C	Capacitancia de Condensador
d	Distancia entre las placas o espesor del dieléctrico
dBm	Nivel de potencia en decibelios en referencia de 1 mW
E	Electric Field
GHz	Gigahercio
kbit/s	Kilobits per second
Mbit/s	Megabits per second
mW	Milivatio
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
SP	Set Point
Td	Tiempo derivativo
Ti	Tiempo integrativo

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Identificador de Conexión de Enlace de Datos.	7
Figura 1.2 Proceso de Comunicación.	9
Figura 1.3 - Componentes de un Sensor Capacitivo	14
Figura 2.1 Los Primeros Equipos GSM de 1991.....	27
Figura 2.2 Estructura de Envío.	32
Figura 2.3 Estructura de la Respuesta Correcta.	32
Figura 2.4 Estructura de la Respuesta Incorrecta.	33
Figura 3.1 Módulo Base RT-450.	39
Figura 3.2 Diagrama P&ID del Sistema de Nivel.	41
Figura 3.3 Sensor Capacitivo.....	42
Figura 3.4 Válvula de control.	44
Figura 3.5 Controlador Industrial Digitric 500.....	45
Figura 3.6 PLC.....	46
Figura 4.1 Procesamiento de Señales.	49
Figura 4.2 Controles Personalizados.	50
Figura 4.3 Múltiplos Objetivos.....	50
Figura 4.4 Varios Patrones de Diseño.	51
Figura 4.5 Identificación de Ejecución.	52
Figura 5.1 Formato de Set Point.	57
Figura 5.2 Formato de Datos.	57
Figura 5.3 VI Lector de Archivo de Datos.	58

Figura 5.4 VI Grabador de Datos.....	59
Figura 5.5 VI para MS Office.....	60
Figura 5.6 VI Asistente DAQ.....	60
Figura 5.7 VI PID.	61
Figura 5.8 VI Nodo Constructor.	61
Figura 5.9 Nodo Invocador.....	62
Figura 5.10 VI Cerrar Aplicación.....	62
Figura 5.11 VI Enviar SMS.....	63
Figura 5.12 VI Leer Nuevo SMS.	64
Figura 5.13 VI Decodificador PDU.....	65
Figura 5.14 VI Codificador PDU.....	66
Figura 5.15 VI Enviar SMS PDU.....	66
Figura 5.16 Menú para .dll.....	68
Figura 5.17 Submenú para .dll.....	69
Figura 5.18 Concatenar SMS.....	70
Figura 5.19 Submenú Concatenar.....	70
Figura 5.20 VI MS Office.....	71
Figura 5.21 Configurar VI MS Office.....	72
Figura 5.22 Opciones de Guardado.....	73
Figura 5.23 Panel Frontal parte Superior.....	74
Figura 5.24 Panel Frontal Parte Inferior.....	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Potencias de Transmisión.....	22
Tabla 1.2 Clasificación Respecto a Ancho de Banda.	23
Tabla 2.1 Bandas de Frecuencia.	26
Tabla 2.2 Comandos de Ejecución	35
Tabla 3.1 Componentes del Sistema de Nivel.	42

INTRODUCCION

La finalidad de este proyecto es demostrar que LabVIEW es un sistema óptimo para adquirir y administrar datos. En este proyecto comunicaremos un dispositivo móvil al software LabVIEW para así lograr mediante el envío de mensajes de texto (SMS) , a través de la red GSM el control y supervisión de algún proceso industrial, en este caso la planta didáctica Gunt RT 450.

La interfaz entre los sensores y actuadores de la planta será el sistema de adquisición de datos COMPACTDAQ de National Instruments con el cual tendremos los datos de un sensor de nivel continuo ubicado dentro de un tanque cuyo llenado se hará mediante una válvula controlada por un sistema PID que se ha creado desde el software.

La múltiple interacción de LabVIEW con distintas librerías nos permite crear reportes en hojas de Excel o Word, imprimirlos directamente desde el programa o usarlo como un sistema SCADA, etc... desde pequeños procesos didácticos, hasta grandes procesos industriales, la utilidad del software radica en nuestra imaginación.

CAPÍTULO 1

1. CONCEPTOS.

1.1 TELEMETRÍA.

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema. Fue desarrollada en 1915, a mediados de la primera guerra mundial, por el alemán Khris Osterhein y el italiano Francesco Di Buonano para medir a qué distancia se encontraban objetivos de artillería.

1.1.1 SMS.

SMS se refiere al acrónimo formado por las iniciales del servicio denominado Short Message Service, que se encuentra disponible en todos los teléfonos celulares y según modelos y las empresas proveedoras del servicio también en

algunos teléfonos fijos o de línea, a través del cual se pueden enviar y recibir mensajes cortos, mejor conocidos como mensajes de texto o como el lenguaje corriente sentencia, especialmente el de los jóvenes, textos o mensajitos, entre celulares, teléfonos fijos, como mencionamos, u otros dispositivos de mano que la tecnología en constante evolución nos propone.

Si bien el sistema fue originariamente diseñado como parte estándar de la telefonía móvil digital GSM, en la actualidad, el mismo, se encuentra disponible en una importante variedad de redes como por ejemplo la denominada 3G.

El mensaje SMS consiste de una cadena alfanumérica de hasta 160 caracteres de 7 bits, cuyo encapsulado corresponde a una serie de parámetros, los cuales se emplean para enviar y recibir mensajes de texto normales, pero estos también permiten incluir otro tipo de contenidos, como darle un formato especial a los mensajes y encadenar varios mensajes de texto para ganar en longitud.

Básicamente, el envío y la recepción de estos mensajes se producen gracias al SMSC o Short Message Service Center, el cual hace las veces de central de almacenamiento de los textos hasta que son enviados y de realizar la pertinente conexión con el resto de la red GSM.

Los mensajes de texto le permitirán tanto al que envía como al que los recibe, además de recibir un mensaje o de poder enviar una determinada información, saber a qué hora ha sido enviado o recibido el texto, el número del remitente, o en su defecto del destinatario, número del centro de mensajes que originó el mensaje, la validez del mensaje, entre otras cuestiones.

Otra cuestión a destacar de los SMS es que al tratarse de mensajes extremadamente cortos, los mismos, hacen un uso realmente eficaz de la red de radio, no necesitando que se les asigne un canal de radio e insertándose en la información de señalización de la propia red y entonces, es por esto que permiten ser enviados y recibidos en cualquier momento, incluso durante una llamada.

Aún más, algunos operadores de telefonía móvil, para ganar más en velocidad y tiempo, los transportan a través del protocolo de paquete de GPRS en lugar del canal de señalización.

Y ahora ya yéndonos un poco de lo estrictamente técnico, como consecuencia de la imperiosa necesidad de ser breve en un mensaje de texto, los usuarios de esta popularísima y ampliamente difundida forma de comunicación han desarrollado un lenguaje propio tendiente a ganar espacio en este terreno y por ello el uso a veces hasta indiscriminado de las abreviaturas, se ha impuesto cuando de mensajes de texto se trata. La “q” sola para suplantar la larga “que”, la “x” por el “por” y hasta si la cosa viene de romance, tampoco hay tiempo para el verso y entonces, el “te quiero” quedará para cuando nos veamos las caras y será suplantado por un brevísimo “tq” o “tk”. Aunque en este aspecto, muchos lingüistas y academias de lengua han interpuesto un alerta, ya que el abuso de este lenguaje por demás abreviado puede conllevar a tremendos horrores ortográficos a la hora de escribir y más si se están dando los primeros pasos en este aspecto.

Por otra parte, la difusión de esta nueva manera de comunicación ha trascendido tanto todas las barreras que es común que se la use tanto para invitar a eventos, dar avisos, enviar alarmas, confirmar transacciones bancarias, participar en juegos televisivos o simplemente para decirle a alguien que se lo quiere o extraña, entre infinitas posibilidades.

1.1.2 GPRS.

GPRS, acrónimo de General Packet Radio Service, es considerado como la extensión del servicio GSM con mayor potencial para proporcionar el salto cualitativo de los datos sobre servicios móviles. GPRS supone integrar en el sistema GSM un nuevo concepto de red y con él una nueva arquitectura específicamente diseñada para facilitar el acceso a las redes de paquetes, mayoritariamente orientadas al protocolo IP.

El concepto principal que gobierna el comportamiento de GPRS es su orientación a la comunicación de paquetes. La diferencia principal entre una comunicación orientada a circuitos y una orientada a paquetes es la utilización de los recursos de red, mientras en circuitos se ocupa el recurso

durante toda la comunicación, en paquetes sólo se requiere cuando existe algo que transmitir o recibir. Si pensamos, por ejemplo, en un acceso a internet, una conexión de paquetes únicamente usaría los recursos cuando el usuario estuviera bajando una página, no cuando la estuviera consultando. Esto posibilita una mejora en la eficacia de uso de los recursos y permite tarificar no por tiempo de conexión sino por volumen de datos intercambiado.

Como se aprecia en la figura 1.1, GPRS está basado en la arquitectura GSM incorporando dos nuevos nodos, el SGSN (Serving GPRS Support Node) y el GGSN (Gateway GPRS Support Node), cuyas misiones son complementarias. A nivel general, el SGSN es el que se encargará de toda la gestión de la movilidad, y mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red, mientras que el GGSN es el que proporciona acceso a las redes de datos actuales, sobre todo a las basadas en IP.

A nivel radio, los cambios requeridos son pocos, ligados únicamente a la introducción de una comunicación de paquetes sobre el interfaz aire. Básicamente se necesita introducción de SW a nivel de BTS y un nuevo HW en BSC,

la PCU (Packet Control Unit), encargada de manejar la comunicación de paquetes.

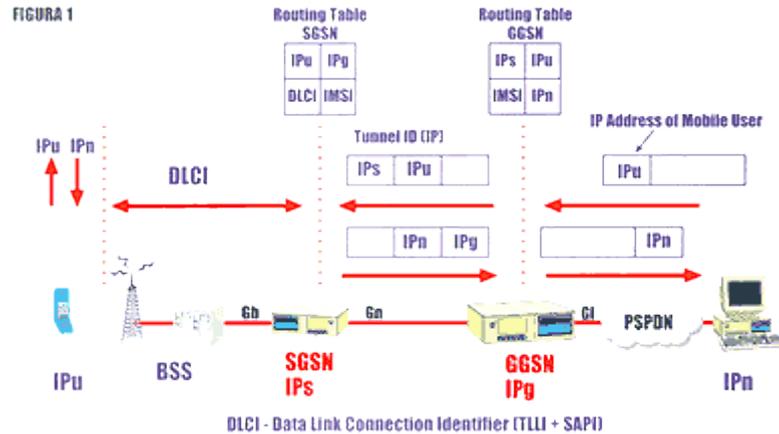


Figura 1.1 Identificador de Conexión de Enlace de Datos.

La mejora de velocidad se produce mediante el concurso de unos nuevos esquemas de codificación de canal junto con la posibilidad de multislot para un único usuario. En teoría se podría llegar hasta los 171 kbit/s. por usuario, aunque por limitaciones de terminales y condiciones de radio se puede considerar un valor práctico de aproximadamente 52 kbit/s.

A partir de la BSC es necesaria la introducción de una nueva red completamente orientada a paquetes. Se trata de una red con dos nuevos nodos, el SGSN y el GGSN, y con un backbone basado en IP. El concepto clave que guía la transmisión en este entorno es el tunneling que se basa en el

encapsulado de los datos con introducción de cabeceras de direcciones de destino y origen, en la actualización de tablas de enrutamiento existentes (tanto en el SGSN y el GGSN) y en la asignación de una dirección IP al móvil. Todas estas acciones se realizan mediante un mecanismo iniciado por el móvil, el PDP Context Activation. En este proceso, el móvil envía hacia el SGSN la dirección del punto de salida a la red IP a la que quiere conectarse, el cual es capaz de encontrar con esta dirección la dirección del GGSN hacia el que debe enrutar el paquete. Otro parámetro que envía el móvil es su dirección IP, si la tiene asignada de forma fija, o bien requiere al GGSN que le asigne una forma dinámica (esta dirección puede ser pública o privada). Una vez realizado este proceso ya es posible la comunicación, según refleja la figura 1.2.

En resumen, GPRS define un método óptimo de acceso a redes IP, permitiendo al sistema GSM proporcionar capacidad y velocidades de acceso a internet e intranets, mejorando adicionalmente la eficacia de la red. Finalmente, GPRS proporcionará la posibilidad de desarrollar las redes GSM de hoy orientándolas hacia la red de tercera generación, UMTS, puesto que la capacidad para crear nuevos servicios basados en el ubicuo IP y su flexibilidad de

tarificar lo convierten en la plataforma perfecta para enlazar con la próxima generación del sistema de telecomunicaciones móviles.

