

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO DE ADQUISICIÓN,
PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DE PRUEBAS EN HERRAMIENTAS DE TEST,
EQUIPOS DE PRESIÓN EN SUPERFICIE Y SARTA DE COMPLETAMIENTO DE
POZOS PRODUCTORES DE GAS Y PETRÓLEO.**

MARÍA CRISTINA ARTEAGA ENRÍQUEZ

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA
2012**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA INALÁMBRICO DE ADQUISICIÓN,
PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA PARA EL
MONITOREO Y CONTROL DE PRUEBAS EN HERRAMIENTAS DE TEST,
EQUIPOS DE PRESIÓN EN SUPERFICIE Y SARTA DE COMPLETAMIENTO DE
POZOS PRODUCTORES DE GAS Y PETRÓLEO.**

MARÍA CRISTINA ARTEAGA ENRÍQUEZ

**Proyecto de grado - Pasantía Supervisada para optar
al título de Ingeniero Electrónico**

**Director Pasantía UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEISAR SALAZAR RAMIREZ
Ingeniero Electrónico**

**Coordinador Pasantía MAXIM & FISHING S.A.S.
HERNAN CHALA
Gerente de Operaciones**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA
2012**

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Primer Jurado

Firma del Segundo Jurado

DEDICATORIA

A mi mamita, por todo, por enseñarme que el amor dura lo que dura. Y por apoyarme incluso cuando las cosas han ido mal, por ser mi mejor amiga, y por haber sido el mejor y más fiel apoyo en los meses de desarrollo de mi tesis.

AGRADECIMIENTOS

A **mí familia**.....**Mami** tú has sido sin duda una de las principales motivaciones para conseguir este logro, nunca te desesperaste e hiciste lo imposible para que yo pudiera seguir con mis estudios, creíste que podía y siempre te preocupaste por lo que estaba haciendo, eso me mantuvo firme; sé que muchas veces tenemos desacuerdos pero quién no los tiene, salimos adelante y así será siempre. **Mauricio**, aunque no estás siempre quiero que sepas que reconozco tu afecto y aunque no lo demuestre sé que puedo contar contigo. **Alfredo**, como dejarte de lado si has sido como un hermano para mí, por más lejos que puedas estar a veces siempre te haces presente con tu cariño incondicional, con tu forma especial de ser. **Santi**, aunque no vayas a leer esto nunca, eres una parte importante de mi diario vivir, contigo puedo ser yo misma sin reproches. Los amo a todos.

A la empresa **MAXIM FISHING S.A.S**...gracias por permitirme durante todo este tiempo estar en sus instalaciones, su ayuda fue invaluable. Aunque todos y todas de alguna manera se involucraron en mi proyecto, les agradezco especialmente a: **Ing. José Eduardo, Ing. Andrés Vargas, Ing. Magda Salamanca y José de Jesús Villabona.**

A **Leonardo Venegas** sin su apoyo no hubiese podido comenzar este proceso.

A mis asesores de Pasantía...porque me guiaron durante todo el trayecto, su experiencia, su ayuda y sus consejos fueron determinantes: **Ing. Neisar Salazar Ramírez** (por su comprensión, afecto, simpatía, por todas esas cosas que lo caracterizan y lo hacen inolvidable) e **Ing. Hernán Chalá.**

Ing. José Abdel Rujana, Ingeniero de Investigación y Tecnología de MAXIM FISHING S.A.S...su ayuda fue determinante en el desarrollo del prototipo, su apoyo me incentivó aun más en el interés de ejercer y promover la ingeniería electrónica. Muchas gracias.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA - SISTEMA ACTUAL	17
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA	17
1.2 ETAPAS DE LA PRUEBA.....	20
1.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD	22
1.4 DEFICIENCIAS DEL SISTEMA ACTUAL	23
2. DISEÑO DEL SISTEMA MEJORADO.....	24
2.1 TRANSMISORES DE PRESIÓN	24
2.2 TRANSMISOR Y RECEPTOR INALÁMBRICO	27
2.3 INTERFAZ ENTRE EL SENSOR Y EL SISTEMA	31
2.3.1 Protocolo Zigbee	31
2.3.2 Visual Basic Express	33
2.4 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN	34
2.5 COMPUTADOR DE ADQUISICIÓN	34
2.6 REPORTE DE OPERACIONES	35
2.7 CÁMARAS PARA MONITOREO REMOTO.....	35
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	36

3.1 EQUIPOS Y TECNOLOGÍA UTILIZADA.....	36
3.2 IMPLMENTACIÓN Y ACOPLÉ SENSOR-TRANSMISOR	37
3.2.1 Primeras pruebas sensor de presión	37
3.2.2 Circuito Convertidor I-V	40
3.2.3 Conversor análogo digital MCP3421	42
3.2.4 Microcontrolador PIC18F4685	43
3.2.5 Transmisor XBEEPRO.....	44
3.3 CONSTRUCCION TARJETAS DE ALIMENTACIÓN Y TRANSMISIÓN	46
3.3.1 Tarjeta de Alimentación	46
3.3.2 Regulador LM1117- 3.3	47
3.3.3 Tarjeta del Transmisión.....	47
3.3.4 Tarjeta Receptor	50
3.4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN EL PC	51
3.5 CÁMARAS PARA MONITOREO DE LA PRUEBA	53
4. PRUEBAS DEL SISTEMA.	56
4.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN	56
4.2 CALIBRACIÓN FINAL	58
5. RESULTADOS.....	60
5.1 TIEMPO DE RESPUESTA Y PRECISIÓN DEL SIAPED	60
5.2 SENSILIDAD Y EXACTITUD DEL SIAPED	61

5.3 INTERRUPCIÓN DE ALIMENTACIÓN EN EL TRANSMISOR.....	62
6. RECOMENDACIONES	63
7. CONCLUSIONES	64
BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXOS.....	67

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Prensa en C.....	18
Figura 2. Manómetro análogo.....	18
Figura 3. Válvula de alivio.....	19
Figura 4. Bomba hidráulica.....	19
Figura 5. Acoples.....	19
Figura 6. Cinta Teflón.....	20
Figura 7. Engrase de herramientas.....	21
Figura 8. Sistema para la prueba.....	21
Figura 9. Precisión Digital.....	26
Figura 10. MRF24J40MA-I/R.....	28
Figura 11. MRF24J40MB-I/R.....	29
Figura 12. Transceptor RF900DVB.....	29
Figura 13. Transceptor TRF-2.4GHZ.....	30
Figura 14. Transceptor XBP24-AWI-001.....	31
Figura 15. Diseño SIAPED.....	36
Figura 16. Sensor vista interna.....	37
Figura 17. Terminales internos del sensor.....	38
Figura 18. Montaje primera prueba.....	39
Figura 19. RCV420.....	41
Figura 20. MCP3421.....	43
Figura 21. PIC18F4685.....	44
Figura 22. Conexión XBEEPRO.....	45
Figura 23. Fuente de poder.....	46
Figura 24. LM1117-3.3.....	47
Figura 25. Esquemático tarjeta de transmisión.....	48
Figura 26. PCB Tarjeta transmisión.....	49
Figura 27. Final tarjeta de transmisión.....	49

Figura 28. Tarjeta XBEE EXPLORER.....	50
Figura 29. Transmisor y receptor XBEE EXPLORER	50
Figura 30. Ventana Inicial	51
Figura 31. Ventana de configuración del puerto	52
Figura 32. Ventana de reporte	52
Figura 33. Sistema de cámaras	53
Figura 34. Alimentación y antena camaras Ip	53
Figura 35. Buscador de cámara IP	54
Figura 36. Ventanas del buscador de cámara IP.....	54
Figura 37. Interfaz cámaras	55
Figura 38. Recreación complejo industrial.	57
Figura 39. Interfaz SIAPED.....	57
Figura 40. Respuesta de Manómetro y SIAPED sin linealizar	58
Figura 41. SIAPED linealizado.....	59
Figura 42. Prueba durante 7 segundos.....	60
Figura 43. SIAPED Presión Vs Tiempo Standing Valve 2,81 F	61
Figura 45. RTX-1000	67
Figura 46. Protocolo HART	68
Figura 47. Interruptor 1P2T.....	69
Figura 48. DWYER	69

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. RTX 1000	67
Anexo B. Salidas NAMUR	67
Anexo C. Protocolo HART	68
Anexo D. DWYER (Serie DSGT Transmisor Indicador Digital).....	68
Anexo E. Seguridad intrínseca clase1, div 1.....	70
Anexo F. SIAPED sin linealizar.....	71
Anexo G. SIAPED Linealizado.....	72
Anexo H. Prueba Standing Valve 2.81 F	72

GLOSARIO

BAUDIO: es la velocidad de conmutación, o el número de transiciones (cambios de voltaje o de frecuencia) que se realiza por segundo.

BOMBA HIDRÁULICA: máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

CONTROL DE ACCESO AL MEDIO: es el conjunto de mecanismos y protocolos por los que varios "interlocutores" (dispositivos en una red, como ordenadores, teléfonos móviles, etc.) se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común (por lo general, un cable eléctrico u óptico, o en comunicaciones inalámbricas el rango de frecuencias asignado a su sistema).

ERROR DE PARALAJE: originado por no tener la línea de visión exactamente perpendicular a la escala de medida.

HISTÉRESIS: es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado.

IEEE 802.15.4: es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos.

INTERFAZ SPI: es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es full duplex.

NEMA 4: sellado contra el agua y polvo. Los gabinetes tipo 4 están diseñados especialmente para su uso en interiores y exteriores, protegiendo el equipo contra salpicaduras de agua, filtraciones de agua, agua que caiga sobre ellos y condensación externa severa. Son resistentes al granizo pero no a prueba de granizo (hielo).

NIPPLE: es un tramo pequeño de tubo que generalmente es de roscado exterior y sirve para unir dos tubos.

NIVEL FÍSICO: o capa física, se refiere a las transformaciones que se hacen a la secuencia de bits para transmitirlos de un lugar a otro.

PRENSA MECÁNICA: es una máquina que acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela.

PRUEBA HIDROSTÁTICA (PH): es un test en el cual se prueba la capacidad de un componente o de un recipiente para contener un fluido (líquido o gaseoso), a una presión establecida, sin que existan pérdidas apreciables de presión de prueba en un periodo previamente establecido.

RIPIO: cascajo o fragmentos de ladrillos, piedras y otros materiales de obra de albañilería desechados o quebrados, que se utiliza para rellenar huecos de paredes o pisos.

SELLO DE UNA HERRAMIENTA: es el que impide el paso del fluido a otra sección del pozo o dentro de la herramienta.

SENSIBILIDAD DEL RECEPTOR: determina su capacidad para responder a señales débiles, donde la mínima potencia de la señal deseada que el receptor puede detectar se define como la sensibilidad.

STANDING VALVE 2.81 F: herramienta que permite mantener la presión por arriba, mientras los fluidos circulan desde el fondo.

TRANSMISOR: en instrumentación son los elementos que captan la variable de proceso a través del elemento primario (sensor) y la transmiten a distancia en forma de señal neumática (3 a 15 psi) o eléctrica de corriente continua (4 a 20 mA) o de tensión (0 a 5 V).

VÁLVULA DE ALIVIO: son válvulas de presión diseñadas para liberar fluido cuando la presión interna supera el umbral establecido. Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión.

RESUMEN

La implementación de sistemas electrónicos constituye una estrategia que permite que el sector industrial mejore su posición competitiva, pues su ausencia produce una grave insuficiencia para generar innovaciones en productos y procesos.

En el presente libro se describe el diseño y puesta en marcha de un sistema confiable de adquisición inalámbrica de datos para cada una de las pruebas hidrostáticas realizadas en la empresa MAXIM FISHING S.A.S, a herramientas usadas en pozos productores de gas y petróleo.