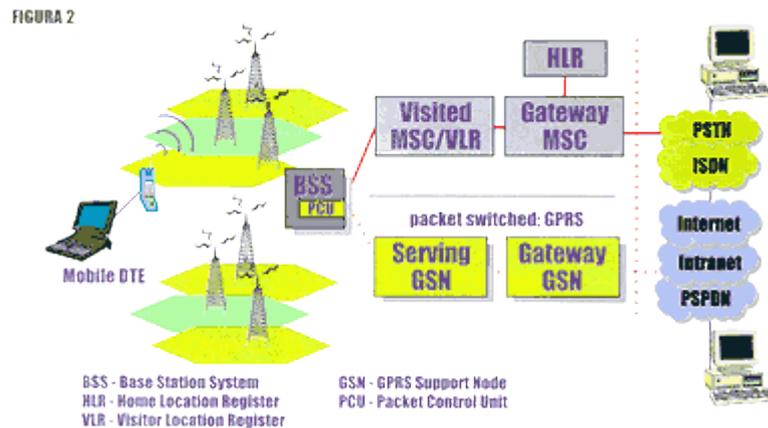


Figura 1.2 Proceso de Comunicación.

1.2 MEDICIÓN DE NIVEL.

Dentro de los procesos industriales la medición y el control de nivel se hace necesario cuando se pretende tener una producción continua, cuando se desea mantener una presión hidrostática, cuando un proceso requiere de control y medición de volúmenes de líquidos ó bien en el caso más simple, para evitar que un líquido se derrame, la medición de nivel de líquidos, dentro de un recipiente parece sencilla, pero puede convertirse en un problema más ó menos difícil, sobre todo cuando el material es corrosivo ó abrasivo,

cuando se mantiene a altas presiones, cuando es radioactivo ó cuando se encuentra en un recipiente sellado en el que no conviene tener partes móviles ó cuando es prácticamente imposible mantenerlas, el control de nivel entre dos puntos, uno alto y otro bajo, es una de las aplicaciones más comunes de los instrumentos para controlar y medir el nivel, los niveles se pueden medir y mantener mediante dispositivos mecánicos de caída de presión, eléctricos y electrónicos.

Los instrumentos mecánicos de medición y control de niveles ó cargas hidrostáticas, incluyen dispositivos visuales e indicadores, el dispositivo más simple para medir niveles es una varilla graduada, que se pueda insertar en un recipiente, la profundidad real del material se mide por la parte mojada de la varilla, este método es muy utilizado para medir el nivel en los tanques de una gasolinera, este método es simple pero efectivo, no es muy práctico, sobre todo si el material es tóxico ó corrosivo, ya que el individuo que lo aplica tiene que estar de pie sobre la abertura manejando la varilla con las manos.

En la industria, la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de

la consideración del balance adecuado de materias primas o de productos finales.

Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos que son dos mediciones claramente diferenciadas por sus distintas peculiaridades y las aplicaciones particulares de las que son objeto.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir “inteligencia” en la medida de nivel, y obtener precisiones de lectura altas, del orden de $\pm 0.2 \%$, en el inventario de materias primas o finales o en transformación en los tanques de los procesos.

El transductor de nivel “inteligente” (Evaluación experimental de un esquema de regulación del nivel de un tanque basado en redes neuronales), hace posible la interpretación del nivel real elimina o compensa la influencia de la espuma en flotación del tanque en la lectura, la eliminación de falsas alarmas, tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento, y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión.

El transmisor o varios transmisores pueden conectarse a través de una conexión RS-232, a una computadora personal, que con el software adecuado, es capaz de configurar transmisiones inteligentes. Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos, que son dos mediciones claramente diferenciadas y que se estudiarán separadamente por sus peculiaridades y las aplicaciones particulares de que son objeto.

1.3 SENSORES CAPACITIVOS.

La base de este método de medición radica en las características físicas de un condensador. La capacitancia de un condensador depende de la separación entre los electrodos o placas "d"; de su superficie "A" y de la constante dieléctrica del material entre las placas "E".

$$C = \frac{A E}{d}$$

Un sensor de nivel tipo capacitivo sirve para medir el nivel de la mayoría de los líquidos y sólidos. El sensor está constituido por un electrodo o probeta de capacitancia que se introduce en el tanque.

El cambio en la capacitancia, producido por un aumento o disminución del nivel en el recipiente, se mide utilizando la probeta de capacitancia, la cual está conectada a un circuito electrónico, que puede ser un interruptor de nivel para control ON-OFF, o un transmisor de nivel para medición de nivel continuo. Si el líquido es no conductor, el capacitor está formado por la probeta de capacitancia (electrodo primario) y la pared del tanque, los cuales conforman las placas del capacitor.

El líquido cuyo nivel se quiere medir actúa como el dieléctrico. A medida que el líquido sube entre el espacio de las dos placas, se produce una variación en la capacitancia la cual se monitorea y se utiliza para dar una señal proporcional al nivel. En esta aplicación de líquidos no conductores la probeta de capacitancia debe estar aislada eléctricamente del tanque.

Si el líquido es conductor, la probeta de capacitancia o electrodo primario se aísla eléctricamente del tanque y del líquido, generalmente se utiliza una cubierta de teflón sobre el electrodo. En este caso, el líquido actúa como la segunda placa del capacitor y el aislante sobre el electrodo primario actúa como el dieléctrico.

Los problemas más comunes que se presentan con este tipo de medidores son: instalación incorrecta, encostramiento de la probeta, pérdida del aislante y falsa señal causada por espuma.

La figura siguiente muestra los componentes y algunas aplicaciones de los sensores de nivel capacitivo.

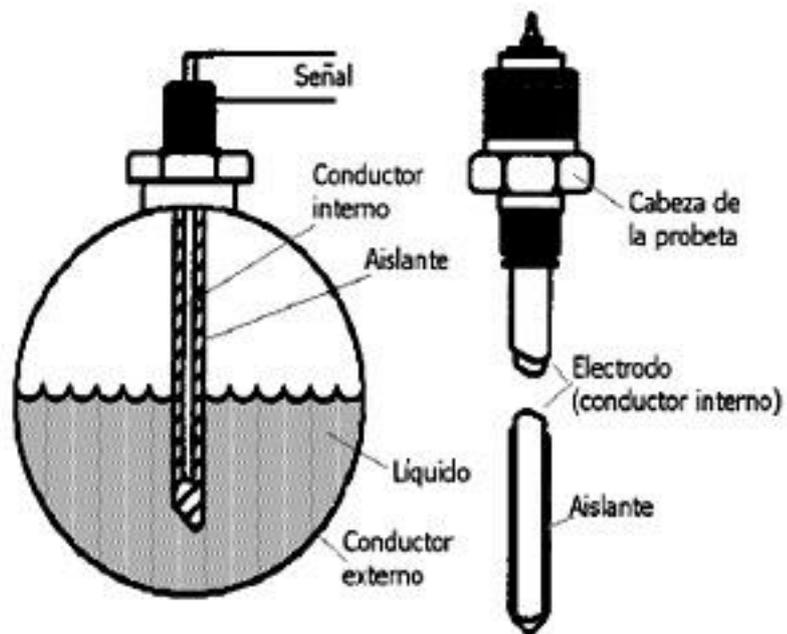


Figura 1.3 - Componentes de un Sensor Capacitivo.

Ventajas y desventajas: las ventajas y desventajas más importantes en la aplicación de sensores de nivel Capacitivos son:

Ventajas:

- * Requieren mínimo mantenimiento.
- * Pueden ser utilizados para medición continua o puntual.
- * Valor deseado o Set Point ajustable.
- * Compatible con gran cantidad de líquidos, polvos, sólidos, lodos; materiales conductivos y no conductivos.
- * Resistente a la corrosión con la probeta adecuada.
- * Se ajustan a cualquier tipo de recipiente.

Desventajas:

- * Cambios en la constante dieléctrica del material, causan errores en la señal.
- * Normalmente requieren calibración en campo.
- * Depósito de materiales altamente conductores sobre la probeta, pueden afectar la exactitud y la repetibilidad.

1.4 ACTUADORES.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe

la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen tres tipos de actuadores:

- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

Los actuadores hidráulicos, neumáticos eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren demasiado equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores eléctricos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento

Por todo esto es necesario conocer muy bien las características de cada actuador para utilizarlos correctamente de acuerdo a su aplicación específica.

1.5 COMUNICACIÓN.

La comunicación consiste en el intercambio de información por medio de sonidos, imágenes, etc.

En la actualidad la necesidad de recibir y transmitir información es tal que se ha llegado a definir el mundo como sociedad de la información.

Uno de los grandes retos de la humanidad era el desarrollo de procedimientos y sistemas que permitieran el intercambio de información a distancia y fuimos desarrollando sistemas cada vez más complejos: señales de humo, señales luminosas, etc. Pero fue a partir del siglo XIX, con la invención de aparatos como el telégrafo, el teléfono y la radio, cuando tuvo lugar el espectacular desarrollo de las telecomunicaciones. Éste avance continúa en nuestros días con otros inventos, como el fax, el correo electrónico, la televisión digital..., de forma que en la actualidad, podemos

transmitir cualquier tipo de información a cualquier parte del mundo de manera prácticamente instantánea.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

- Emisor: es el elemento que transmite información.
- Receptor: es el elemento que recibe la información.

Canal: es el medio a través del cual circula la información entre el emisor y el receptor.

1.5.1 TIPOS DE COMUNICACIÓN.

Según el soporte por el que viaja la información podemos hablar de dos clases diferentes:

Comunicación Alámbrica: Tiene lugar a través de líneas o cables que unen al emisor y al receptor. La información se transmite mediante impulsos eléctricos.

Comunicación Inalámbrica: La información se transmite mediante ondas de radio.

1.6 COMPUTADOR.

Una computador (del latín *computare* -calcular-), también denominada ordenador (del francés *ordinateur*, y éste del latín *ordinator*), es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil. Una computadora es una colección de circuitos integrados y otros componentes relacionados que puede ejecutar con exactitud, rapidez y de acuerdo a lo indicado por un usuario o automáticamente por otro programa, una gran variedad de secuencias o rutinas de instrucciones que son ordenadas, organizadas y sistematizadas en función a una amplia gama de aplicaciones prácticas y precisamente determinadas, proceso al cual se le ha denominado con el nombre de programación y al que lo realiza se le llama programador.

La computadora, además de la rutina o programa informático, necesita de datos específicos (a estos datos, en conjunto, se les conoce como "Input" en inglés o *de entrada*) que deben ser suministrados, y que son requeridos al momento de la ejecución, para proporcionar el producto final del procesamiento de datos, que recibe el nombre de "output" o *de salida*. La información puede ser entonces utilizada, reinterpretada, copiada, transferida, o retransmitida a otra(s) persona(s), computadora(s) o componente(s)

electrónico(s) local o remotamente usando diferentes sistemas de telecomunicación, pudiendo ser grabada, salvada o almacenada en algún tipo de dispositivo o unidad de almacenamiento.

La característica principal que la distingue de otros dispositivos similares, como la calculadora no programable, es que es una máquina de propósito general, es decir, puede realizar tareas muy diversas, de acuerdo a las posibilidades que brinde los lenguajes de programación y el hardware.

1.7 BLUETOOTH.

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

Se denomina Bluetooth al protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja y basada en transceptores de bajo costo.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite. Estos dispositivos se clasifican como "Clase 1", "Clase 2" o "Clase 3" en referencia a su potencia de transmisión, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una clase con los de las otras.

Clase	Potencia Máxima Permitida (mW)	Potencia Máxima Permitida (dBm)	Rango (aproximado)
Clase 1	100 Mw	20 dBm	~100 metros
Clase 2	2.5 Mw	4 dBm	~10 metros
Clase 3	1 Mw	0 dBm	~1 metro

Tabla 1.1 Potencias de Transmisión.

En la mayoría de los casos, la cobertura efectiva de un dispositivo de clase 2 se extiende cuando se conecta a un transceptor de clase 1. Esto es así gracias a la mayor sensibilidad y potencia de transmisión del dispositivo de clase 1, es decir, la mayor potencia de transmisión del dispositivo de clase 1 permite que la señal llegue con energía suficiente hasta el de clase 2. Por otra parte la mayor sensibilidad del dispositivo de clase 1 permite recibir la señal del otro pese a ser más débil.

Los dispositivos con Bluetooth también pueden clasificarse según su ancho de banda:

Versión	Ancho de banda
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0 + EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0 + HS	24 Mbit/s

Tabla 1.2 Clasificación Respecto a Ancho de Banda.

1.8 NI COMPAQDAQ.

Un sistema NI CompactDAQ consiste en un chasis, módulos de E/S de la Serie C y una PC Windows conectada por USB o Ethernet. National Instruments diseñó sus componentes de hardware y software para ser intercambiables. Con los mismos módulos y la aplicación de software, un sistema para pruebas rápidas de laboratorio usando hoy USB, puede ser desplegado a través de la planta de producción usando Ethernet mañana.

CAPÍTULO 2

2. MENSAJES SMS.

2.1 RED GSM.

El sistema global para las comunicaciones móviles (*GSM*, proviene del francés *groupespecialmobile*) es un sistema estándar, libre de regalías, de telefonía móvil digital.

Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono con su computador y enviar y recibir mensajes por e-mail, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el Servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto.

Logotipo Para Identificar las terminales y sistemas compatibles.

GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G). Su extensión a 3G se denomina UMTS y difiere en su mayor velocidad de transmisión, el uso de una arquitectura de red ligeramente distinta y sobre todo en el empleo de diferentes protocolos de radio (W-CDMA) alcance mundial y porcentaje de uso.

La Asociación GSM (GSMA o *GSM Association*), este estándar es el más extendido en el mundo, con un 82% de los terminales mundiales en uso. GSM cuenta con más de 3.000 millones de usuarios en 212 países distintos, siendo el estándar predominante en Europa, América del Sur, Asia y Oceanía, y con gran extensión en América del Norte.

La ubicuidad del estándar GSM ha sido una ventaja tanto para consumidores (beneficiados por la capacidad de itinerancia y la facilidad de cambio de operador sin cambiar de terminal, simplemente cambiando la tarjeta SIM) como para los operadores de red (que pueden elegir entre múltiples proveedores de sistemas GSM, al ser un estándar abierto que no necesita pago de licencias).

En GSM se implementó por primera vez el servicio de mensajes cortos de texto (SMS), que posteriormente fue extendido a otros

estándares. Además, en GSM se define un único número de emergencias a nivel mundial, el 112, que facilita que los viajeros de cualquier parte del mundo puedan comunicar situaciones de emergencia sin necesidad de conocer un número local.

Bandas de Frecuencias

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128 – 251	824 - 849	869 - 894	Usada en los EE.UU., Sudamérica y Asia.
GSM 900	P-GSM 900	0-124	890 - 915	935 - 960	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	974 – 1023	880 – 890	925 – 935	<i>E-GSM</i> , extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876 - 880	921 - 925	<i>GSM ferroviario (GSM-R)</i> .
GSM1800	GSM 1800	512 – 885	1710 – 1785	1805 – 1880	
GSM1900	GSM 1900	512 – 810	1850 – 1910	1930 – 1990	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

Tabla 2.1 Bandas de Frecuencia.

Historia y desarrollo



Figura 2.1 Los Primeros Equipos GSM de 1991.

El estándar GSM fue desarrollado a partir de 1982. En la conferencia de telecomunicaciones CEPT de ese año fue creado el grupo de trabajo *Groupe Spécial Mobile* o *GSM*, cuya tarea era desarrollar un estándar europeo de telefonía móvil digital. Se buscó evitar los problemas de las redes analógicas de telefonía móvil, que habían sido introducidos en Europa a fines de los años 1950, y no fueron del todo compatibles entre sí a pesar de usar, en parte, los mismos estándares. En el grupo GSM participaron 26 compañías europeas de telecomunicaciones.

En 1990 se finalizaron las especificaciones para el primer estándar *GSM-900*, al que siguió *DCS-1800* un año más tarde. En 1991 fueron presentados los primeros equipos de telefonía GSM como prototipos. De manera paralela, se cambió el nombre del grupo a *Standard Mobile Group* (SMG) y las siglas GSM a partir de este momento se usaron para el propio estándar.

En 1992 las primeras redes europeas de GSM-900 iniciaron su actividad, y el mismo año fueron introducidos al mercado los primeros teléfonos celulares GSM, siendo el primero el Nokia 1011 en noviembre de este año. En los años siguientes, el GSM compitió con otros estándares digitales, pero se terminó imponiendo también en América Latina y Asia.

En 2000, el grupo de trabajo para la estandarización del GSM se pasó al grupo TSG GERAN (*Technical Specification Group GSM EDGE Radio Access Network*) del programa de cooperación 3GPP, creado para desarrollar la tercera generación de telefonía móvil (3G). El sucesor del GSM, UMTS, fue introducido en 2001, sin embargo su aceptación fue lenta, por lo que gran parte de los usuarios de telefonía móvil en 2010 siguen utilizando GSM.

2.2 Módulo GSM.

El Módem GSM propiamente dicho es similar a un Celular; tan es así que el celular puede funcionar como módem GSM, sabiéndolo conectar a tu computadora.

El Módem GSM es esencialmente el enlace entre esos dos grandes campos de desarrollo. Y trabaja muy parecido a lo que es un Módem de conexión ADSL con la empresa que te da servicios de internet.

El módem de conexión ADSL no funciona sin una conexión a un ISP y este a las redes de Internet.

Igualmente el Módem GSM permite utilizar tu computadora para enviar mensajes de texto a terceras personas, para ello debemos utilizar las instalaciones de las operadoras.

Los operadores poseen grandes instalaciones de transmisores y receptores de ondas de radio que se ejecutan bajo frecuencias previamente asignadas por las autoridades competentes; en la mayoría de países del mundo, los gobiernos son los encargados de asignar bandas de frecuencias para ser utilizadas por operadores de toda índole.

El valor de las instalaciones de transmisión de voz y datos vía las ondas de radiofrecuencias son altamente costosas y rondan en los millones de dólares; por ello, ese desproporcionado porcentaje de distribución de las ventas.

Finalmente el módem GSM es una pequeña y diminuta herramienta que conforma esta gran cadena de posibilidades tecnológicas que está en franco desarrollo.

2.3 TELEMETRÍA VÍA SMS.

2.3.1 COMANDOS AT.

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MÓDEM.

Los comandos AT fueron desarrollados en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un MÓDEM para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del audio, fueron las compañías Microcomm y US

Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo.

Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de *attention*.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

Es claro que la implementación de los comandos AT corresponde a los dispositivos GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

NOTACIÓN DE LOS COMANDOS AT

El envío de comandos AT requiere la siguiente estructura:

Petición:



Figura 2.2 Estructura de Envío.

<CR> ...Carriagereturn

Respuesta Correcta:

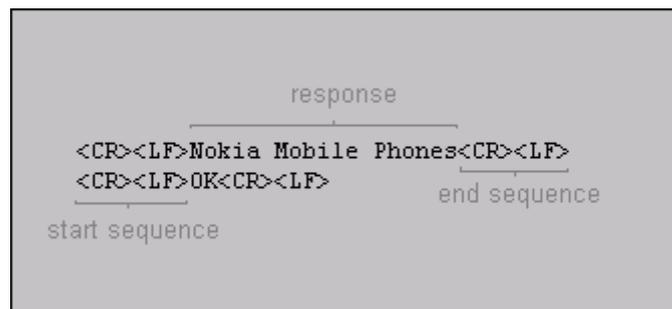


Figura 2.3 Estructura de la Respuesta Correcta.

<CR> ... Carriage return

<LF> ... Line feed

Respuesta Incorrecta:

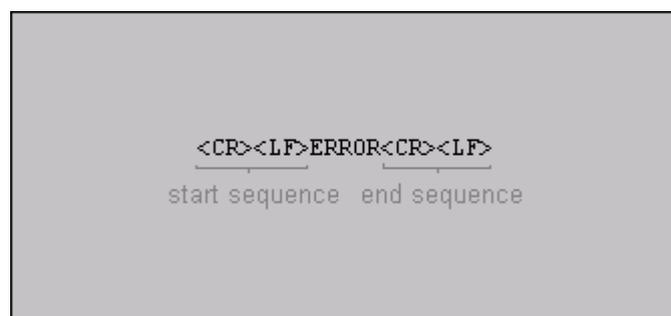


Figura 2.4 Estructura de la Respuesta Incorrecta.

<CR> ... Carriage return

<LF> ... Line feed

2.3.2 SINTAXIS DE COMANDOS AT.

Al comienzo de cada instrucción debe incluirse el prefijo "AT" o "at". Tanto para este prefijo como para el resto de los comandos no hay diferenciación entre mayúsculas y minúsculas. Aunque sí al incluir parámetros como el texto de un mensaje SMS. La mayor parte de los comandos siguen la sintaxis AT+CXXX donde CXXX es el nombre del comando.

Existen cuatro formatos de ejecución para cada comando AT. Cada formato se determina por la sintaxis cuyas diferencias se presentan en la siguiente tabla.

Comandos de Prueba	AT+CXXX=?	Devuelve una lista de los posibles parámetros que se pueden introducir con el correspondiente parámetro de escritura.
Comandos de Lectura	AT+CXXX?	Devuelve el parámetro o conjunto de parámetros actualmente establecidos.
Comandos de Escritura	AT+CXXX=<...>	Establece el valor a los parámetros introducido por el usuario.
Comandos de Ejecución	AT+CXXX	Este comando utiliza parámetros predefinidos en caso de que no hayan sido modificados con el correspondiente comando de escritura.

Tabla 2.2 Comandos de Ejecución

La respuesta dada por el módem a cada comando es distinta dependiendo del formato, incluso a pesar de que el comando sea el mismo.

Al final de cada comando se debe incluir un retorno de carro.

2.4 ENVÍO Y RECEPCIÓN SMS.

Los mensajes de texto (SMS) pueden tener hasta 160 caracteres de longitud donde cada caracter es de 7 bits que es reconocido fácilmente por un módem, para que un módem o un teléfono celular pueda enviar un mensaje se le envía un trama de caracteres en la cual va especificado el número del remitente el cuerpo del mensaje de texto el número de entro de mensajes de la operadora celular y otras características más que se explicaran posteriormente.

Los mensajes de texto se pueden enviar mediante comandos AT de dos maneras: Modo Texto y en Modo PDU

2.5 FORMATO TEXTO.

Es el más simple de entender y más fácil de usar ya que el mensaje no está codificado y se lo envía tal cual se lo escribe,

La secuencia de comandos para el envío es la siguiente:

AT	Comando de llamada de atención
OK	Respuesta del módem
AT+CMGF=1	Selección de formato texto

OK	Respuesta del módem
AT+CMGS="5598745362"	Número de remitente
> Hola Mundo	Cuerpo del mensaje
+CMGS:	Respuesta del módem
OK	Respuesta del módem

La secuencia de comandos para la recepción es la siguiente:

AT	Comando de llamada de atención
OK	Respuesta del módem
AT+CMGF=1	Selección de formato texto
OK	Respuesta del módem
AT+CMGL=0	Comando lista mensajes no leídos
+CMGL: Mensaje a leer	Respuesta del módem
OK	Respuesta del módem

2.6 FORMATO PDU.

Es una trama que no solo contiene el mensaje de texto sino que también mucha otra información tales como número de remitente, centro de servicios SMS, sello de tiempo, cuerpo del mensaje, etc.

La trama PDU para envío de SMS tiene la siguiente forma:

0011000B916407281553F80000AA0AE8329BFD4697D9EC37

Los caracteres en color son los más importantes de esta trama.

Los caracteres en color azul indican el número de la persona a la cual se le va a enviar el mensaje. La longitud del número de teléfono es impar (11), por lo que una F final se ha agregado para formar octetos apropiada. El número de teléfono es "+46708251358".

Los caracteres de color verde indican la longitud del mensaje original como por ejemplo: Hellohello tiene 10 caracteres por esa razón se pone 0A (Representación en Hexadecimal).

Los caracteres en rojo son el cuerpo del mensaje representados en formato de 7 Octetos (Conversión adjunto en el anexo).

La trama PDU para recepción de SMS tiene la siguiente forma:

**07917283010010F5040BC87238880900F1000099309251619580
0AE8329BFD4697D9EC37**

Los caracteres en color azul indican el número de la persona que envió el mensaje de texto. La longitud del número de teléfono es

impar (11), por lo que una F final se ha agregado para formar octetos apropiada. El número de teléfono es "+27838890001".

Los caracteres de color verde indican la longitud del mensaje original como por ejemplo: Hellohello tiene 10 caracteres por esa razón se pone 0A (Representación en Hexadecimal).

Los caracteres en rojo son el cuerpo del mensaje representados en formato de 7 Octetos.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.

La planta la cual usaremos es el módulo de entrenamiento Gunt RT-450 como consta en la siguiente figura:

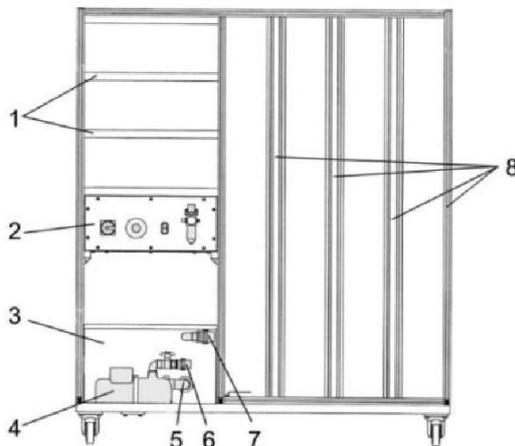


Figura 3.1 Módulo Base RT-450.

- 1) Bastidor para Módulos Eléctricos.
- 2) Armario de Distribución con Alimentación Eléctrica y Unidad de Mantenimiento para Aire Comprimido.