Las pruebas mencionadas evalúan la capacidad de una herramienta para contener un fluido (líquido o gaseoso), a una presión establecida, sin que existan pérdidas apreciables de presión de prueba en un periodo previamente establecido. Para el monitoreo de las presiones se usa un medidor digital que se basan en un transductor de presión a señal de corriente eléctrica, la señal entregada por el sensor de presión pasa por un proceso de acondicionamiento que involucra un conversor I-V, un ADC y un microcontrolador, posteriormente el sistema de recepción y transmisión de datos se hace con tecnología ZigBee y finalmente se desarrolla un software aplicativo en Visual Basic Express para la captura y recopilación de la información. Lo que se pretende con el prototipo a parte de reducir el costo operacional es minimizar los riesgos de seguridad a los que se expone un operario en una prueba hidrostática de alta presión.

ABSTRACT

The implementation of electronic systems is a strategy that allows the industry to improve its competitive position, because its absence causes a severe failure to generate innovations in products and processes.

In this book we describe the design and implementation of a reliable wireless data acquisition for each of the hydrostatic tests performed on the company & Fishing Provide Solutions S.A.S, to tools used in wells oil and gas producers.

The test referred to assess the ability of a tool for holding a fluid (liquid or gaseous) at a set pressure, without any appreciable pressure loss in previously established period. For monitoring the pressure using a digital meter based on a pressure transducer to electric current signal, the signal delivered by the pressure sensor passes a conditioning process that involves an I-V converter, an ADC and a microcontroller then the receiving system and data transmission technology is ZigBee and eventually develops a software application in Visual Basic Express capture and data collection. The aim with the prototype part to reduce the operational cost is to minimize the security risks to which a worker is exposed to a high pressure hydrostatic test.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería electrónica desempeña un papel importante en la industria y más en la actualidad donde se identifica un escenario con la aceleración del cambio tecnológico. De lo anterior podemos evidenciar que si usamos sistemas electrónicos capaces de brindar flexibilidad a través de monitoreo remoto aparte de disminuir el costo operacional y reducir los riesgos de seguridad, impacta de forma significativa la postura de cualquier empresa. Además optimiza el mantenimiento predictivo de las herramientas y por lo tanto su fiabilidad.

Durante el desarrollo del libro se especifican todos los elementos y dispositivos que se utilizaron para la culminación satisfactoria del proyecto. En la primera parte del libro se describe de forma detallada el sistema que utiliza la compañía para realizar las pruebas de presión, recopilando información de los dispositivos, procedimientos y resultados obtenidos, así como los riesgos de seguridad del sistema actual.

En el segundo capítulo, se realiza la descripción del sistema que se desea diseñar al concluir este proyecto, en este capítulo se encuentran detalladas las principales partes que deberían conformar el Sistema Final.

En el tercer capítulo, se describen todos los elementos de hardware y software que conforman el nuevo sistema, sus características y funciones dentro del nuevo desarrollo, las prestaciones y mejoras de seguridad que cada uno aporta al sistema.

En el cuarto y quinto se describen las primeras pruebas de funcionamiento real del sistema y los resultados obtenidos durante el proceso de depuración final.

En el capítulo sexto y séptimo se describen las recomendaciones para desarrollos futuros así como las conclusiones de la planeación, desarrollo y finalización del proyecto.

1. PRUEBAS DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA - SISTEMA ACTUAL

La empresa Maxim & Fishing Solutions Provide S.A.S, ofrece servicios de pruebas hidrostáticas que se realizan para garantizar la hermeticidad e integridad estructural (resistencia a altas presiones y fugas) de las herramientas de test (tapones), equipos de presión en superficie y sarta de completamiento de pozos productores de gas y petróleo.

La prueba de presión es un test no destructivo mediante el cual se somete a las herramientas, equipos y componentes asociados a una determinada presión.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

En Maxim & Fishing se realiza el siguiente procedimiento para una prueba de presión hidrostática:

Verificación de actividades: previo a la realización de la prueba hidrostática de las herramientas se elabora un CheckList en donde se lleva control a todos los pasos de la prueba.

Todos los equipos de instrumentación utilizados en las pruebas deben estar calibrados y se debe mantener su registro vigente.

Se hace una inspección a todos los equipos mecánicos y elementos de seguridad a utilizar, con el propósito de garantizar su buen desempeño durante la prueba.

Antes de iniciarse la prueba hidrostática todo el personal participante es instruido sobre los peligros concernientes al trabajo con altas presiones de agua.

Logística e infraestructura para la prueba: dentro de las características para tener en cuenta dentro de la logística de la prueba se destaca la señalización, iluminación, herramientas y equipos y el personal a realizar la prueba.

- **Señalización:** de acuerdo con las personas encargadas de la seguridad industrial o sus delegados, se establece un plan de señalización de los sitios escogidos para la realización de las pruebas. Este plan consiste en la colocación de avisos, para prevenir a las personas ajenas a la actividad; igualmente se encierran y se aíslan los sitios más críticos con cinta de prevención de color amarillo.

- **Iluminación:** en el sitio de ubicación de los instrumentos de medición de la prueba se cuenta con iluminación adecuada en horas nocturnas.

- **Herramientas y equipos**

Prensa en C: es la prensa de operación mecánica donde se asegura la herramienta a través de una manivela, esto hace que la herramienta no se deslice y quede fija cuando se presuriza. En la figura 1 se observa la prensa que se usa en la compañía.

Figura 1. Prensa en C



Manómetro Análogo: este medidor análogo permite visualizar la presión que se le aplica a la herramienta durante el test de presión.

Figura 2. Manómetro análogo



Válvula de alivio tipo T: es de manejo mecánico y actúa en el vaciado del agua al final de la prueba hidrostática.

Figura 3. Válvula de alivio



Bomba Hidráulica Baker: esta bomba manual se usa para hacer el llenado y la presurización a la herramienta. Su capacidad es de cero a 5000 PSI.

Figura 4. Bomba hidráulica



Acoples: se emplean para conectar los diferentes dispositivos que se necesita en la prueba. Entre los acoples se encuentran nipples, T de flujo y adaptador de manguera.

Figura 5. Acoples



Manguera de Presión: las mangueras de presión se utilizan para acoplar la bomba hidráulica con la herramienta bajo prueba, existen varios tipos dependiendo de su uso, se destacan las de mediana y las de alta presión.

Cinta Teflón Industrial: la cinta de Teflón se envuelve a través de la rosca de acople en sentido horario, con el fin de evitar pérdidas de fluido y mejorar el cierre hermético de la herramienta, una cinta de teflón típica se observa a continuación:

Figura 6. Cinta Tefló



Fuente:

<http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQrWSrYGQdhQ5Kyl4Pczy4GHSvG>.

Personal

- Supervisor.
- Operario.

1.2 ETAPAS DE LA PRUEBA

Recepción de la herramienta: se comienza por la recepción de la herramienta y su posterior identificación (poner un número de serie y registro único que identifica la herramienta dentro de la base de datos de la compañía). Se inspecciona la integridad externa de la herramienta.

Se traslada la herramienta hasta la zona de pruebas (lugar específico donde se realizan las pruebas de presión, debe contar con suficiente espacio cerrado, libre de ventanas o vidrios, suministro de agua, elementos de seguridad y herramientas mecánicas industriales).

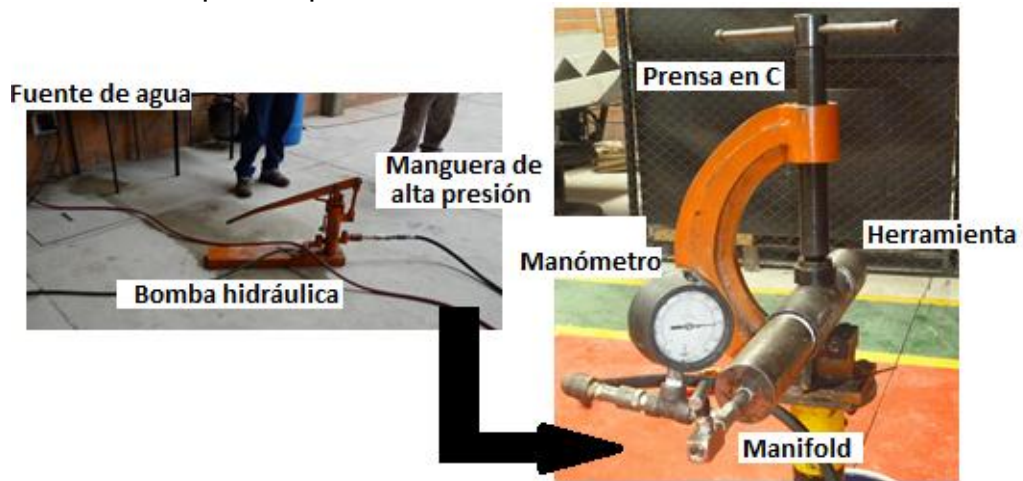
Limpieza: se limpia y engrasa la herramienta, lo segundo es de gran importancia porque la grasa ayuda a cubrir el sello de una herramienta y evita posibles fugas de presión.

Figura 7. Engrase de herramientas



Montaje: la herramienta se ubica en una prensa en C, que la asegura para evitar movimientos indeseados. Se instalan los acoples necesarios junto con la manguera de presión y el manómetro. La bomba se conecta a través de una manguera a la fuente de agua y se procede a presurizar. El arreglo se visualiza en la figura 8:

Figura 8. Sistema para la prueba



El Manifold es el arreglo conformado por la válvula de alivio, el nipple y los acoples.

Llenado: inicialmente se introduce un volumen de agua para lavar y lubricar el interior de la herramienta, además de eliminar los sedimentos y ripios existentes en el interior.

Presurización: para la evaluación de cada una de las pruebas hidrostáticas se tienen en cuenta:

- Tipo de herramienta a la cual se le efectúe la prueba.
- Determinación de las presiones máximas y mínimas de prueba con base a la determinada en las especificaciones técnicas de la herramienta.
- Se bombeará hasta alcanzar una presión de 3000 o 5000 PSI, posteriormente se espera a que la presión se mantenga en un tiempo aproximado de 15 a 30 minutos con el propósito de probar que no existan fugas mayores.
- Durante el desarrollo de la prueba es necesario que un operario se acerque cada cierto tiempo a chequear la integridad de la herramienta, es decir observar si presenta goteo o pérdida de presión.

Vaciado: una vez transcurrido el tiempo establecido para la prueba, se procede a abrir la válvula de alivio para liberar la presión de la herramienta y sacar el agua. Inmediatamente se desmontan los tapones de presión y se despacha la herramienta luego de etiquetarla. El agua se descarga en baldes y es trasladada al sitio autorizado para su vertimiento.

Registro: el operario o el ingeniero llenan el reporte de la operación de forma manual, toma fotos de la herramienta y adjunta una foto con la lectura del manómetro durante la prueba.

1.3 ASPECTOS DE SEGURIDAD

El responsable de la prueba verifica que no haya personal ajeno en el área donde ésta se realiza. Además tiene bajo su responsabilidad asegurar que todo el personal este totalmente enterado de sus funciones individuales.

En el área de prueba se ubican las señales de advertencia y se demarca el área.

El personal asignado para ejecutar las actividades, cuenta con la experiencia y capacidad para desarrollar el trabajo. Se debe dar inducción sobre los procedimientos seguros de trabajo al personal que participa, antes de comenzar la preparación de la prueba y durante la misma.

Todo el personal involucrado en la prueba hidrostática es instruido por el jefe de HSE a través de una charla que se realiza antes de la prueba, sobre los peligros concernientes a la operación con altas presiones de aire y agua, además de incluir los riesgos de la operación y presentar las medidas preventivas y de emergencia.

El personal debe utilizar los elementos de protección personal requeridos para esta actividad.

1.4 DEFICIENCIAS DEL SISTEMA ACTUAL

Limitaciones

Al hacer uso de un sistema análogo de medición se está expuesto a que:

- La resolución sea baja, y la precisión depende del observador.
- El error de paralaje limita la exactitud a plena escala en el mejor de los casos.
- La rapidez de lectura sea baja, típicamente 1lectura/ segundo.
- Los datos obtenidos durante la prueba hidrostática no puedan emplearse como parte de un sistema de procesamiento de tipo digital.
- El operario puede introducir errores accidentales por una imperfección de sus sentidos o una mala interpretación de los datos.
- Las partes electromecánicas del manómetro son sensibles a vibraciones y desgaste.
- No existe registro en tiempo real de los datos de presión.

Riesgos de seguridad

Todo operario que se encuentre cerca de la ejecución de la prueba puede sufrir los siguientes accidentes:

- Como la fuerza de impacto es inversamente proporcional a la distancia, los operarios se exponen a que una posible fuga los lesione.
- Los acoples pueden fallar, lo que ocasiona que las partes del sistema como la manguera o las T impacten contra el operario.
- Debido a la necesidad de observar el manómetro análogo para determinar el valor de presión, el operario se expone a lesiones.

2. DISEÑO DEL SISTEMA MEJORADO

La compañía determinó que una de sus debilidades se encuentra en el monitoreo y adquisición de datos en la prueba de presión que se realiza a los diferentes equipos y herramientas de test, la principal tiene que ver con la seguridad de la prueba, si tenemos en cuenta que los equipos se someten a presiones de entre 3000 y 5000 PSI, el operario tiene que estar registrando los datos directamente en el equipo poniendo su vida en riesgo, además el registro de los datos es completamente manual lo que genera errores humanos durante las mediciones; otro gran problema con el que cuenta la empresa corresponde a la confiabilidad que la prueba genera en los clientes debido a que no se dispone de una forma eficaz de garantizar al cliente la efectividad de la prueba.

Para poder satisfacer las necesidades y mejorar las falencias a la hora de realizar las pruebas de presión hidrostática y además proporcionar un sistema con tecnología de punta que le dé a la empresa una ventaja en el mercado y permita extender la oferta de servicios de la compañía, se propuso diseñar un sistema caracterizado por:

- Soporte de presiones entre 0 a 10.000 PSI.
- Entrega de datos en forma digital.
- Monitoreo en tiempo real de los datos de interés durante la prueba.
- Un enlace inalámbrico entre el operario y el banco de pruebas.
- Monitoreo de la integridad de la herramienta de manera remota.
- Mejora la fiabilidad de la prueba.
- Generación de datos e informe de operación luego de la prueba.
- Generación de un reporte completo y evidencia del procedimiento.

Para poder llevar a cabo este procedimiento se establece un presupuesto de trabajo y se realiza un seguimiento tecnológico acompañado por personal calificado de la compañía.

2.1 TRANSMISORES DE PRESIÓN

Existen medidores de presión análogos y digitales, pero, como requisito de la compañía el sistema a desarrollar tiene que ser digital, soportar presiones hasta de 6000 Psi, cumplir con todas las normas de seguridad y entregar una corriente de salida de acuerdo al estándar industrial de 4 a 20 mA. El primer paso es la cotización y posterior compra del transmisor de presión, para ello se realizó un estudio de las tecnologías y dispositivos presentes en el mercado, algunos modelos considerados se detallan en Anexos.

- **RTX 1000 (Ver Anexo A.)**

Los transmisores de presión RTX 1000 (Analógicos), ofrecen una solución rentable para evaluar y medir presión absoluta con un excelente rendimiento y salida convencional de corriente de 4-20 mA.

La serie RTX 1000H (HART) ofrece una selección de transmisores de presión de diferentes rangos y con señal de protocolo HART Digital superpuesta en la señal de corriente de 4-20mA.

- **DWYER (Serie DSGT Transmisor Indicador Digital) (Ver Anexo D.)**

El transmisor indicador digital serie DSGT es un versátil medidor multifuncional de procesos que se destaca por su excelente exactitud del 0,25% de la escala completa. Este paquete de medidor digital "todo en uno" está diseñado para reducir los costos de instalación, el costo del instrumento y el espacio necesario en aplicaciones que requieren un medidor, un transmisor e interruptores.

- **Precisión Digital (PD213-224 Medidor digital industrial de presión).**

Precisión Digital ofrece manómetros digitales que toman una entrada directa de presión, así como los medidores digitales de presión que aceptan un voltaje o una corriente proveniente de un transductor o transmisor de presión. Los medidores de presión digitales están disponibles en versiones Industriales, para pruebas de precisión y de propósito general. Los medidores digitales proporcionan la energía para poder manejar el transmisor o transductor y pueden calibrarse en campo para visualización en unidades de ingeniería.

Figura 9. Precisión Digital



Fuente: <http://www.predig.com/PD213/index.php>

Características:

- Manómetro digital, interruptor de presión y transmisor.
- 0 a 15,000 psi
- LCD de 5 dígitos, grafico de barras e indicador del nivel de bacteria.
- LCD de 0.6" o 0.88" de largo.
- Salida de 4-20 mA.
- Tres opciones de selección: Acero inoxidable, aluminio o termoplástico reforzado.
- Alimentación con batería o en el mismo lazo de 12-36 VDC.
- Seguridad intrínseca clase1, div 1. (Ver Anexo E)
- Menús fáciles de usar.

Debido a sus prestaciones, características y precio se seleccionó el modelo PD213-224 para la implementación del sistema.

2.2 TRANSMISOR Y RECEPTOR INALÁMBRICO

El transmisor y el receptor inalámbrico constituyen una parte primordial dentro del sistema deseado, pues estos dispositivos además de mantener una distancia considerable entre el receptor y la prueba de presión, aseguran que el operario encargado no se tenga que acercar a revisar el manómetro y ponga en riesgo su seguridad. Las principales características que deben satisfacer éstos, se detallan a continuación:

- Alcance no menor a 300 metros.
- Velocidad de transmisión mayor a 9.600 Baudios.
- Interfaz USB-SERIAL.
- Consumo de potencia bajo (el menor posible).
- Tamaño reducido.
- Interfaz robusta y confiable.
- Protocolo de seguridad.

Para dar cumplimiento a estas necesidades de diseño, se realizó un detallado estudio de los diferentes dispositivos presentes en la industria, por sus características y su relación costo beneficio se seleccionaron los siguientes elementos, cuyas características son:

Transceptor MRF24J40MA-I/R. Módulo RF Transceptor marca Microchip, 2.4GHz, IEEE Std. 802.15.4 y con las siguientes características:

- Soporta ZigBee.
- Tamaño: 0.7" x 1.1" (17.8 mm x 27.9 mm)
- Montaje superficial.
- Cristal integrado, regulador de voltaje interno y antena.
- Compatible con las familias de microcontroladores Microchip (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC33 y PIC32).
- Rango de hasta 400 ft. (120m)
- Voltaje de operación: 2.4 - 3.6V (3.3V típico).
- Rango de temperatura: -40°C hasta +85°C.
- Interfaz SPI simple de 4 cables.
- Bajo consumo de corriente: modo RX 19mA y modo TX 23mA.
- Banda ISM 2.405 - 2.48GHz.
- Velocidad de datos: 250kbps.

Figura 10. MRF24J40MA-I/R



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/images/MRF24J40MA.jpg>

Transceptor MRF24J40MB-I/R. Módulo Transceptor RF de 20dBm. IEEE Std. 802.15.4 y con las siguientes características:

- Soporta ZigBee, MiWi, MiWi P2P.
- Tamaño: 0.9" x 1.3" (22.9 mm x 33.0 mm), montaje superficial.
- Cristal integrado, Regulador de voltaje interno, amplificador de potencia y antena.
- Fácil integración al producto final, minimiza el tiempo de desarrollo.
- Compatible con las familias de microcontroladores Microchip (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC33 y PIC32).
- Rango de hasta 4000ft (1200m).
- Voltaje de operación: 2.4-3.6V (3.3V típico).
- Rango de temperatura: -40°C hasta +85°C.
- Interfaz SPI simple de 4 cables.
- Bajo consumo de corriente: RX modo: 25 mA y TX modo: 130 mA.
- Banda ISM 2.405 - 2.475 GHz.
- Velocidad de datos: 250 kbps

Figura 11. MRF24J40MB-I/R



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/images/MRF24J40MB.jpg>

Transceptor RF900DVB. Transceptor base RF de altas prestaciones, diseñado para aplicaciones como intercomunicadores, seguridad, telemetría, módems wireless, beepers, redes wireless locales, etc. Rango de más de 1200 pies, puede enviar datos a 28.8Kbps o audio por full dúplex a través de los 16 canales disponibles.

Figura 12. Transceptor RF900DVB



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/images/RF900DV.jpg>

Transceptor TRF-2.4GHZ. Transmisor receptor de radio frecuencia de la marca LaipacTechnology In. Con las siguientes características:

- Opera en 2.4Ghz. Usa modulación GFSK.
- La comunicación es “Real Full Duplex” e incluye codificador, decodificador y “data Buffer”.
- Tiene un alcance de 280 metros si trabaja a una rata de 250Kbps y de 150 metros si la rata es de 1Mbps.
- Trae la antena de RF incorporada.
- Opera a 3 Voltios DC.
- La comunicación con el microcontrolador usa el protocolo “3-wire”.
- Tamaño: 20 x 36.7 x 2.4mm.
- Tiene muy bajo consumo de Potencia.

Figura 13. Transceptor TRF-2.4GHZ



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/images/trf2,4.gif>

Transceptor XBP24-AWI-001. Módulo XBEE Marca Digi (Maxstream) que cumplen con el estándar IEEE 802.15.4 con baja potencia y bajo costo. Posee las siguientes características:

- Tiene un alcance aproximado de 100 metros en interiores y de 1500 metros en exteriores con línea de vista.
- La potencia de transmisión es de 100mW (20dB)
- La sensibilidad del receptor es de -100dB.
- Tiene un ADC incluido.
- Funcionan a 2.4 GHz. con una rata máxima de 250Kbps.
- El módulo trae la antena incorporada.

Figura 14. Transceptor XBP24-AWI-001



Fuente: <http://www.sigmaelectronica.net/images/XBP24-AWI-001.jpg>

Para cumplir con todas las necesidades para el diseño se eligió el transceptor XBP24-AWI-001.

2.3 INTERFAZ ENTRE EL SENSOR Y EL SISTEMA

Para el desarrollo del sistema SIAPED es necesario un protocolo de comunicaciones fiable, robusto, rápido y de bajo costo computacional, además que tenga una interfaz cómoda con cualquier PC bajo cualquier sistema operativo.

Dentro de los protocolos inalámbricos de última tecnología se escogió el ZIGBEE, el cual se detalla a continuación y para la interfaz entre el dispositivo y el computador se utilizó el software de licencia libre llamado VISUAL BASIC EXPRESS.

2.3.1 Protocolo Zigbee. Es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas como MITSUBISHI, HONEYWELL, PHILIPS, ODEM DO e INVENSYS entre otras empresas, muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y sobre todo domóticos. Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz. A diferencia de Bluetooth, este protocolo no utiliza FHSS (espectro ensanchado por saltos de frecuencia), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de

antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc.). El alcance normal con antena dipolo en línea vista es de aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de MaxStream, en la versión de 1mW de potencia) de 100 m. y en interiores de unos 30 m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256 kbps.