- 3) Depósito.
- 4) Bomba Centrífuga.
- 5) Salida de la Bomba.
- 6) Entrada de la Bomba.
- 7) Retorno de Agua del Sistema.
- 8) Bastidor con Perfiles de Aluminio.

A continuación se muestra el sistema de nivel implementado con sus componentes.

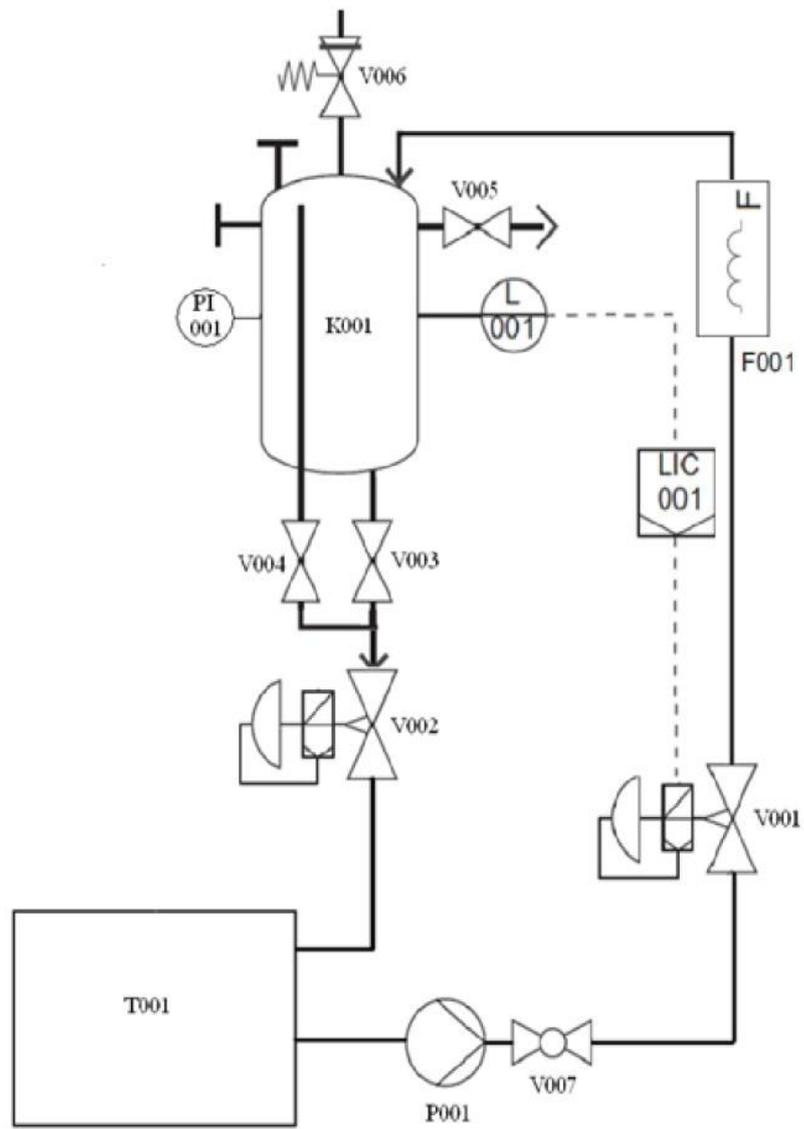


Figura 3.2 Diagrama P&ID del Sistema de Nivel.

Id	Elemento	Rango / Magnitud
K001	Planta de nivel	6,9 dm ³
T001	Depósito de reserva	75 dm ³
P001	Bomba	30 - 85L/min
L001	Sensor de nivel capacitivo	0 - 47 cm
F001	Sensor de flujo electromagnético	0 - 2.5 m ³ /h
PI001	Manómetro	0 - 2,5 bares
LIC001	Controlador	
V001	Válvula de control electroneumática (Actuador)	Kv = 1
V002	Válvula de control electroneumática (Perturbación)	Kv = 1
V003	Válvula de evacuación	1/2"
V004	Válvula de cierre del rebosadero	1/2"
V005	Válvula de ventilación	1/4"
V006	Válvula de seguridad	1/8" , 2 bares
V007	Llave de paso	1"

Tabla 3.1 Componentes del Sistema de Nivel.

3.1 SENSOR CAPACITIVO.

Consiste en una varilla que se sumerge en el agua y trabaja como condensador eléctrico. El valor de la constante dieléctrica de este condensador cambiará a medida que varía el nivel de agua en el tanque.



Figura 3.3 Sensor Capacitivo.

3.2 VÁLVULA DE CONTROL.

Las válvulas obstruyen el paso de un fluido a través de una tubería. Existen varios tipos de válvulas que de acuerdo a su construcción, condicionarán el comportamiento del fluido en diferentes formas.

La válvula de control es en muchos casos el elemento a ser manipulado con el fin de corregir la desviación en un lazo cerrado de control, logrando esto mediante la regulación del flujo.

La válvula de control más común y la usada en este sistema es la válvula tipo Globo.

Al cerrarse completamente el obturador (3) descansa sobre el asiento (6). El momento que el vástago (5) levanta al obturador, se establece un flujo que variará de acuerdo a la carrera o posición del vástago. El vástago se acciona con aire comprimido que actúa en la cabeza de la válvula sobre una membrana (2). Esta membrana está acoplada a un muelle mecánico (1) que se comprime por efecto de la fuerza de presión establecida.

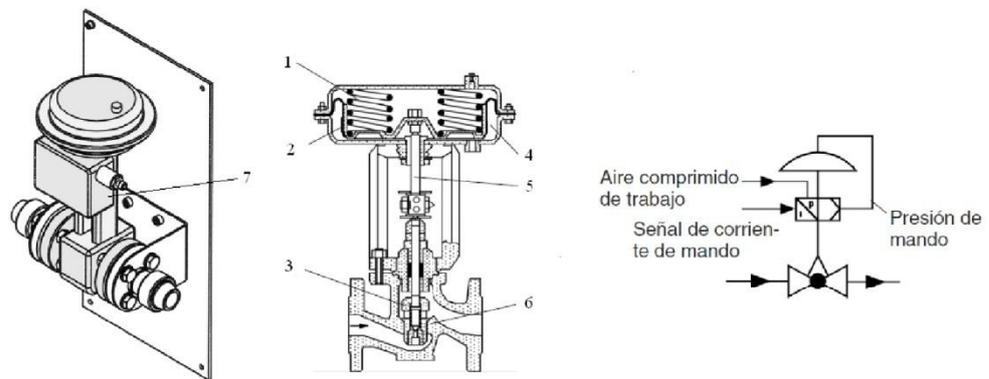


Figura 3.4 Válvula de control.

Debido a que la posición del vástago depende tanto de la fuerza del aire comprimido en contra del resorte y del fluido que circula, se hace necesaria una regulación que garantice la relación lineal entre la señal de entrada de corriente y la posición que se establece. Esta misión la cumple un posicionador (7), el cual contiene un convertidor i/p y un sistema mecánico de regulación, donde el set point es la posición especificada por la señal de corriente.

3.3 CONTROLADOR INDUSTRIAL ABB.

Es un controlador digital universal con microprocesador incorporado y por lo tanto capaz de ser configurado y parametrizado a través de menús, para llevar a cabo tareas de mediana complejidad de control de procesos.

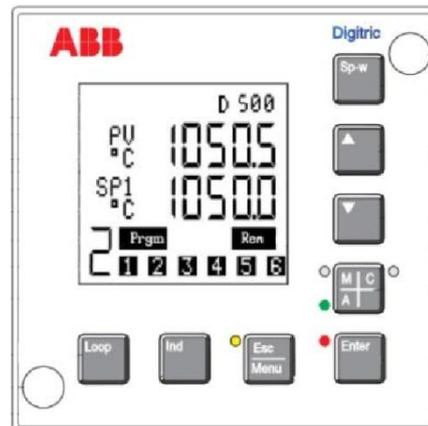


Figura 3.5 Controlador Industrial Digitric 500

El panel frontal de este controlador cuenta con una pantalla en donde se puede observar la señal de la variable de proceso, el set point, la salida del controlador. Mediante las teclas provistas se puede ingresar a los diferentes menús.

El controlador cuenta con terminales básicos aparte de los cuales, un módulo de comunicación Profibus y uno de salidas analógicas de corriente han sido añadidos.

En este proyecto se usa una entrada analógica de corriente AI01 para el sensor de nivel y otra para el sensor de flujo; la salida AO01 para la válvula 1 y la salida AO31 (proveniente del módulo adicional) para la válvula 2.

3.4 PLC KLOCKNERMOELLER.

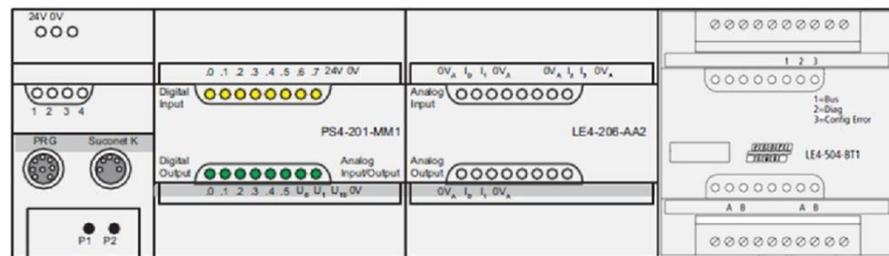


Figura 3.6 PLC.

El CPU o unidad central (PS4-201-MM1) tiene instalado un módulo de entradas y salidas analógicas de corriente (LE4-206-AA2), y un módulo de comunicación Profibus (LE4-504-BT1). El módulo de señales analógicas de corriente pone a disposición 4 entradas de 0/4 a 20mA y 2 salidas de 0/4 a 20mA. Por medio del módulo de comunicación el PLC puede constituirse como esclavo de una red Profibus.

El CPU cuenta con 8 entradas y 6 salidas digitales de 24v. Las entradas y salidas se enlazan entre sí de forma lógica por medio de un programa. El programa se carga a través de la respectiva interfaz y se guarda con carácter permanente en una EEPROM.

CAPÍTULO 4

4. ADQUISICIÓN DE DATOS Y LABVIEW.

4.1 SOFTWARE LABVIEW.

LabVIEW es un software de programación utilizado para desarrollar sistemas de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos. Posee una integración con diversos tipos de hardware desde microcontrolares hasta procesadores muy complejos, brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos, desde su introducción en 1986 se ha vuelto un líder en la industria.

Programación Más Rápida.

Programación Gráfica, programación con bloques de función gráficos y de click y arrastre en lugar de escribir líneas de texto.

Representación de Flujo de Datos.

Desarrolle, mantenga y comprenda el código fácilmente con una representación intuitiva en diagramas de flujo.

Integración de Hardware con LabVIEW.

E/S y Comunicación, podemos conectar a cualquier instrumento o sensor con bibliotecas integradas y miles de controladores de instrumentos.

Hardware Plug-and-Play.

Integración perfecta con dispositivos Plug-and-Play para USB, PCI, PXI, Wi-Fi, Ethernet, GPIB y más.

Análisis y Procesamiento de Señales Avanzados e Integrados.

Análisis Integrado, obtenemos acceso a miles de funciones específicas para ingeniería como análisis de frecuencia, ajuste de curvas y más.

Procesamiento de Señales en Línea.

Interactúe con las medidas y realice análisis en línea en tiempo real en señales adquiridas.



Figura 4.1 Procesamiento de Señales.

Visualización de Datos e Interfaces de Usuario.

Controles Integrados.

Interactúe con datos usando cientos de controles de clic-y-arrastre, gráficas y herramientas de visualización en 3D.

Controles Personalizados.

Personalice fácilmente la posición, el tamaño y el color de los controles integrados o cree sus controles en segundos

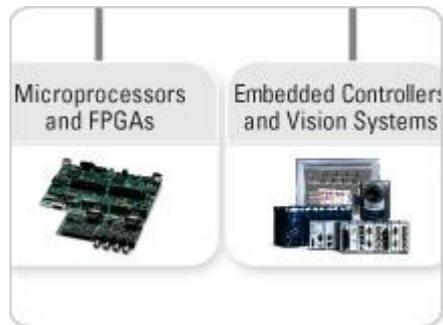


Figura 4.2 Controles Personalizados.

Múltiples Objetivos y SOS.

PC y SO's en Tiempo Real, Desarrolle y reutilice código con Windows, Mac, Linux y SO's en tiempo real como VxWorks

FPGAs y Microprocesadores. Se puede conectar a varias arquitecturas embebidas, incluyendo microcontroladores ARM y FPGA's, con el mismo enfoque gráfico.

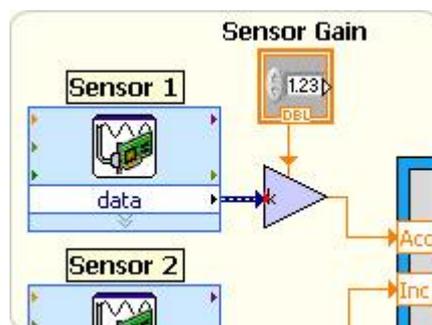


Figura 4.3 Múltiplos Objetivos.