Una red Zigbee la pueden formar teóricamente hasta 65.535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. Entre las necesidades que satisface el módulo se encuentran:

- Bajo costo.
- Ultra-bajo consumo de potencia.
- Uso de bandas de radio libres y sin necesidad de licencias.
- Instalación barata y simple.
- Redes flexibles y extensibles.

El uso del protocolo Zigbee va desde remplazar un cable por una comunicación serial inalámbrico, hasta el desarrollo de configuraciones punto a punto, multipunto, peer-to-peer (todos los nodos conectados entre sí) o redes complejas de sensores.

Una red Zigbee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (endpoints).

El Coordinador: es el nodo de la red que tiene la única función de formarla. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él dispositivos Routers y EndPoints. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de la información.

Los Routers: es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta de transmisión de un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros Routers o de EndPoints.

EndDevice: Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro EndDevice. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

Cada módulo ZigBee, al igual que ocurre con las direcciones MAC de los dispositivos Ethernet, tiene una dirección única. En el caso de los módulos ZigBee cada uno de ellos tiene una dirección única de 64 bits que viene grabada de fábrica. Por otro lado, la red ZigBee, utiliza para sus algoritmos de ruteo direcciones de 16 bits. Cada vez que un dispositivo se asocia a una red ZigBee, el Coordinador al cual se asocia le asigna una dirección única en toda la red de 16 bits.

Por eso el número máximo teórico de elementos que puede haber en una red ZigBee es de $2^{16} = 65.535$, que es el número máximo de direcciones de red que se pueden asignar.

Estos módulos Xbee, pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto a punto, punto-a-multipunto o peer-to-peer.

También existen los llamados módulos Xbee PRO de la Serie 1 que se diferencian en la capacidad de alcance, permitiendo en algunos casos doblar la distancia de transmisión, ya que poseen una mayor potencia en la señal. Con los módulos Xbee PRO de la Serie 2, es posible crear redes más complejas, como las llamadas MESH. Estas permiten acceder a un punto remoto, utilizando módulos intermedios para llegar como Routers. Además los módulos automáticamente generarán la red entre ellos sin intervención humana alguna, permitiendo la reparación de la red en caso que algún nodo falle. Al mismo tiempo la red por sí sola resuelve la mejor ruta para un determinado paquete.

2.3.2 Visual Basic Express. Es parte de la familia Visual Studio 2010 Express, que es un conjunto de herramientas de Windows gratuitas que desarrolladores a cualquier nivel pueden utilizar para crear aplicaciones personalizadas utilizando la configuración básica y experto. Visual Basic proporciona una manera rápida y fácil de crear programas en .NET Framework, para aplicaciones basadas en Windows.

Al igual que con todos los programas que se utilizan .NET Framework, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad entre lenguajes.

Visual Studio 2010 se puede instalar en los siguientes sistemas operativos:

- Windows XP (x86) con Service Pack 3 en todas las ediciones salvo StarterEdition.
- Windows Vista (x86 y x64) con Service Pack 2 en todas las ediciones salvo StarterEdition
- Windows 7 (x86 y x64).
- Windows Server 2003 (x86 y x64) con Service Pack 2
- Windows Server 2003 R2 (x86 y x64).

- Windows Server 2008 (x86 y x64) con Service Pack 2.
- Windows Server 2008 R2 (x64).

2.4 SOFTWARE DE ADQUISICIÓN

El software de adquisición SIAPED debe cumplir los siguientes parámetros de diseño:

- Debe ser un ejecutable de rápido acceso.
- Permitir enlazar el transmisor inalámbrico a través de un puerto serial.
- Correr en cualquier sistema operativo.
- Contener el logo y colores de la compañía.
- Debe tener una interfaz de usuario que permita monitorear en tiempo real los valores de presión recibidos por el receptor inalámbrico.
- Registrar en forma gráfica y numérica la presión de la herramienta sometida a la prueba.
- Registrar el tiempo de duración de la prueba.
- Registrar los valores de presión máxima y mínima durante la prueba.
- Poseer una interfaz de usuario post-prueba que resuma en forma gráfica y numérica toda la prueba de presión.
- Debe ser capaz de generar un informe de operaciones después de cada prueba.
- Generar un formato de operaciones imprimible que se entrega al cliente y a la compañía.
- Registrar y entregar una DATA completa.
- Almacenar en disco duro un registro interno de la prueba.

Además de todas estas características el software debe ir acompañado de un manual de instrucciones que permita a cualquier operario de la compañía hacer uso de sus funciones de forma rápida.

2.5 COMPUTADOR DE ADQUISICIÓN

Para el sistema SIAPED se requiere de un computador portátil que se incluirá dentro del sistema y se encargará de monitorear a través del software de aplicación SIAPED el desarrollo de las pruebas de presión. Debe cumplir con las siguientes características:

- Computador de tipo industrial capaz de soportar las condiciones de la prueba.
- Procesador Intel I3 o superior.

- Memoria RAM de 4 Gigas.
- Disco duro de 500 Gigas.
- Autonomía de 5 horas.
- Pantalla de 15,4 pulgadas.

2.6 REPORTE DE OPERACIONES

Como petición explícita de la compañía el sistema SIAPED debe generar dentro de su software de aplicación un formato de operaciones, éste formato es proporcionado por la compañía y debe ser capaz de diligenciarse a través de la interfaz de software y debe contener la siguiente información:

1. Gráfica de la prueba completa.
2. Datos que resuman la prueba.
3. Valores máximo y mínimo de presión durante la prueba.
4. Tiempo de duración de la prueba.
5. Fecha y datos del cliente.

Además de estos requisitos el sistema SIAPED debe generar y almacenar en disco duro un archivo de texto con los valores de presión registrados durante la prueba.

2.7 CÁMARAS PARA MONITOREO REMOTO

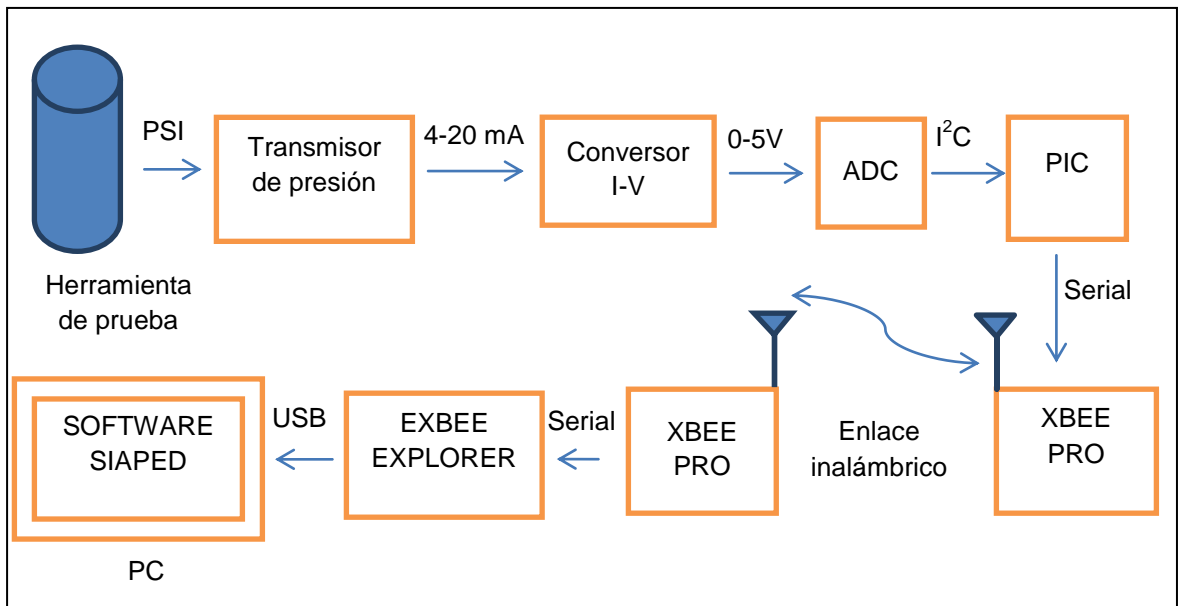
Como petición de la compañía dentro del diseño del SIAPED se exige un sistema de monitoreo remoto para la prueba de presión hidrostática, que tenga las siguientes características:

1. 2 cámaras, una monitoreando los valores de presión entregados por el manómetro digital (esto con el fin de corroborar las lecturas recibidas por el sistema SIAPED), y otra encargada de monitorear la integridad de la prueba y de la herramienta (para detectar fugas o goteos en la herramienta).
2. Las cámaras deben ser inalámbricas.
3. Capaces de transmitir audio.
4. Robustas.
5. Capaces de transmitir video hacia el computador destinado a la prueba en tiempo real.
6. Capaces de tomar imágenes y almacenarlas para su posterior análisis.
7. Visión nocturna.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

En la figura 15 se observa en diagrama de bloques el diseño del sistema.

Figura 15. Diseño SIAPED



3.1 EQUIPOS Y TECNOLOGÍA UTILIZADA.

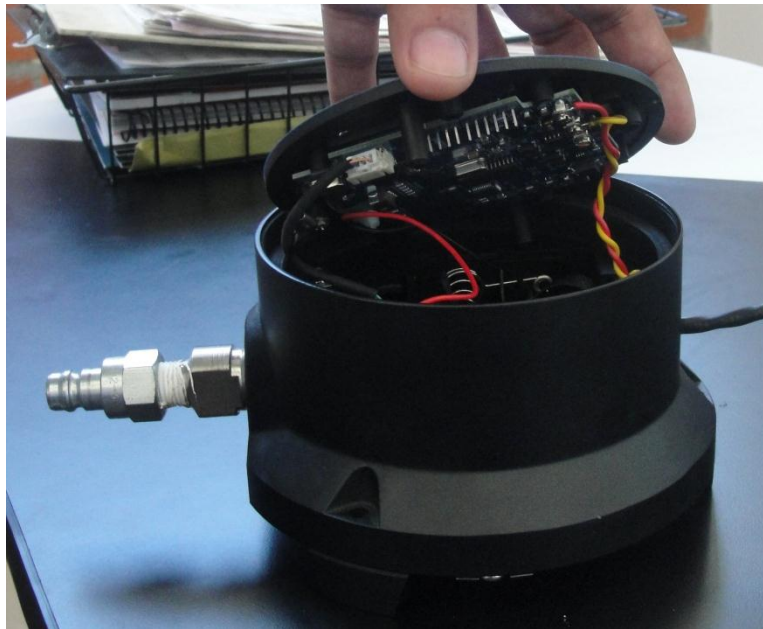
- Sensor de presión de la marca Precisión Digital (PD213-224 Industrial Digital Pressure Gauges).
- Transreceptor XBP24-AWI-001 (2 unidades, receptor y transmisor)
- Tarjeta de programación Xbee pro.
- Computador HP ProBook 4520s Notebook PC.
- Cámaras IP serie F (2 unidades).
- Router inalámbrico.
- Dispositivos electrónicos varios (microcontrolador, resistencias, capacitores, reguladores etc).

3.2 IMPLEMENTACIÓN Y ACOPLA SENSOR-TRANSMISOR

Como se detalló en el capítulo anterior de este documento, se realizó la compra del sensor de presión de la marca Precisión Digital (PD213-224 Medidor Industrial digital de presión), dentro de sus características se destaca que opera con una tensión DC de 12 a 36 Voltios y entrega una señal de corriente en el rango de 4 a 20 mA. que corresponde al valor de presión registrado. Con éstas características es posible empezar a intervenir el dispositivo y realizar el circuito de acople con el transmisor inalámbrico.

3.2.1 Primeras pruebas sensor de presión. Luego de adquirir el sensor y los transmisores se realizó una inspección detallada de la documentación entregada por el fabricante, para obtener los valores de tensión de trabajo y ubicar los pines de salida por los cuales se debe realizar la alimentación y lectura de corriente entregada por el sensor como se observa en la figura 16.

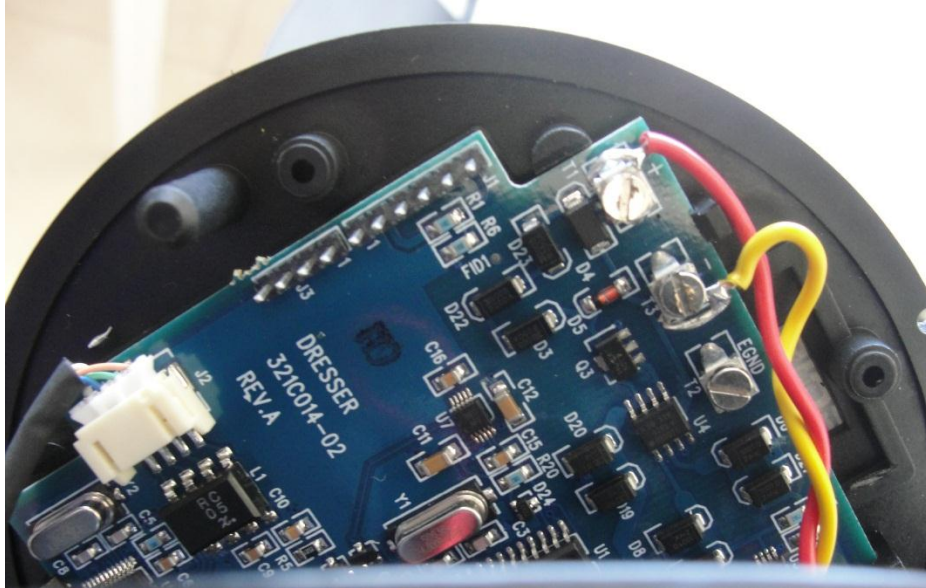
Figura 16. Sensor vista interna



El sensor posee internamente una placa o tarjeta con los dispositivos electrónicos.

En su parte posterior posee una membrana encargada de estirarse a medida que su presión aumenta generando una variación de su resistencia interna.

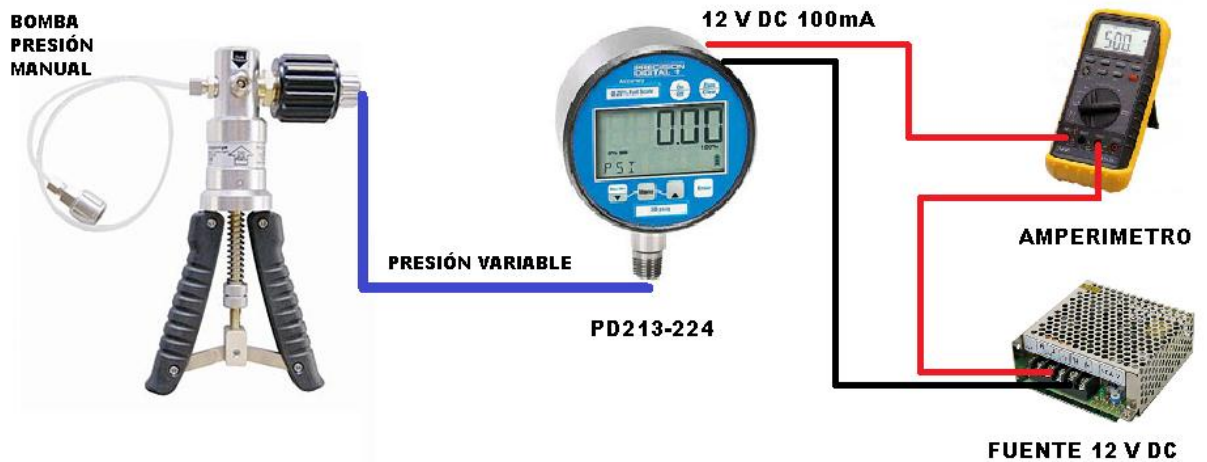
Figura 17. Terminales internos del sensor



El sensor posee internamente dos terminales para alimentación externa, tiene un sistema de auto calibración y protecciones para evitar daños por sobretensiones, en la figura 17 se muestran detalladamente estas características.

Una vez determinado el voltaje de alimentación y la corriente soportada por el dispositivo (12-36 VDC, 100mA), se procede a soldar dos cables en la parte posterior de la tarjeta de control del sensor en los terminales marcados, luego se alimenta el dispositivo por medio de una fuente DC regulada y se realizan mediciones de la corriente entregada por el dispositivo por medio de un amperímetro de excelente resolución. Al someter el sensor a diferentes presiones la corriente debe variar en proporción con los cambios de presión. Para realizar las pruebas con el sensor se implementó el montaje de la figura 18.

Figura 18. Montaje primera prueba



Al finalizar la prueba se comprueba que verdaderamente el sensor entrega una señal de corriente proporcional a la presión de entrada bajo la siguiente relación.

Tabla 1. Valores de salida del transmisor de presión.

Presión (psi)	Corriente (mA)
0	4
15000	20

De la tabla 1 se deduce que el transmisor opera en rangos de corriente de salida y de presión de 16 mA y 15000 psi respectivamente.

$$Relacion = \frac{(20 - 4) \text{ mA}}{15000 \text{ PSI}}$$

$$Relacion = 1,066\mu\text{A/PSI}$$

Mediante la prueba se establece que los pasos entregados por el sensor son muy pequeños (1.0066 μ A/PSI) debido a la sensibilidad extrema y el rango tan grande que presenta el dispositivo, esta relación será tomada en cuenta a la hora del diseño final.

3.2.2 Circuito Convertidor I-V. Para tomar la señal de corriente entregada por el sensor de presión se utilizó un circuito Loop-Receiver, este tipo de circuitos se utilizan para manejar señales de corriente y hacer su conversión a voltaje y posterior transmisión por cable. Como el sistema de transmisión y los circuitos de alimentación van a ir montados en una caja aparte es necesario disponer de un cable que conecte el sensor con el sistema de transmisión, dicho cable debe tener por lo menos 3 metros y eso hace necesario la utilización del Loop-Receiver.

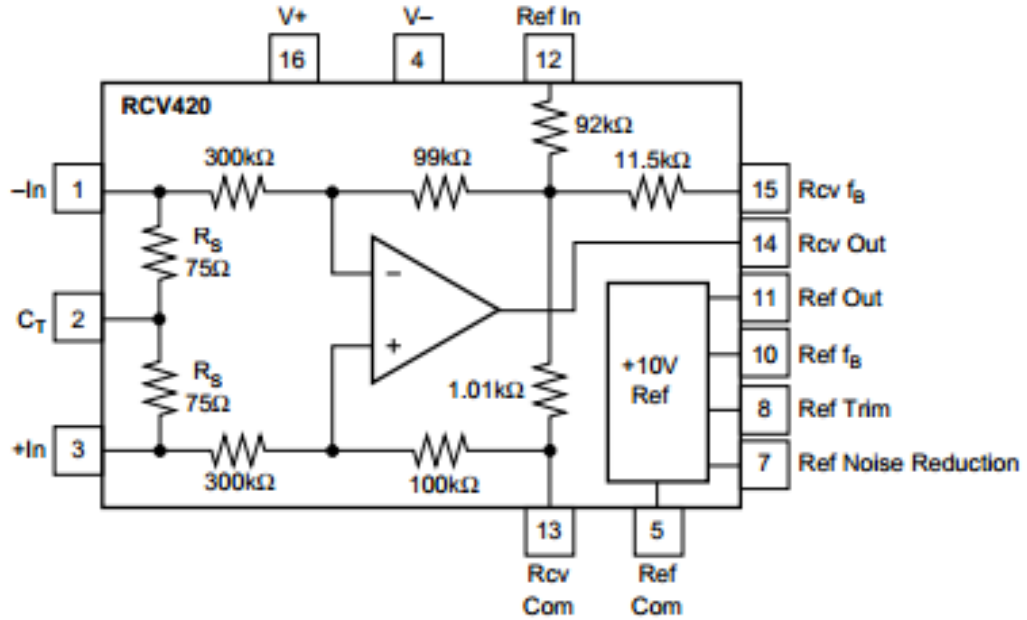
RCV420 (Precision 4mA to 20mA CURRENT LOOP RECEIVER): para el sistema SIAPED se empleó el circuito integrado RCV420, de la empresa BURR BROWN con las siguientes características:

- Conversión completa de 4-20 mA a 0-5 V.
- Voltaje de referencia de precisión de 10 V.
- Rango de entrada en modo común de ± 40 V.
- Precisión global de la conversión de 0.1%.
- Alta inmunidad al ruido: 86db CMR.

El RCV420 es un bucle receptor de corriente (Loop-Receiver) de alta precisión diseñado para convertir una señal 4-20 mA de entrada en una señal de salida de 0-5 V. El circuito consta de un amplificador operacional, una red de resistencias de precisión, y una referencia de precisión de 10V.

El circuito presenta sólo una caída de 1,5 V a escala completa, lo cual es útil en circuitos que contienen una carga adicional de instrumentos o en aplicaciones intrínsecamente seguras donde el voltaje del transmisor es escaso. La referencia de 10 V proporciona una salida de 10V precisa con una desviación típica de 5 ppm/°C. El RCV420 es completamente autónomo y ofrece gran versatilidad. No es necesario realizar ajustes de ganancia, offset, o CMR. La conexión del circuito RCV420 se muestra en la figura 19.

Figura 19. RCV420



Fuente: http://radiodetail.narod.ru/m_i/m_i_r/rcv420.gif.

El RCV420 se encarga de tomar la señal de corriente proveniente del sensor y transformarla en una señal de voltaje de 0 a 5 VDC, con esta transformación la relación que entrega el dispositivo queda de la siguiente forma:

Tabla 2. Valores de salida del conversor I-V

Presión (psi)	Voltaje (voltios)
0	0
15000	5

Los rangos de salida de voltaje del conversor I-V y de valores de variación de presión en el sensor son de 5 voltios y 15.000 PSI respectivamente.

$$Relacion = \frac{5V}{15000PSI}$$

$$Relacion = 0,33mV/PSI$$

Obtenida ésta relación se puede determinar el número de bits necesarios para realizar una conversión exitosa.

$$2^x = 15000$$
$$x = 14$$

Para el sistema es necesario un conversor A/D de al menos 14 bits.

3.2.3 Conversor análogo digital MCP3421. Para satisfacer las necesidades del diseño se trabajó con el conversor análogo digital MCP3421 de la empresa microchip, con las siguientes características:

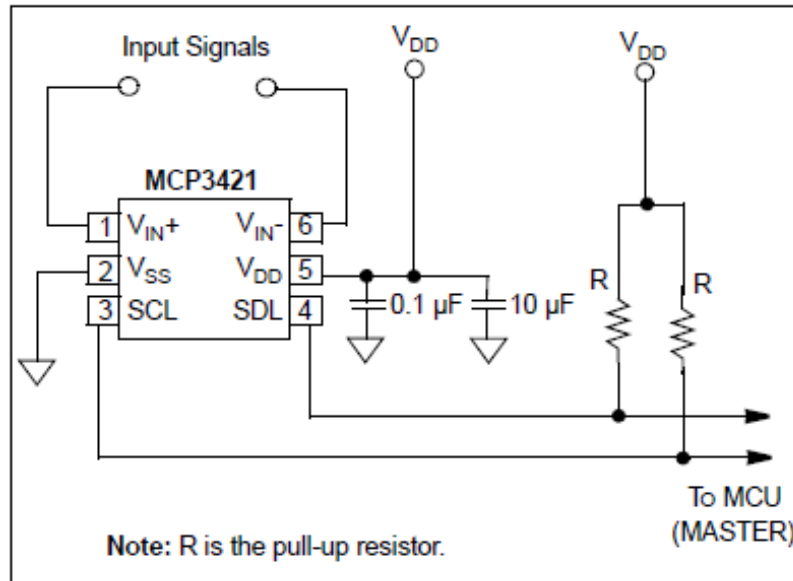
- ADC delta-sigma de 18-bit.
- Entrada diferencial.
- Auto calibración interna de offset y ganancia para cada conversión.
- Voltaje de referencia integrado.
- Precisión de: $2.048V \pm 0.05\%$.
- Amplificador integrado de ganancia programable (PGA).
- Ganancias de 1, 2, 4 u 8.
- Oscilador integrado.
- Velocidad de datos programable.
- Modo de conversión continua y One-Shot.
- Bajo consumo de corriente.
- Soporta comunicación serial I²C.
- Operación con un único suministro de 2.7 V a 5.5 V.
- Amplio rango de temperatura: - 40°C to 125°C.