Varios Enfoques de Programación.

Reutilización de Código, integre código basado en texto y DLL's o incorpore fácilmente archivos .m originales y de otras empresas.

Varios Patrones de Diseño.

Incorpore modelos adicionales de cómputo como diagramas de simulación dinámica y gráficos de estado.

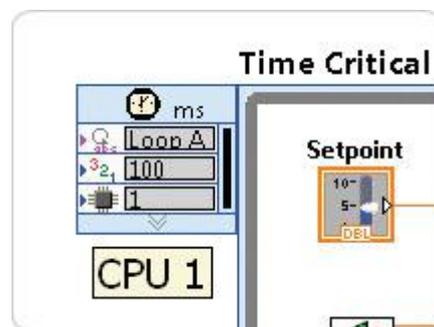


Figura 4.4 Varios Patrones de Diseño.

Programación Multinúcleo.

Multithreading Automática, puede trabajar más rápido con grandes juegos de datos y algoritmos complejos porque LabVIEW se ejecuta en múltiples hilos.

Identificación de Ejecución.

Optimice el código fácilmente para ejecución paralela usando herramientas integradas para depuración y visualización

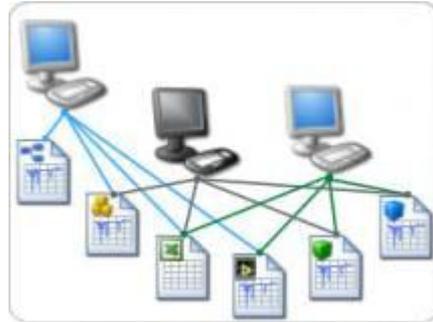


Figura 4.5 Identificación de Ejecución.

Almacenamiento de Datos y Reportes.

E/S a Archivo Diseñada para Crear Datos, Concéntrese en sus datos y no en convertir formatos con soporte integrado para una amplia variedad de archivos.

Herramientas Flexibles para Reportes.

Comparta sus resultados al generar reportes desde sus datos adquiridos.

4.2 NI LABVIEW PID AND FUZZY LOGIC TOOLKIT.

El NI LabVIEW PID and FuzzyLogicToolkit añade sofisticados algoritmos de control para el sistema de instrumentación de desarrollo de software. Al combinar las funciones de la lógica fuzzy

PID y control en este juego de herramientas con las funciones matemáticas y la lógica en el software LabVIEW se puede desarrollar rápidamente programas para el control automatizado. Integrar estas herramientas de control con el hardware de adquisición de datos y el módulo LabVIEW Real Time para crear sistemas de control robustos y determinísticos.

4.3 REPORT GENERATION TOOLKIT.

El NI LabVIEWReportGenerationToolkit para Microsoft Office es una biblioteca flexible, fácil de usar para crear y editar mediante programación informes desde LabVIEW, ya sea que se necesite para generar informes, resúmenes, formatos de pruebas o recopilar estadísticas para mejorar el rendimiento de la producción, el LabVIEWReportGenerationToolkit acelera el desarrollo de informes personalizados y profesionales en mucho menos tiempo.

4.4 DATALOGGING AND SUPERVISORY CONTROL MODULE.

El NI Datalogging and Supervisory Control Module extiende los beneficios de la programación gráfica para el desarrollo de HMI/SCADA con LabVIEW DSC Module se obtiene un alto número

de canales de registro de datos, de forma interactiva se puede desarrollar sistemas de control para que lo utilicen miles de personas, este módulo incluye herramientas para comunicarse con PLC's convencionales así como controladores de automatización programables como el CompactRIO, así como también crear datos históricos, alarmas y eventos para la gestión y desarrollo de HMI.

CAPÍTULO 5

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El sistema consiste en el control de la planta didáctica Gunt RT.50. Por medio de un dispositivo móvil, en este caso, el celular de gama media - baja (Sony Ericsson w810i) será el hardware que permita enviar los mensajes de texto a través de una red celular, en este caso la red de la telefonía CLARO, cabe recalcar que el sistema puede funcionar en cualquier red de las tres compañías de telefonía móvil del país.

5.1 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

El proceso empezará enviando un mensaje de texto al usuario indicando los comandos a utilizar, este mensaje también sirve para indicarnos que la comunicación con el móvil está correcta. Mientras no se envíe un SMS con el comando adecuado (fijar set point) el

proceso no iniciará. Una vez fijado el valor de set point, el proceso a través de su control PID ajustará los valores de salida al nivel seteado.

Además de esto el sistema guarda en una tabla cada minuto los valores del proceso variable, el set point y la salida, esto con la finalidad de poder generar un reporte con solo presionar un botón.

El sistema a la par verifica si ha llegado un nuevo mensaje con algún comando ya sea para cambiar set point o para pedir datos.

El sistema también posee una alarma de nivel alto seteado por el usuario, en caso de que esta alarma se active el mismo procederá a enviar un mensaje SMS indicando que la alarma se ha activado y terminará el proceso

5.1.1 COMANDOS SMS PARA MANEJO DE LA PLANTA.

El mensaje inicial es utilizado para que el usuario sepa q comando puede usar:

Comando # 1.

Este comando se utiliza para fijar el Set Point, se lo usa enviando un mensaje SMS con el siguiente formato:

The image shows the text "SP 15" enclosed in a rectangular border. The text is bold and centered within the box.

Figura 5.1 Formato de Set Point.

SP indica que el comando a utilizar es para cambiar el set point, estas letras están seguidas de un espacio y posteriormente un valor numérico que indica el valor que el usuario desea fijar.

Comando # 2.

Este comando se utiliza para pedir Datos del proceso, el sistema responderá con un mensaje SMS que contendrá el valor del set point y el valor de la variable.

The image shows the text "DATOS" enclosed in a rectangular border. The text is bold and centered within the box.

Figura 5.2 Formato de Datos.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES VI'S.

5.2.1 VI'S UTILIZADOS.

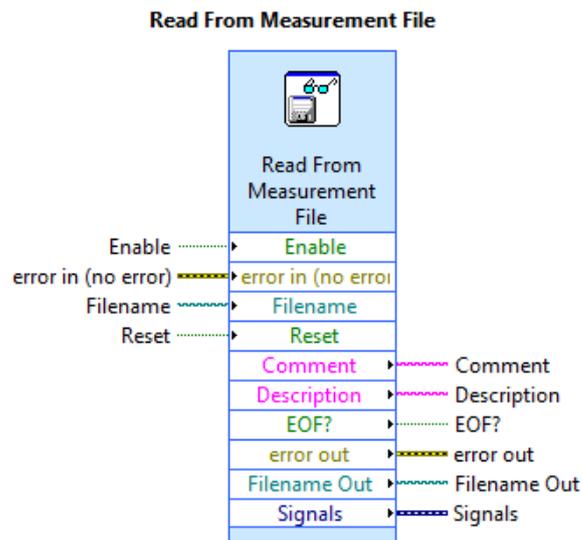


Figura 5.3 VI Lector de Archivo de Datos.

Este Vi lee un archivo de datos ya sea un .lvm o .tdm o .tdms y del cual se pueden obtener señales previamente guardadas con el Write to Measurement File y poderlas mostrar ya sea en un indicador gráfico o disponerlas de la manera que uno las requiera.

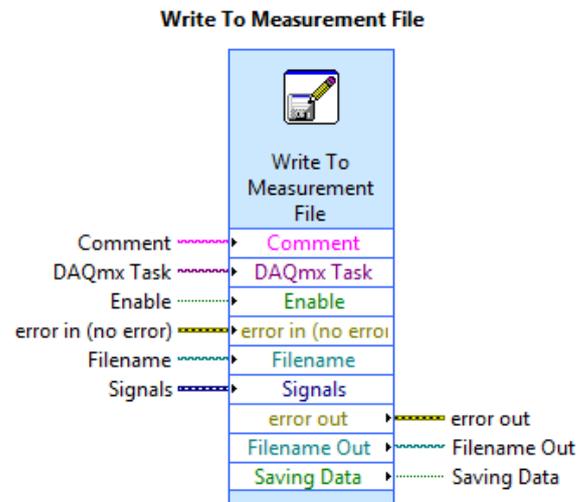


Figura 5.4 VI Grabador de Datos.

Este VI graba datos ya sea de señales o directamente desde un task de la tarjeta DAQ, se lo puede configurar de varias maneras, para mayores detalles se puede consultar el Context Help de LabVIEW.

Los archivos que se graban son .lvm o .tdm o .tdms.

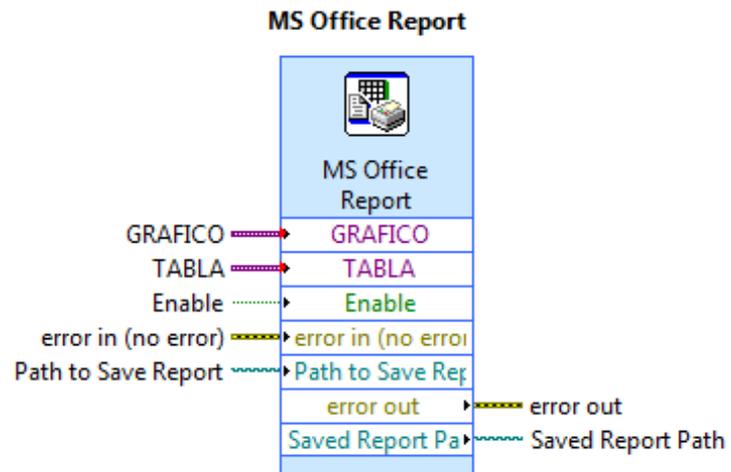


Figura 5.5 VI para MS Office.

Este VI permite configurar un archivo de office para generar un reporte usando plantillas previamente definidas con formato y una debida identificación de las variables a usar, este VI viene incluido en el LabVIEW Report Generation Tool Kit.

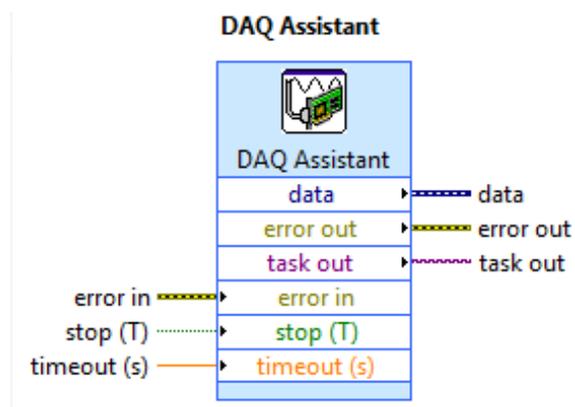


Figura 5.6 VI Asistente DAQ.

Este VI crea edita y corre tareas usando el NI-DAQmx, en breves palabras sirve para manejar datos a través de los equipos de adquisición de datos de National Instruments.

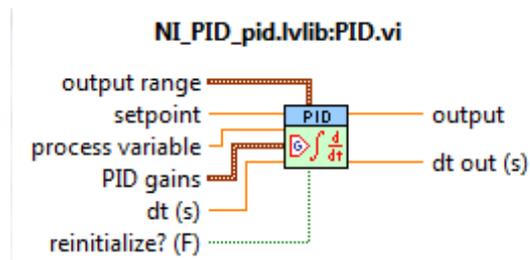


Figura 5.7 VI PID.

Este Vi implementa un controlador PID usando diversos algoritmos para crear una aplicación de rápida respuesta y gran eficiencia, este Vi requiere fijar los niveles de salida y el nivel de set point y ajustar las ganancias del proceso.

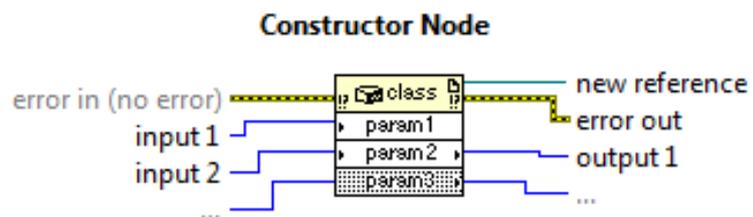


Figura 5.8 VI Nodo Constructor.

Este Vi sirve como interface para usar un .dll en LabVIEW.

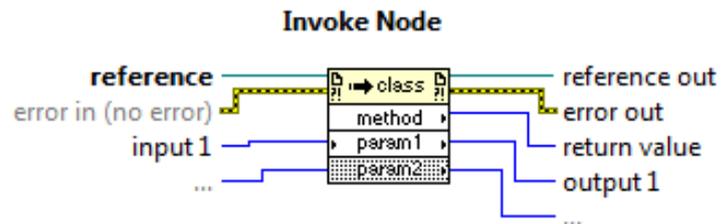


Figura 5.9 Nodo Invocador.

Este VI requiere conexión con el VI Constructor Node para poder usar las subrutinas del .dll.