El MCP3421 es un convertidor análogo a digital delta-sigma de un solo canal, bajo ruido, alta precisión con entradas diferenciales y de hasta 18 bits de resolución en un pequeño encapsulado tipo SOT- 23 - 6. Posee una referencia de voltaje de 2.048 V lo que permite un rango de entrada de $\pm 2.048V$. El dispositivo utiliza dos cables de interfaz serie I²C compatible y funciona con una sola fuente de alimentación de 2.7 V a 5.5 V.

El dispositivo MCP3421 realiza la conversión a tasas de 3.75, 15, 60 o 240 muestras por segundo (SPS), según sea configurado por el usuario a través de los dos cables de interfaz serial I²C. Este dispositivo dispone de un amplificador de ganancia programable (PGA). El usuario puede seleccionar la ganancia de la PGA de x1, x2, x4, x8, antes de que la conversión de analógico a digital se lleve a cabo.

El dispositivo tiene dos modos de conversión, el modo continuo y el modo One-Shot. En el modo de One-Shot, el dispositivo entra en modo de sleep o bajo consumo de corriente de forma automática después de una conversión. Esto reduce el consumo actual en gran medida durante los períodos de inactividad. La conexión del circuito MCP3421 se muestra en la figura 20.

Figura 20. MCP3421.



Fuente: Datasheet MCP3421: p. 21.

Según el fabricante el MCP3421 necesita una fuente de alimentación limpia, por eso el circuito tiene dos capacitores en paralelo a VDD, uno de 0.1 microfaradios para filtrar el ruido de alta frecuencia y otro de 10 microfaradios que provee corriente extra a la alimentación cuando el conversor la necesite. Como los pines SCL y SDL tienen configuración en colector abierto, se requieren unas resistencias de pull-up para la conexión al bus I²C, las cuales tienen su valor dentro de un rango 1KΩ y 10KΩ y que depende de la capacitancia del bus de comunicación.

El MCP3421 es el encargado de tomar la señal proveniente del RCV420 para digitalizarla y entregarla mediante el protocolo I²C al microcontrolador, encargado de realizar el control del circuito transmisor.

3.2.4 Microcontrolador PIC18F4685. Para realizar el control completo del circuito transmisor fue necesario utilizar un microcontrolador de referencia PIC18F4685 de la empresa Microchip, algunas de sus características son:

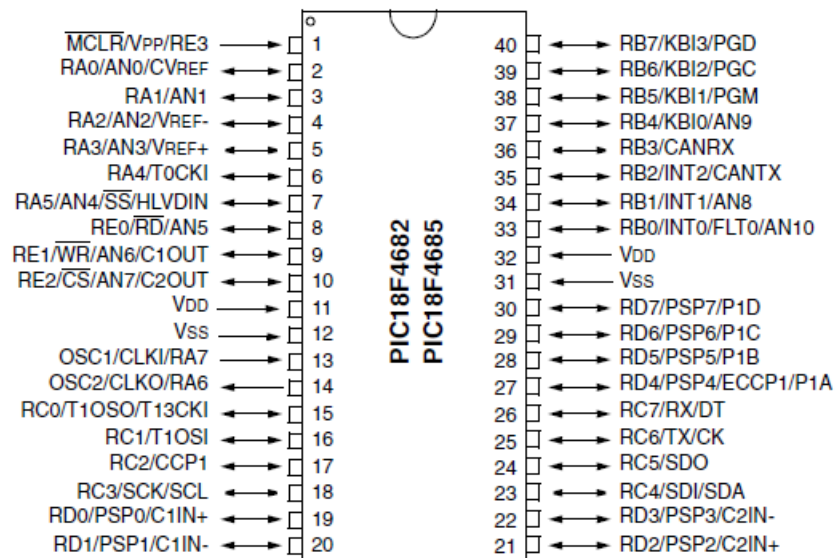
- Microcontrolador de 40 pines.

- 3328 bytes de memoria RAM.
- 96K de memoria FLASH
- 3328 bytes de memoria SRAM
- 1K bytes de memoria EEPROM.
- 11 canales de conversor A/D de 10 bits.
- PWM, EAUSART, SPI, SPP etc.
- Empaque 40-DIP.

El microcontrolador lee los valores que entrega el MCP3421 a través del protocolo I²C y envía ese valor por el puerto serial hasta el transmisor inalámbrico, también es el encargado de monitorear todas las acciones que se realizan sobre el sensor y mantener la comunicación con el PC.

La conexión del PIC18F4685 se muestra en la figura 21 el cual tendrá una frecuencia de operación de 20 MHz y también se agregó la circuitería necesaria para realizar la programación in-circuit del dispositivo.

Figura 21. PIC18F4685



Fuente: <http://circuits.datasheetdir.com/19/PIC18F4685-pinout.jpg>.

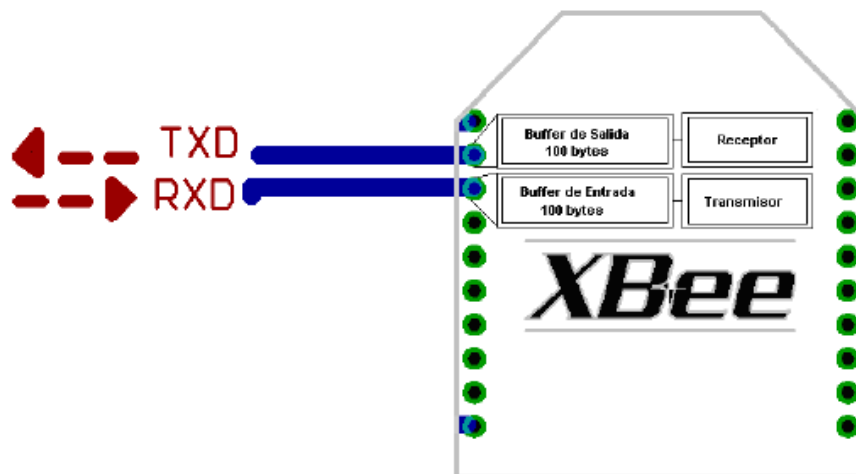
3.2.5 Transmisor XBEEPRO. Para poder transmitir el valor de la señal digitalizada a través del enlace inalámbrico se utilizó el transmisor XBEEPRO de la empresa DIGI. Algunas de sus características son:

- Voltaje 3.3V @ 50mA.
- Velocidad de datos de 250kbps.
- Potencia salida 60mW (+18dBm).

- Rango 1 milla (1.500m).
- Antena Integrada tipo cable.
- Puertos de entrada 6 a 10-bit ADC.
- 8 puertos digitales de propósito general.
- Encriptación 128-bit.
- Posibilidad de configuración con AT o API command set.

El transeiverXbee PRO con antena tipo cable, el cual trabaja con tecnología Zigbee 802.15.4, es muy fácil de usar debido a que trabaja con una comunicación serial para ingreso de datos, es decir que con solo dos módulos Xbee se puede establecer una comunicación bidireccional por puerto serie entre un PC y cualquier dispositivo como un microcontrolador, un PC, etc., o entre microcontroladores, o diferentes dispositivos que manejen comunicación serial; el módulo viene configurado por defecto para una comunicación de 9600 Bps de 8 bits, sin embargo el usuario puede cambiar la velocidad de transmisión así como otros parámetros, además estos módulos permiten hacer comunicaciones punto a punto o punto multipunto soportando redes tipo MESH. La conexión del circuito para el XBEEPRO se muestra en la figura 22.

Figura 22. Conexión XBEEPRO



El XBEEPRO es el encargado de recibir los datos provenientes del microcontrolador y enviarlos a través de la red inalámbrica hasta el receptor y viceversa, además es necesario amplificar las señales de la salida digital de comunicación hacia el PIC debido a las diferencias de tensión de alimentación de estos dispositivos, por ello se emplearon dos etapas de amplificador emisor común para este propósito.

3.3 CONSTRUCCION TARJETAS DE ALIMENTACIÓN Y TRANSMISIÓN

Como ya se explicó el funcionamiento y características de cada uno de los elementos utilizados para el diseño y construcción del acople sensor-transmisor del sistema, se procede a la fabricación de la tarjeta de control y circuito de alimentación para el sistema SIAPED.

3.3.1 Tarjeta de Alimentación. Como se mencionó anteriormente el sensor de presión se alimenta bajo un rango de 12 – 36 VDC, el circuito convertidor I-V necesita ± 15 VDC, el microcontrolador maneja 5 VDC y el transmisor XBEEPRO opera con 3,3 VDC. Para suplir todas éstas necesidades de alimentación y además garantizar señales libre de ruido con una calidad aceptable y protección incorporada se hizo uso de una fuente de voltaje modular ATX 500W, la cual entrega voltajes desde ± 12 VDC, ± 15 VDC y ± 5 VDC. La fuente no solo entrega éstos voltajes sino que también cuenta con protecciones por corriente y voltaje además de filtros de señal que garantizan un rendimiento superior. La fuente de alimentación se muestra en la figura 23.

Figura 23. Fuente de poder



Fuente: http://imagenes.solostocks.com/z1_4385972/fuente-alimentacion-atx-500.

Se utilizó este tipo de fuentes debido a que uno de los requerimientos de la compañía fue que el sistema estuviera certificado para trabajar en condiciones industriales, si se hubiera diseñado una fuente de poder tendría que ser sometida a un proceso de certificación lo cual demanda tiempo y gastos extras para la compañía.

3.3.2 Regulador LM1117- 3.3. Para la tensión de operación del módulo XBEEPRO se utilizó un regulador de 3,3V de referencia LM1117-3.3 de la empresa National Semiconductor, con las siguientes características:

- Limitación de corriente y protección térmica.
- Corriente de salida de 800mA.
- Regulación lineal de 0.2% (Max).
- Regulación de carga 0.4% (Max).
- Rango de temperatura de 0°C a 125°C.

Figura 24. LM1117-3.3.



Fuente:<http://circuits.datasheetdir.com/40/LM1117-circuits.jpg>.

Se diseñó una pequeña fuente fija de 3.3 VDC a partir de este regulador utilizando los 5 VDC entregados por la fuente ATX 500W, utilizando las recomendaciones descritas en el datasheet del fabricante para poder alimentar de esta forma el transmisor inalámbrico. Para la alimentación de los demás componentes se utilizó la fuente ATX 500W, simplemente se agregaron los filtros y dispositivos recomendados por cada uno de los fabricantes de los dispositivos empleados en este sistema.

3.3.3 Tarjeta del Transmisión. Para la tarjeta de transmisión simplemente se incluyeron los componentes descritos anteriormente, se agregaron filtros y protecciones y se procedió al diseño y construcción utilizando las herramientas de software de diseño gratis disponibles en la red, en este caso se empleó el software llamado AltiumDesigner, el esquemático y la posterior PCB se muestran en las figuras 25, 26 y 27.

Figura 25. Esquemático tarjeta de transmisión

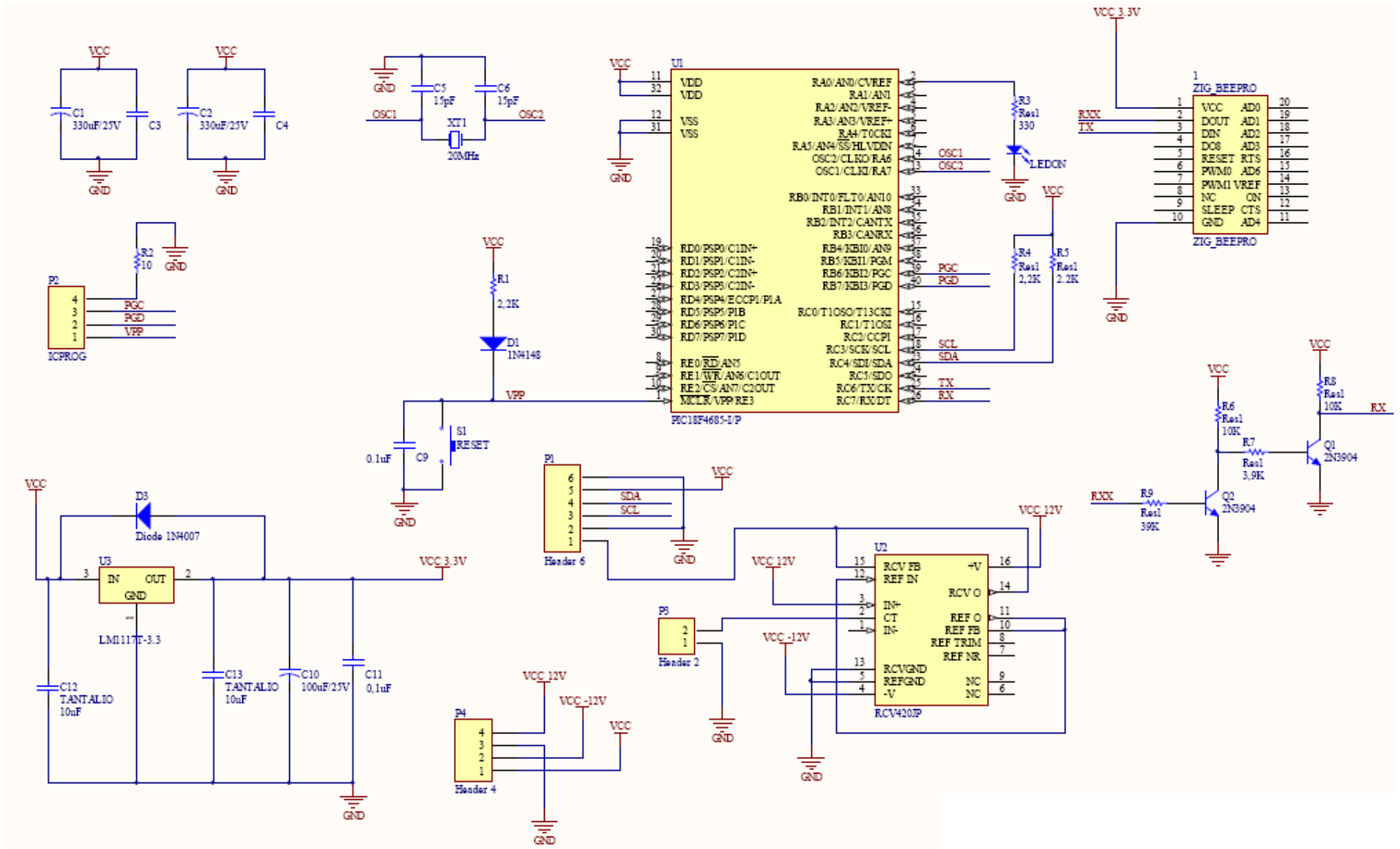


Figura 26. PCB Tarjeta transmisión

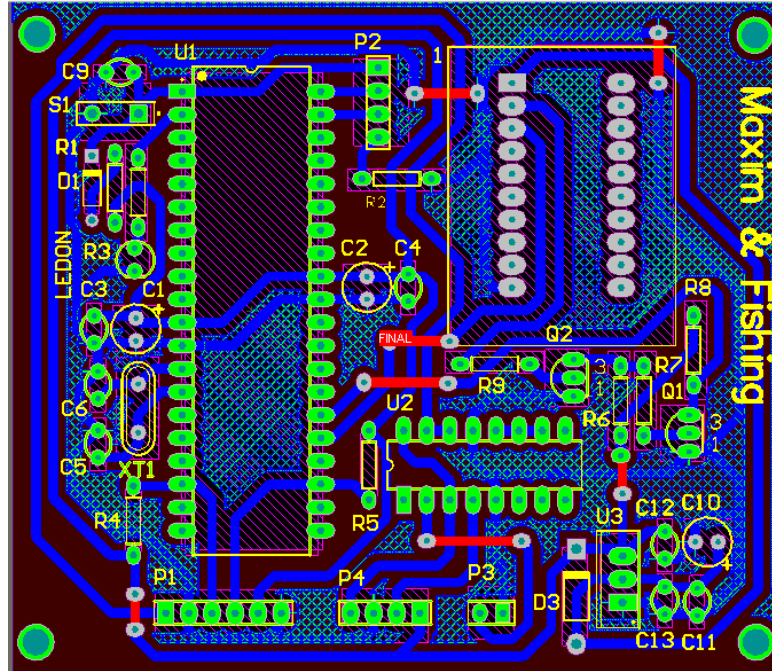
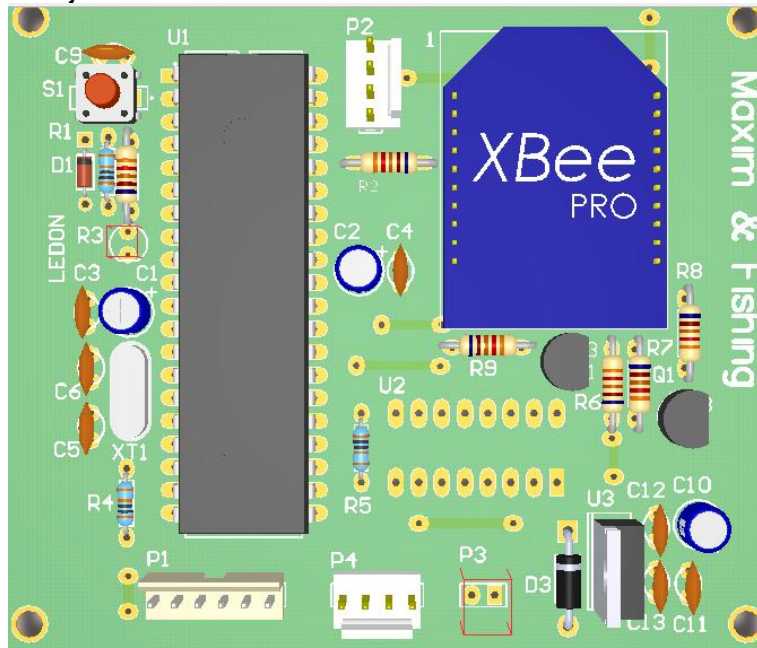


Figura 27. Final tarjeta de transmisión



La tarjeta de transmisión se incorporó junto con la fuente ATX 500W y se conectó al sensor de presión para formar el transmisor del sistema SIAPED.

3.3.4 Tarjeta Receptor. Para el sistema receptor no fue necesario construir una tarjeta ya que se empleó la que viene con el kit de desarrollo y programación XBEE EXPLORER que proporciona la empresa constructora de los módulos inalámbricos DIGI. Esta tarjeta tiene incorporado todos los circuitos necesarios para alimentar el módulo y su conexión con el PC. La tarjeta XBEE EXPLORER se muestra en la figura 28.

Figura 28. Tarjeta XBEE EXPLORER



Fuente: http://mindstormsnext.gr/pr_images/full/XBEE_EXPLORER.jpg.

Mediante ésta tarjeta solo es necesario un cable MINI-USB y un computador para poder recibir los datos enviados por el sistema transmisor, ya que se alimenta a través del puerto USB del computador, en la figura 29 se puede observar el transmisor y receptor Xbee Explorer.

Figura 29. Transmisor y receptor XBEE EXPLORER



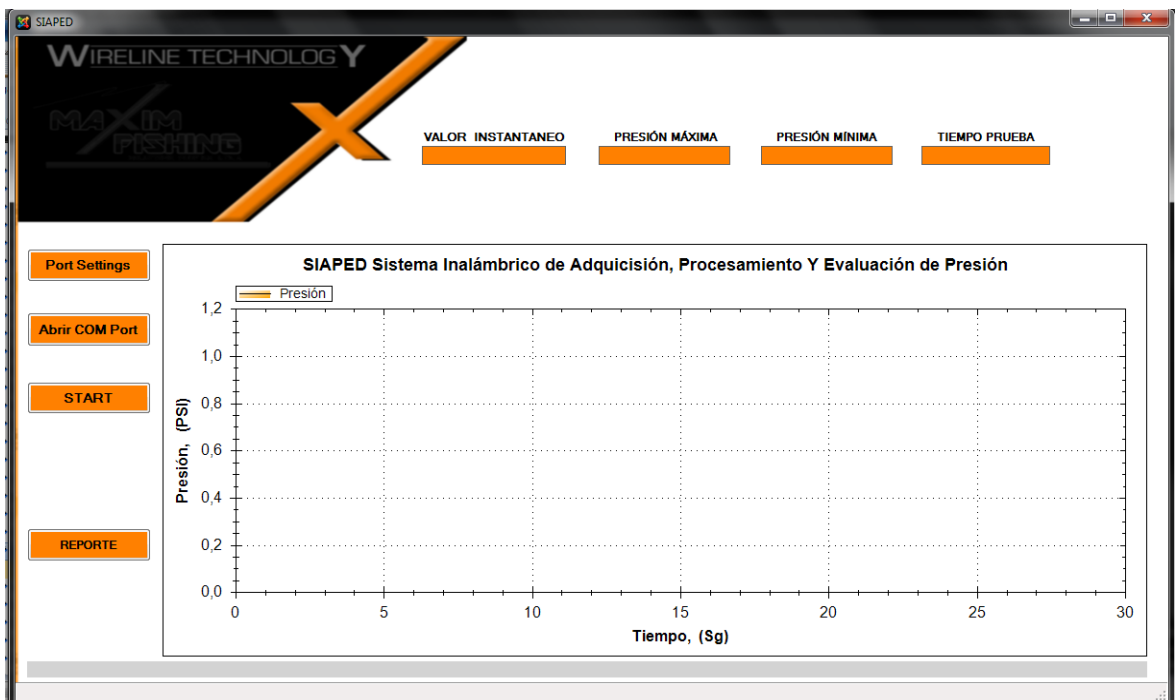
Fuente: http://mindstormsnext.gr/pr_images/full/XBEE_EXPLORER.jpg.

3.4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN EL PC

Para completar el sistema de pruebas hidrostáticas SIAPED, finalmente se desarrolló una aplicación para Windows utilizando el lenguaje de programación Visual Basic Express 2010 el cual será la interfaz entre el usuario y el sistema SIAPED, este software se comunicará mediante el puerto serial de la computadora con la tarjeta receptora y será el que utilizará la empresa Maxim & Fishing para llevar a cabo las pruebas y generar un reporte donde se encuentren registrados los datos de presión obtenidos durante el desarrollo de la prueba.