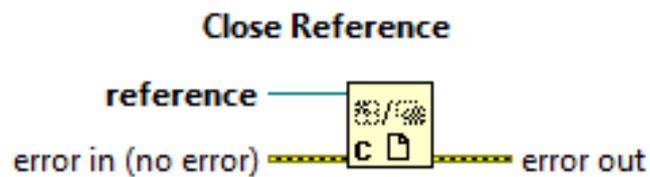


Figura 5.10 VI Cerrar Aplicación.

Este VI sirve para que la aplicación no quede abierta en el proceso, es conveniente cerrarla debido a que si queda abierta el .dll no se podrá usar en otra parte del proceso.

5.2.2 VI's CREADOS.

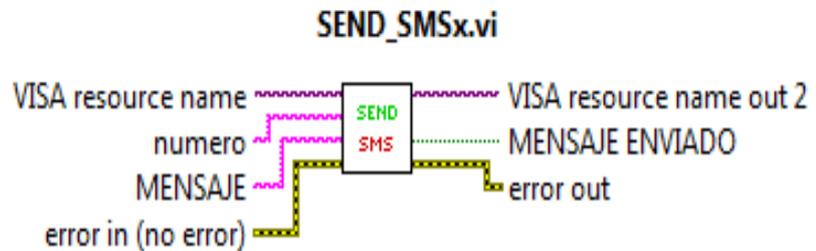


Figura 5.11 VI Enviar SMS.

Este VI envía mensajes SMS a un número determinado que es ingresado por el usuario desde el panel frontal de LabVIEW.

número: El formato del número ingresado es "085xxxxxx"

MENSAJE: Cuerpo del mensaje de hasta 160 caracteres.

error in(error): Indica si hay alguna falla.

MENSAJE ENVIADO: Es un indicador booleano que indica si el mensaje se envió correctamente.

error out: Indica si hay alguna falla.

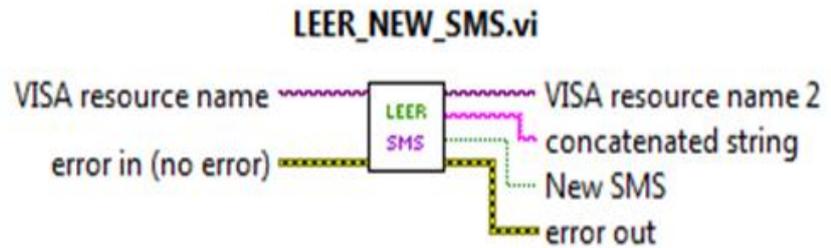


Figura 5.12 VI Leer Nuevo SMS.

Este VI lee los mensajes SMS que son enviados por el usuario, ya sea para pedir datos o para ingresar el Set Point.

error in(error): Indica si hay alguna falla.

concatenated string: Es el mensaje recibido.

New SMS: Es un indicador booleano que indica si el mensaje se envió correctamente.

error out: Indica si hay alguna falla.

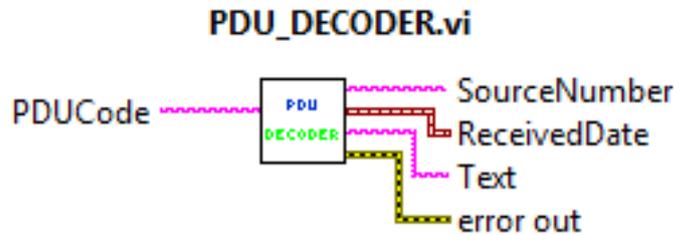


Figura 5.13 VI Decodificador PDU.

Este VI sirve decodificar la trama PDU (ver capítulo 2)

PDUCode: Ingreso de la cadena en formato PDU.

SourceNumber: Es el número del usuario que se extrajo de la cadena.

ReceivedDate: Es la fecha del SMS.

Text: Es el texto o cuerpo del SMS.

error out: Indica si hay alguna falla.

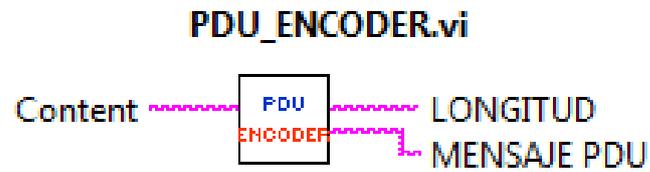


Figura 5.14 VI Codificador PDU.

Este VI sirve codificar la trama PDU (ver capítulo 2)

Content: Es el mensaje en formato de texto.

LONGITUD: Es el tamaño o longitud de los caracteres transformados a formato PDU, esta longitud sirve para formar la cadena para el envío de mensajes.

MENSAJE PDU: Es el mensaje en formato PDU (7 octetos).

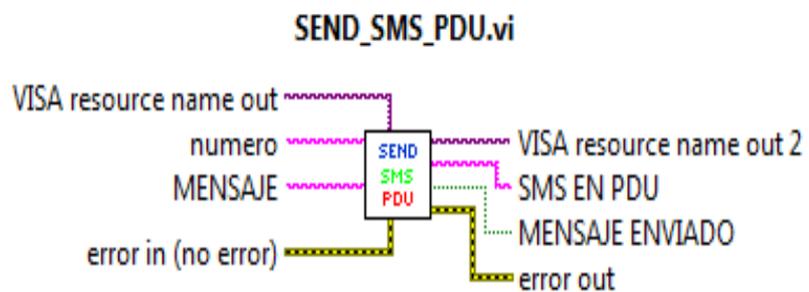


Figura 5.15 VI Enviar SMS PDU.

Este VI es la base para el VI SEND_SMSx, este recibe el número con la codificación +593 y el número celular excluyendo el primer dígito.

número: Es el número en formato +593.

MENSAJE: Es el mensaje a enviar.

error in(error): Indica si hay alguna falla.

SMS EN PDU: Es el mensaje recibido.

MENSAJE ENVIADO: Es un indicador booleano que indica si el mensaje se envió correctamente.

error out: Indica si hay alguna falla.

5.3 IMPORTAR UN DLL A LABVIEW.

Partiendo de la figura 5.8 al hacerle doble click al sub-vi se obtiene un menú para encontrar la dll a usarse ver figura 5.16.

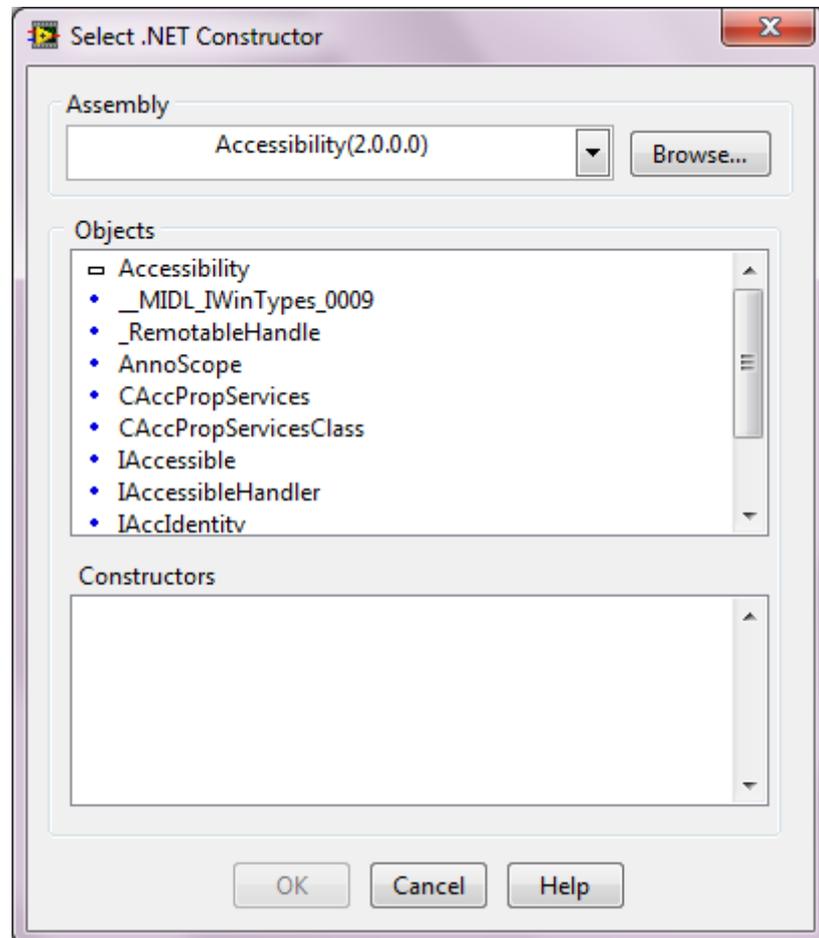


Figura 5.16 Menú para .dll.

En este submenú podemos encontrar una ventana con los objetos disponibles a seleccionar.

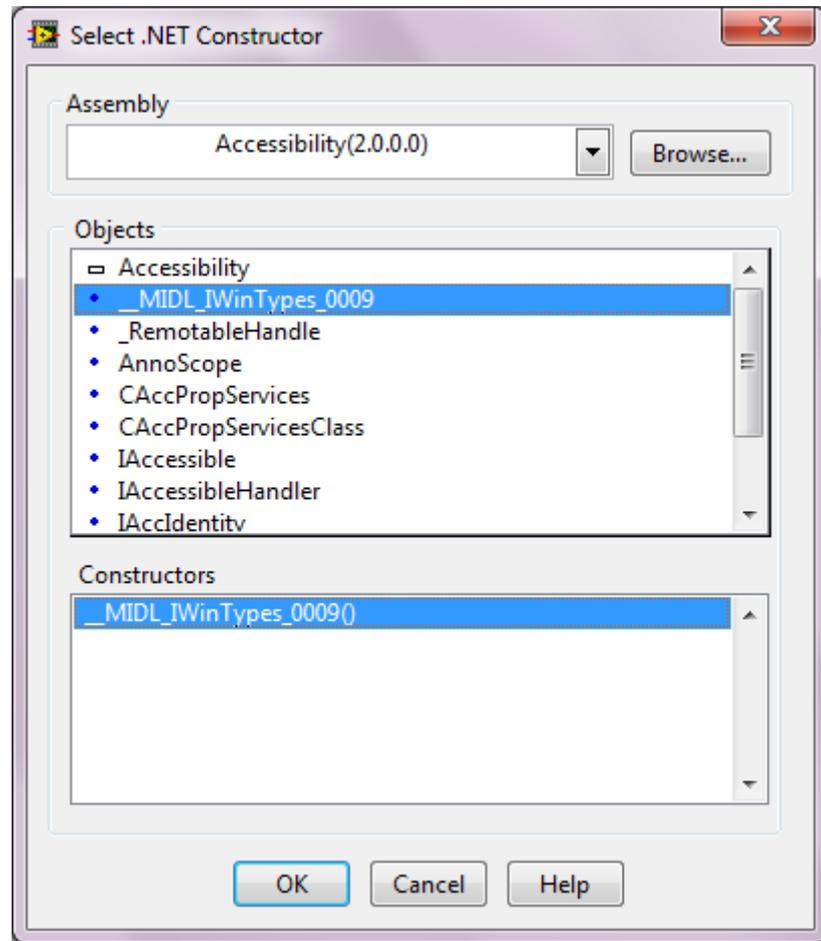


Figura 5.17 Submenú para .dll.

En la ventana Constructors encontraremos las subrutinas para efectuar algún procedimiento. Refiriéndonos a la figura 5.17 este sub-vi llama a la subrutina para ser utilizada en LabVIEW, el tipo de variable viene dado por cómo se haya definido la variable dentro de la subrutina.



Figura 5.18 Concatenar SMS.

Dando click en el nodo Invocador se puede seleccionar la subrutina que se desea utilizar.

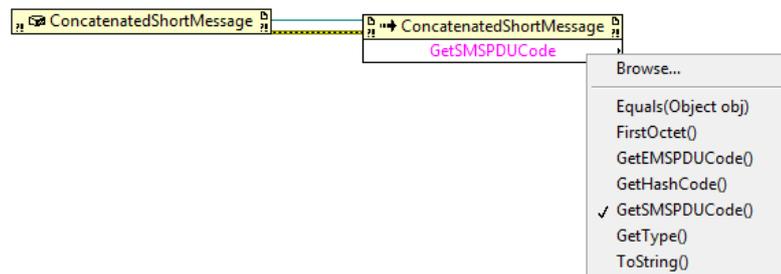


Figura 5.19 Submenú Concatenar.

5.4 GENERACIÓN DE REPORTE EN EXCEL.

Primero debemos crear una plantilla en Excel y darle nombre a las celdas ya que en estas celdas se publicarán los datos que se desean mostrar, al darle doble click en la figura 5.20 aparecerá la

figura 5.21 que es el asistente del MS Office Report en el cual escogeremos el tipo de reporte ya sea en Excel o Word y luego escogeremos la ubicación de nuestra plantilla, en la parte de Report Contents podemos ver los nombres de las celdas que previamente creamos en nuestra plantilla a los cuales les debemos elegir que tipo de valor (Value Source) y apariencia (Input Appearance in Report) deben tomar en el reporte.

En Report Destination escogemos entre guardar, abrir o imprimir el archivo, al hacer click en Configure Save to File Options aparecerá el cuadro de la figura 5.22, donde podemos escoger donde guardar nuestro archivo y diversas opciones para su debida identificación.

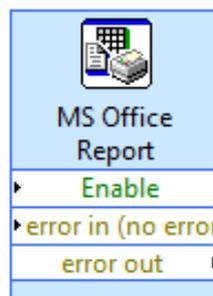


Figura 5.20 VI MS Office Report.

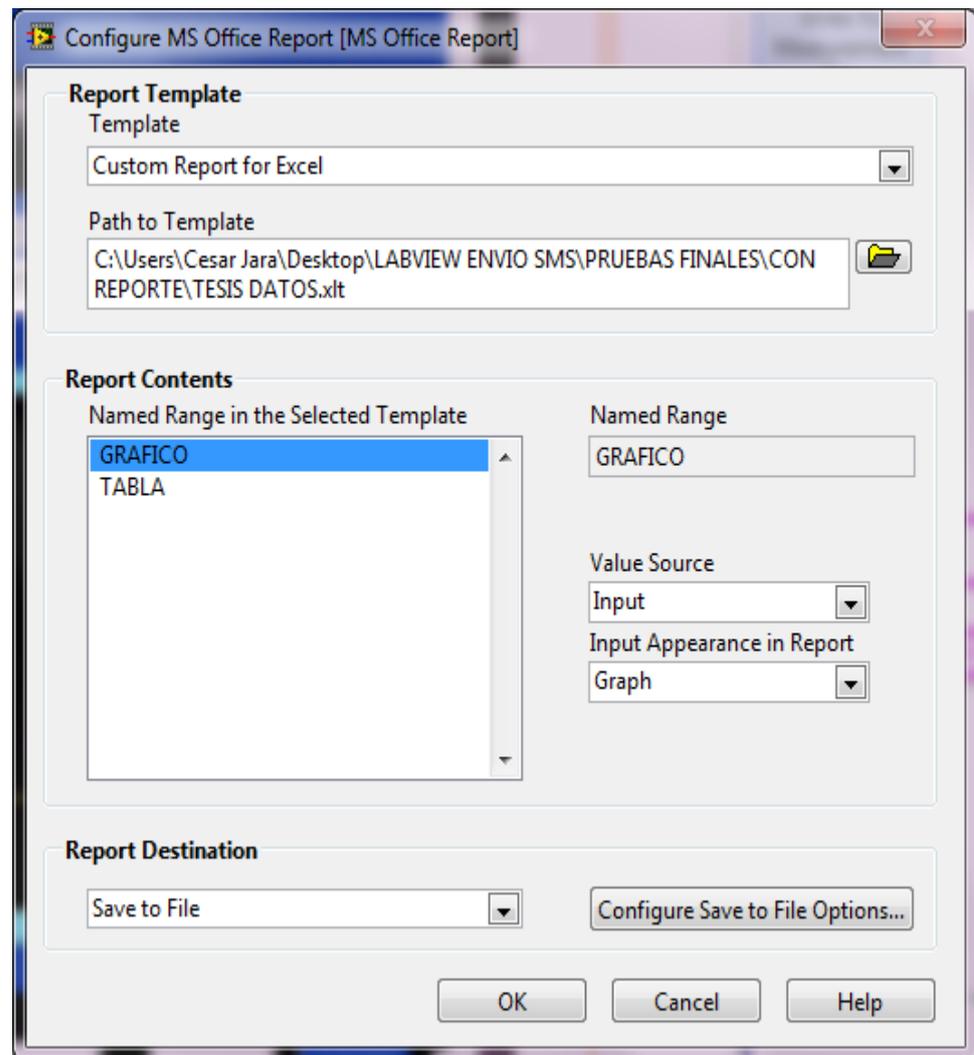


Figura 5.21 Configurar VI MS Office.

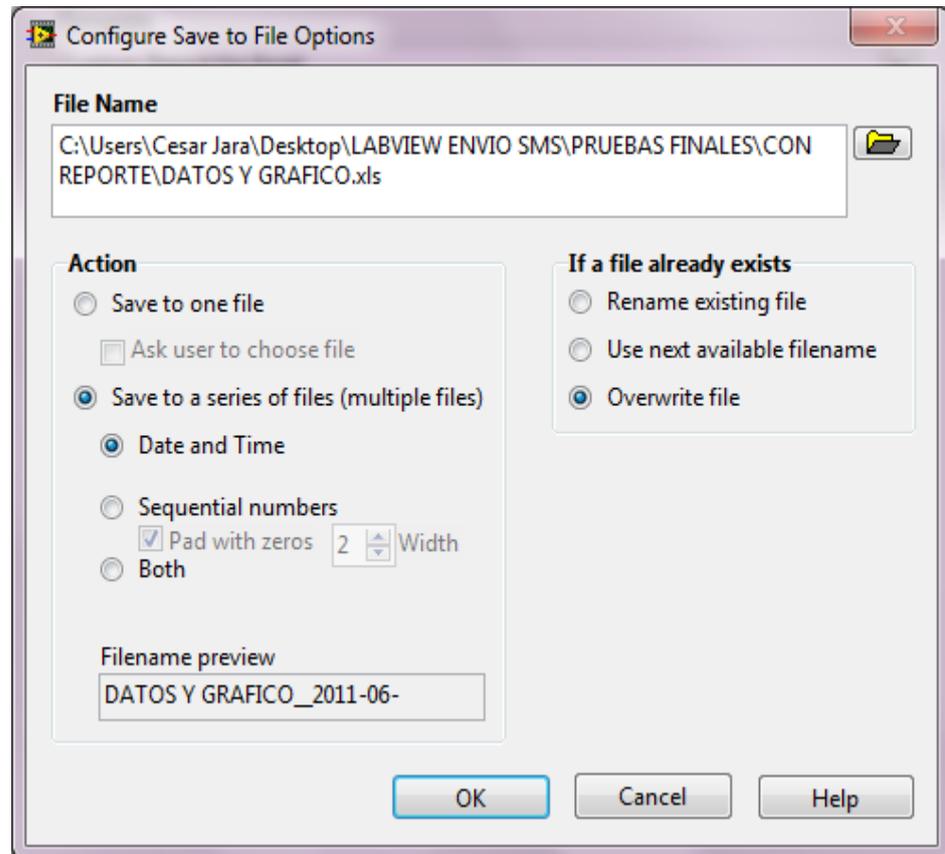


Figura 5.22 Opciones de Guardado.

5.5 PANEL FRONTAL.

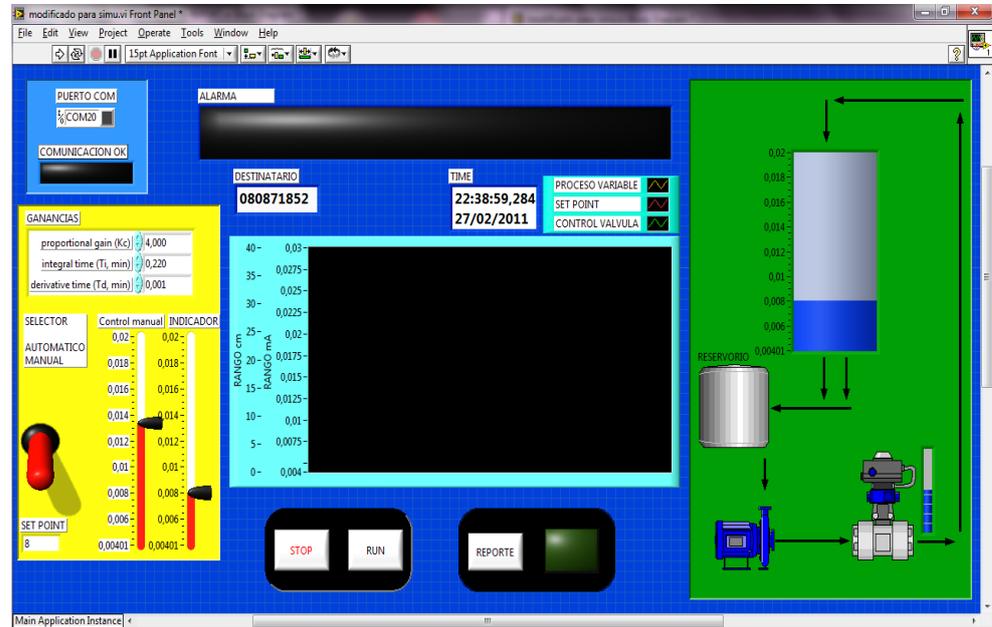


Figura 5.23 Panel Frontal Parte Superior.

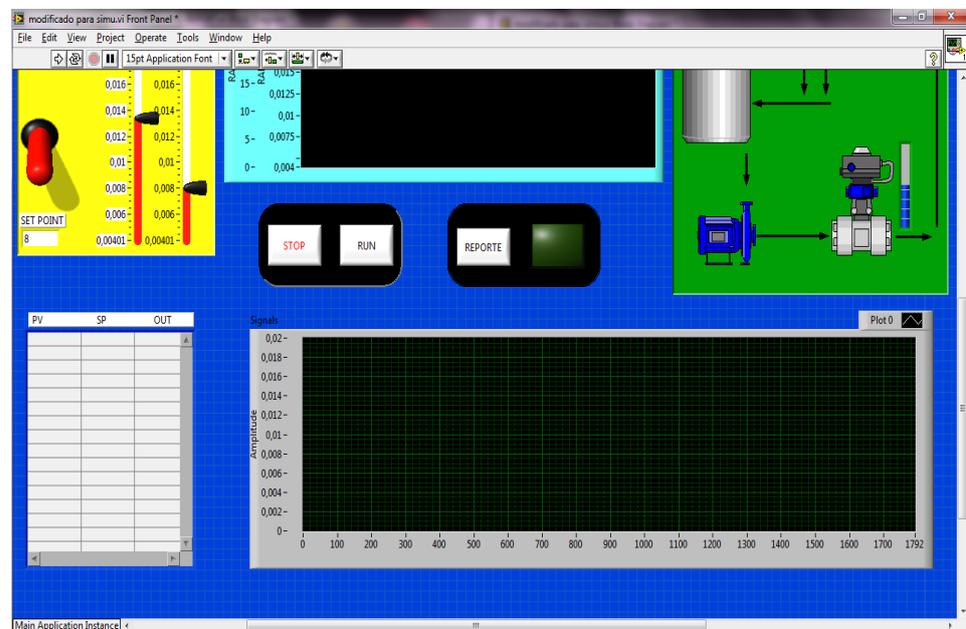


Figura 5.24 Panel Frontal Parte Superior

5.5.1 DESCRIPCIÓN.

El recuadro azul claro tiene un cuadro de control (Puerto COM) para escoger el puerto de comunicación en el cual está conectado el celular y un indicador (Comunicación OK) que nos muestra cuando la comunicación entre LabVIEW y el celular es correcta.

El recuadro ALARMA que se encuentra en la parte central superior del panel frontal se enciende cuando se ha pasado un nivel fijado por usuario el cual nosotros nos referimos como nivel alto, si se activa esta alarma se apaga el proceso.

El recuadro DESTINATARIO es donde se ingresa el número del celular del usuario con quien se interactuará en el proceso.

El recuadro TIME es un indicador de tiempo.

El recuadro amarillo contiene un control de ganancias para el PID, la cuales se determinaron mediante el método de prueba y error, también posee un selector entre AUTOMATICO y MANUAL los cuales nos sirven para hacer

funcionar la ALARMA y así simular un falla, el Control manual nos sirve para fijar el nivel de SET POINT cuando el selector está en modo MANUAL, el INDICADOR nos muestra el valor de set point seteado, cuando está en modo automático nos muestra el valor de set point fijado por usuario mediante el envío de SMS y cuando está en modo manual nos muestra el valor de set point fijado mediante el Control manual.

El recuadro verde es un breve diagrama de la planta el cual fue creado con ayuda del DSC Module Tool Kit y sus gráficos fueron sacados a través del Image Navigator.

El recuadro celeste nos muestra en un indicador gráfico las variables del proceso y como van cambiando a lo largo del tiempo, el proceso variable está indicado en amarillo, el valor de set point fijado está indicado en rojo y el control de apertura de la válvula está indicado en verde.

Los botones de acción en el recuadro negro sirven para detener, iniciar y pedir un reporte del proceso, cabe recalcar que cada minuto el sistema guardará los datos para posteriormente generarlos en un reporte.

En el indicador gráfico plomo se puede observar un historial de cómo ha ido cambiando la variable a lo largo de todo el proceso, se muestra cuando uno presiona el botón de REPORTE y también existe una tabla en la cual uno puede acceder a los valores del proceso guardados cada minuto.

5.6 UTILIZACIÓN DEL SISTEMA.

Primero se debe conectar el módem o dispositivo celular y establecer en que puerto de comunicación se ha ubicado el dispositivo, al tener identificado el puerto abrimos nuestro VI en LabVIEW y en el recuerdo azul claro de la figura 5.23 seleccionamos el puerto de comunicación.

Corremos el programa y verificamos si el indicador de COMUNICACION OK está encendido de color verde, de ser así la comunicación entre LabVIEW y el celular ha sido exitosa. Debemos encender la bomba manualmente.

El siguiente paso es poner el número de celular con el cual se interactuará para proseguir dando click en RUN, se debe verificar que haya llegado el mensaje al celular del destinatario, acto siguiente

se debe responder el mensaje con el comando de set point, se debe tener en cuenta que el selector debe estar en modo automático para que el sistema inicie con el valor del set point del SMS.

El proceso empezará automáticamente a llegar al set point fijado y se mantendrá en el mismo a través del control PID, cada minuto en la tabla de la figura 5.24 se registrará el valor de la variable del proceso, si el proceso debido a diferentes causas pasa el nivel alto, el indicador de ALARMA se activará en rojo posteriormente cerrará la electroválvula proporcional, envía un SMS indicando que la alarma se activó y parará el proceso.

Mientras el proceso este funcionando ya sea en modo automático o manual podremos presionar el botón de REPORTE y este generará un reporte en formato de Excel y mostrará en el indicador gráfico de la figura 5.24 como se ha comportado la variable hasta ese momento.

Durante cualquier momento del proceso se puede pedir datos mediante un SMS enviado por el usuario y con presionar el botón STOP terminará el proceso.

CONCLUSIONES

1. Mediante este proyecto se pudo ver la interacción entre LabVIEW y sistemas de comunicación inalámbricos como el celular Sony Ericsson W810 y sus buenas aplicaciones como conjunto para el control y monitoreo de Procesos Industriales.
2. LabVIEW es un software muy completo ya que nos permite el control de la planta mediante la implementación de un PID para la misma, también nos permite la implementación de los VI's para la recepción y envío de mensajes de texto (SMS) para su debido control y monitoreo.
3. LabVIEW con su interface muy amigable nos permitió la creación de los VI's de recepción y envío de una manera sencilla mediante la teoría de los comandos AT.
4. La planta Gunt RT 450 que es la utilizada en este proyecto es de gran ayuda didáctica debido a su fácil conectividad con la CompactDAQ para el control y monitoreo mediante el software de LabVIEW.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable es hacer pruebas a los equipos e instrumentos, para verificar los valores de los parámetros indicados en la placa, puesto que los manuales pueden contener errores.
2. Al controlar una planta, es importante efectuar pruebas de la magnitud de los efectos que acarrear los cambios en las entradas del sistema para así tener excelentes resultados.
3. Tener mantenimientos periódicos para hacer una limpieza del sistema de tuberías y reservorio del tanque, y hacer una prueba utilizando refrigerante anticorrosivo como líquido de trabajo, para de esa manera evitar el óxido.
4. Se recomienda utilizar celulares no tan actuales para el uso del módem ya que los celulares actuales usualmente vienen con ciertas restricciones que no permiten la lectura ni recepción de mensajes de texto (SMS) en LabVIEW.

5. Es recomendable revisar el saldo del dispositivo que se usa como módem para siempre poder monitorear la planta o en su defecto activar un paquete de SMS ilimitados para el celular.

ANEXOS

ANEXO A

BOMBA CENTRÍFUGA

Una bomba es una máquina que provee energía a un líquido para moverlo hacia un nivel más alto de energía. Las bombas centrífugas tienen un rotor de paletas, de tal manera que al girar, su fuerza centrífuga expulsa el líquido por la descarga. La bomba proporciona un caudal al proveer al líquido de energía para vencer los obstáculos a lo largo del trayecto. Estos obstáculos comprenden la altura manométrica y pérdidas de carga.

La altura manométrica es simplemente la distancia que el líquido debe subir, mientras que las pérdidas de carga se refieren a la resistencia al flujo en el sistema de tuberías.

La máxima altura de elevación (Head) es una característica de la bomba centrífuga que representa la máxima distancia vertical a la que puede llevar a un líquido, estableciendo también un caudal mínimo para esa altura máxima.

Para alturas inferiores se irán estableciendo caudales mayores, hasta llegar a una altura mínima, debajo de la cual la operación de la bomba no es aconsejable por el fenómeno de la cavitación.

Datos de placa

Bomba Centrífuga de dos etapas

Marca: Lowara

Modelo: 2HMS36/A

Caudal disponible: 30 – 85 l/min

Altura de elevación: 13.2 – 5.7m

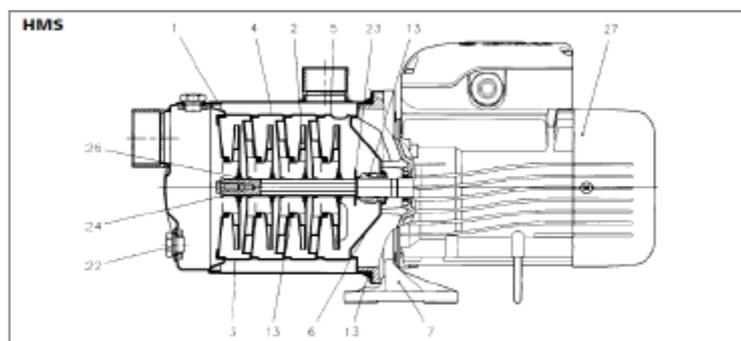
Potencia de entrega: 0.3Kw

Motor monofásico 60 Hz

Capacitor de 40uF/450v

Corriente de entrada: 4.25A

Potencia de entrada: 0.43Kw



La figura presenta las partes principales de toda una familia de bombas agrupadas en el conjunto de modelos HM. En nuestro caso contiene solo dos etapas.

1 Cuerpo de la bomba

4 Difusor

2 Impulsor

5 Difusor final

3 Cubierta de la etapa

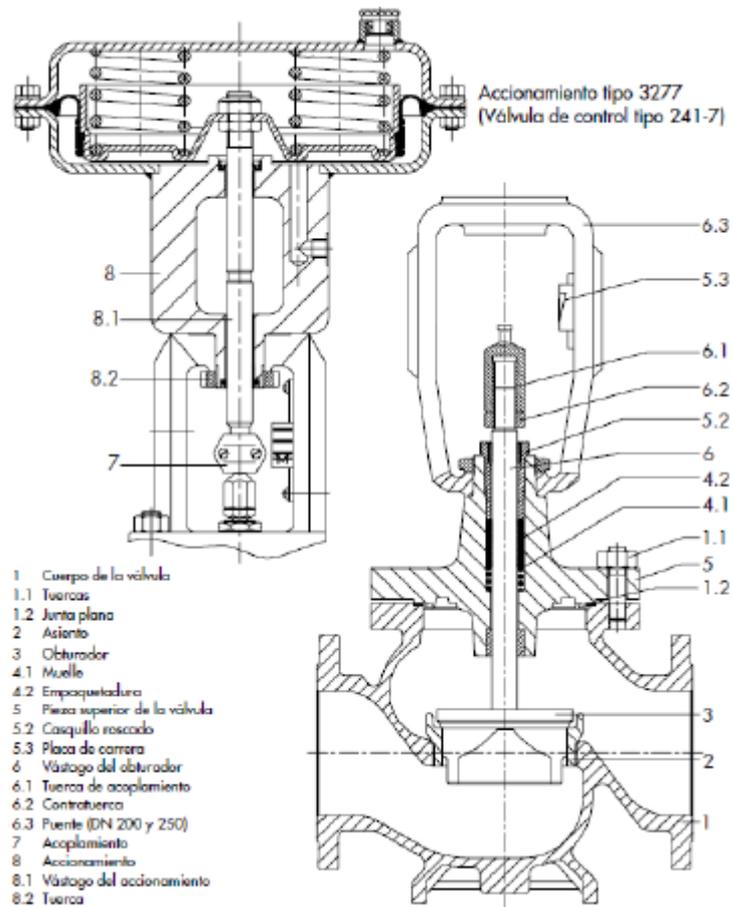
6 Disco de sello

7 soporte

13 Sello mecánico

ANEXO B

VÁLVULA DE CONTROL



Válvula de globo con un asiento

Accionamiento tipo 3277, vástago saliendo por la fuerza del resorte

Accionamiento neumático tipo: 3277

Válvula tipo: 3241

Carrera: máx. 15mm

Kvs: 1,0

Conexión hidráulica

Racor de apriete \varnothing 25mm

Energía auxiliar: Aire comprimido 2 bares

Curva característica: Lineal

Sentido de actuación: Normalmente cerrada si no hay presión

Posicionador

Carrera	5 a 15 mm (ver también la tabla 2, resortes de medición)	
Magnitud guía	neumática	0,2 a 1 bar (3 a 15 psi)
Span para servicio rango partido 0 a 50 % a 50 a 100 %	eléctrica	4 a 20 mA (sólo Ex) · $R_L = 250 \Omega \pm 7\%$
		4 a 20 mA (no Ex) · $R_L = 200 \Omega \pm 7\%$
		0 a 20 mA · $R_L = 200 \Omega \pm 7\%$
(R_L = resistencia de la bobina a 20 °C)		1 a 5 mA · $R_L = 880 \Omega \pm 7\%$
Energía auxiliar (aire de alimentación)	aire de alimentación de 1,4 a 6 bar (20 a 90 psi)	
Presión de mando p_B (salida)	máx. 0 a 6 bar (0 a 90 psi)	
Característica	lineal, desviación de la característica con ajuste punto fijo $\leq 1,5\%$	
Histerénesis	$\leq 0,5\%$	
Sensibilidad de reacción	$< 0,1\%$	
Sentido de actuación	reversible	
Consumo de aire en régimen estable	con presión de mando de 0,6 bar y alimentación hasta 6 bar ≤ 100 l _v /h	
Suministro de aire	con $\Delta p = 1,4$ bar 1600 l _v /h · con $\Delta p = 6$ bar 5000 l _v /h	
Tiempos de recorrido con accionamiento Tipo 3277 (carrera 15 mm, presión de mando 0,2 a 1 bar)	120 cm ² ≤ 2 s · 240 cm ² ≤ 6 s · 350 cm ² ≤ 8 s	

ANEXO C

SENSOR DE FLUJO

Principio de medición electromagnético

Rango de medición: 0 a 2.5m³/h - 0 a 41,67 l/min

Salida: 4 a 20mA

Diámetro del tubo de medida: 24mm

Rango de Temperatura: 0 a 60°C

Presión máxima del medio: 16 bar

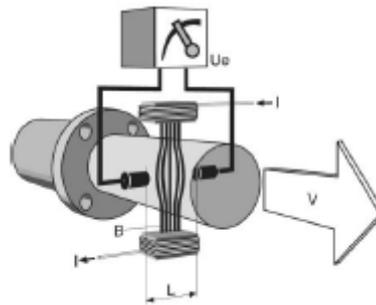
Conductividad mínima del medio: 50μS/cm

El principio de medición es magnético-inductivo y sigue la ley de Faraday. En un conductor que se mueve en un campo magnético se induce una tensión eléctrica. La sustancia de medición que fluye en el sensor de caudal realiza aquí la función del conductor en movimiento. Por esta razón, este tipo de medición exige que el fluido en circulación tenga una conductividad mínima. El campo magnético es generado por una corriente continua.

La tensión inducida es proporcional a la velocidad de flujo y se toma con dos electrodos de medición. A partir de este valor y de la sección conocida del tubo se calcula el caudal. Tras una transformación se tiene así en la salida una señal de corriente estandarizada de 4...20mA proporcional al caudal.

Este sensor tiene la ventaja de que no se producen pérdidas de

presión por resistencias al flujo, ya que no participan elementos mecánicos móviles y la sección de los tubos del sistema se mantiene invariable.



BIBLIOGRAFÍA

1. G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Manual de Experimentos del Sistema Didáctico Modular para la Automatización de Procesos RT 450, 2005.

2. Wikipedia, Sistema Global para las comunicaciones móviles.

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles , fecha de consulta mayo 2011.

3. Lars Pettersson, SMS and the PDU format.

<http://www.dreamfabric.com/sms/> , fecha de consulta mayo 2011.

4. Wikipedia, Servicio General de paquetes vía radio.

http://es.wikipedia.org/wiki/Servicio_general_de_paquetes_v%C3%ADa_radio , fecha de consulta mayo 2011.

5. National Instruments Corporation, Integración entre Ni CompactDAQ con NI LabVIEW.

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/12064#toc3> , fecha de consulta mayo 2011.

6. G.U.N.T. Gerätebau GmbH, Manual del Entrenador para Aplicaciones con bus de Campo RT 370, 2007.

7. National Instruments Corporation, PID Control Toolkit User Manual, 2008.

8. National Instruments Corporation, Control Design User Manual, 2008.