La aplicación básicamente consta de tres ventanas, en la figura 30 se observa la primera ventana con la cual arranca el software y permite inicialmente abrir la ventana de configuración del puerto de comunicaciones que se quiere utilizar para tal fin, configurar el tiempo de duración de la prueba, además permite observar una tendencia en tiempo real del desarrollo de la prueba, observar el valor instantáneo, los valores máximos y mínimos y finalmente cuando la prueba ha terminado, permite en otra ventana generar un reporte tanto para el cliente como para la empresa en donde se registran los datos obtenidos en la prueba.

Figura 30. Ventana Inicial



En la figura 31 se observa la ventana de configuración del puerto de comunicación de la PC y finalmente en la figura 32 se observa la ventana desde donde se

genera el reporte el cual se almacenará digitalmente en un archivo tipo Excel. Para una explicación más detallada del funcionamiento y uso de la aplicación diríjase al manual de usuario de la misma al final del libro.

Figura 31. Ventana de configuración del puerto

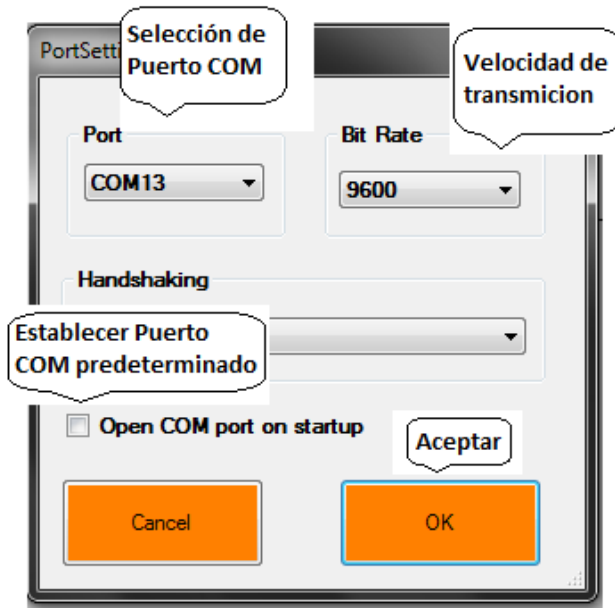
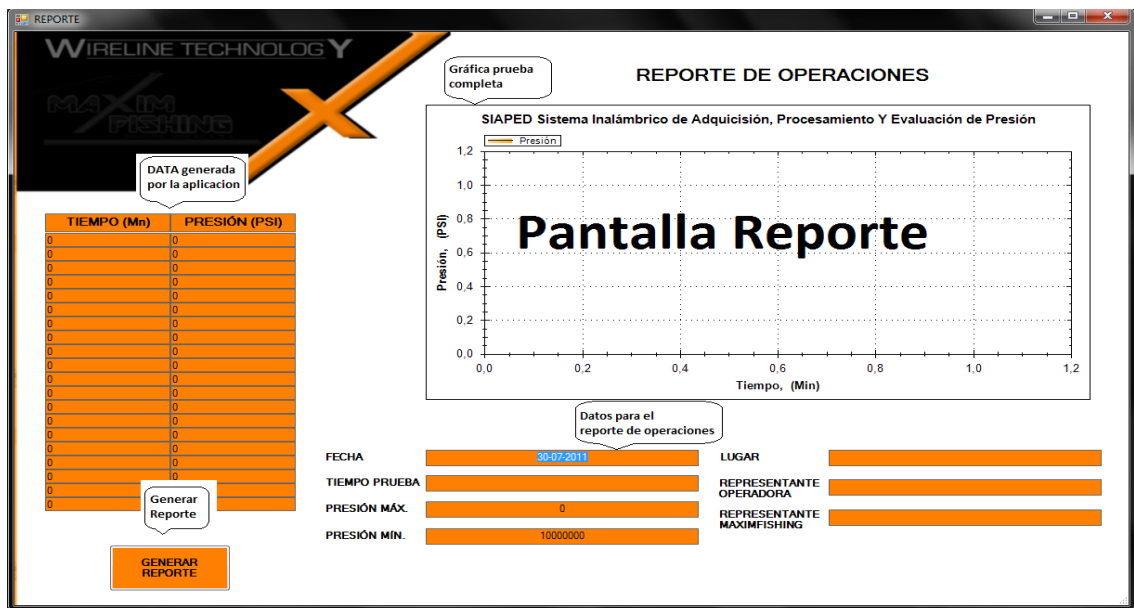


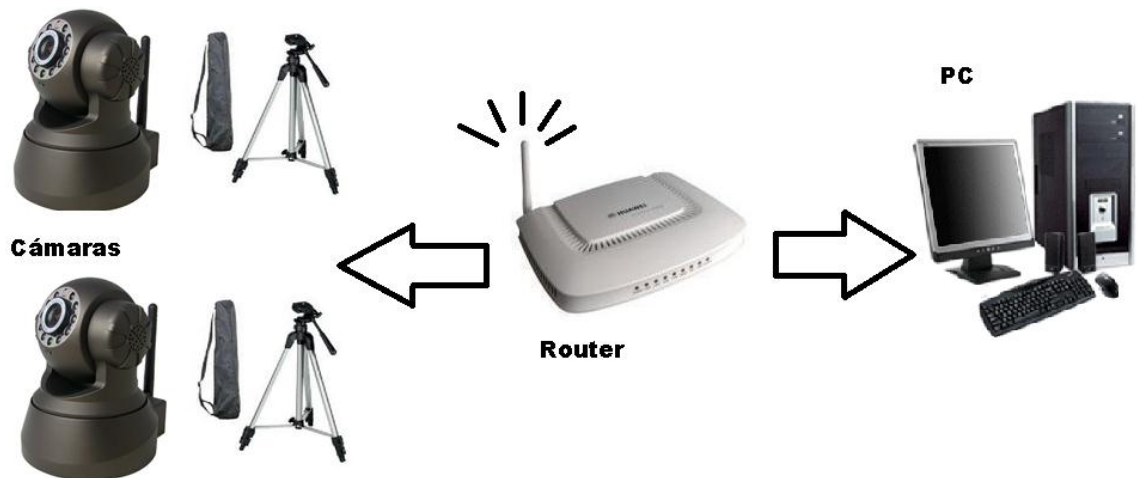
Figura 32. Ventana de reporte



3.5 CÁMARAS PARA MONITOREO DE LA PRUEBA

Para la supervisión de la prueba simplemente se interconectan las cámaras con el PC mediante una red LAN privada con un dispositivo de red inalámbrico. Luego de que la red está funcionando correctamente se instala en la computadora el software de las cámaras que permite recibir las señales de audio y video que ellas envían. El sistema de cámaras se instaló de la forma como se observa en la figura 33.

Figura 33. Sistema de cámaras



Para instalar las cámaras en el PC basta con introducir el CD de instalación y este automáticamente se ejecuta, solo se debe dar siguiente hasta finalizar el proceso.

El paso a seguir es conectar las cámaras a un tomacorriente y sus respectivas antenas como se esquematiza en la figura 34.

Figura 34. Alimentación y antena camaras Ip



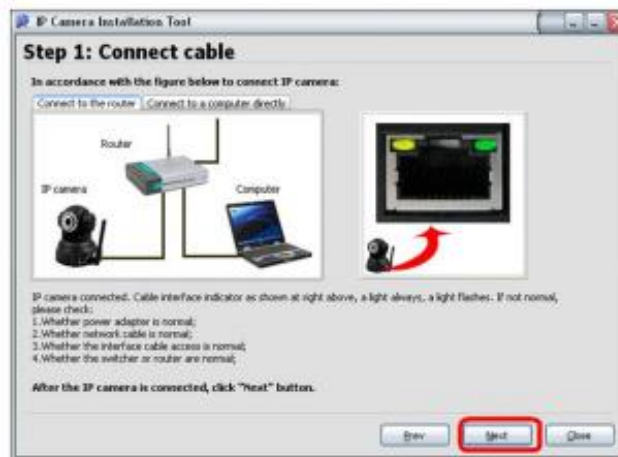
Cuando se encienda la cámara y se haya conectado el Router con el PC, en el escritorio del computador se hace doble click en el siguiente icono que se encuentra en la figura 35.

Figura 35. Buscador de cámara IP



Al ejecutar el software se desplegarán unas ventanas (ver figura 36) que muestran el paso a paso para encontrar las cámaras en la red y configurarlas.

Figura 36. Ventanas del buscador de cámara IP.



El paso 2 muestra la IP de la camera que es útil para acceder a través de la red local y en el paso 3 podemos hacer un test de conectividad haciendo click sobre el botón que se indica con una flecha en color rojo. El video se observará como se ve a continuación:

Figura 37. Interfaz cámaras



4. PRUEBAS DEL SISTEMA.

Las pruebas para el SIAPED se llevaron a cabo dentro de las instalaciones de la base de operaciones de la compañía MAXIM & FISHING en Neiva-Huila. Inicialmente se conectó el manómetro digital a una bomba de presión hidrostática, posteriormente se aplicaron manualmente pequeñas presiones (entre 10 a 100 Psi) y así se enviaron datos hacia la interfaz de recepción, todo a través del software de aplicación SIAPED.

Se probó primero el alcance del sistema dentro de la bodega de la compañía, la respuesta ante ruido industrial de la maquinaria presente en las instalaciones y la velocidad de reacción ante las variaciones de presión.

Seguidamente se procedió a la toma de datos con mínimas variaciones de presión hidrostática hasta 6000 Psi (para ver la respuesta del sistema y linealizar la salida del SIAPED con la lectura real del manómetro digital)

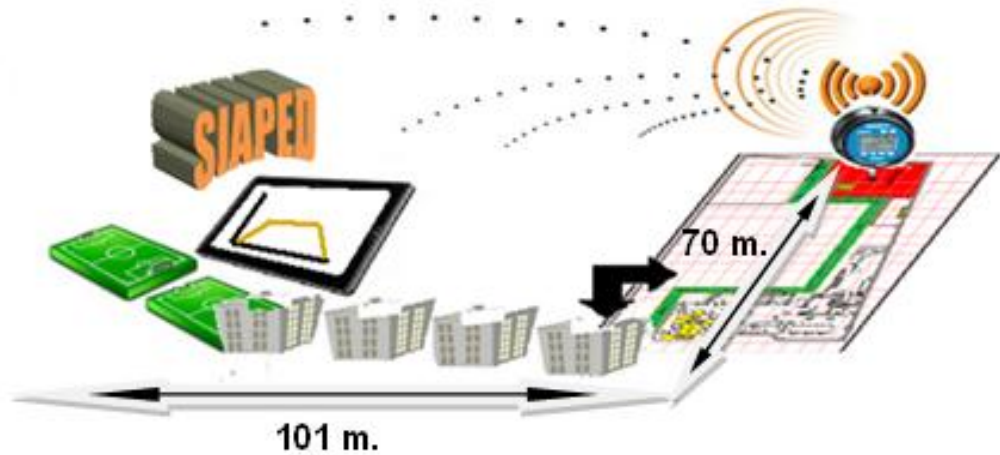
4.1 PRUEBAS DE TRANSMISIÓN

Se sometió el manómetro a presiones moderadas a través de una bomba de presión hidrostática manual, el sistema se inició desde el software aplicativo registrando datos en tiempo real y de esta manera se probó exitosamente tanto el alcance del Transreceiver ZigBee como su resistencia al ruido industrial propio del ambiente de trabajo de la compañía.

Por decisión de los directivos de la empresa, en el informe de presentación del SIAPED deben aparecer datos como: el tiempo de duración de la prueba, presiones hidrostáticas máximas y mínimas, valores numéricos, gráficas de las presiones registradas y por último la data que se almacena en el disco duro una vez termine cada prueba.

En la figura 38 se recrea el alcance del sistema en el complejo industrial donde se encuentra la compañía Maxim & Fishing.

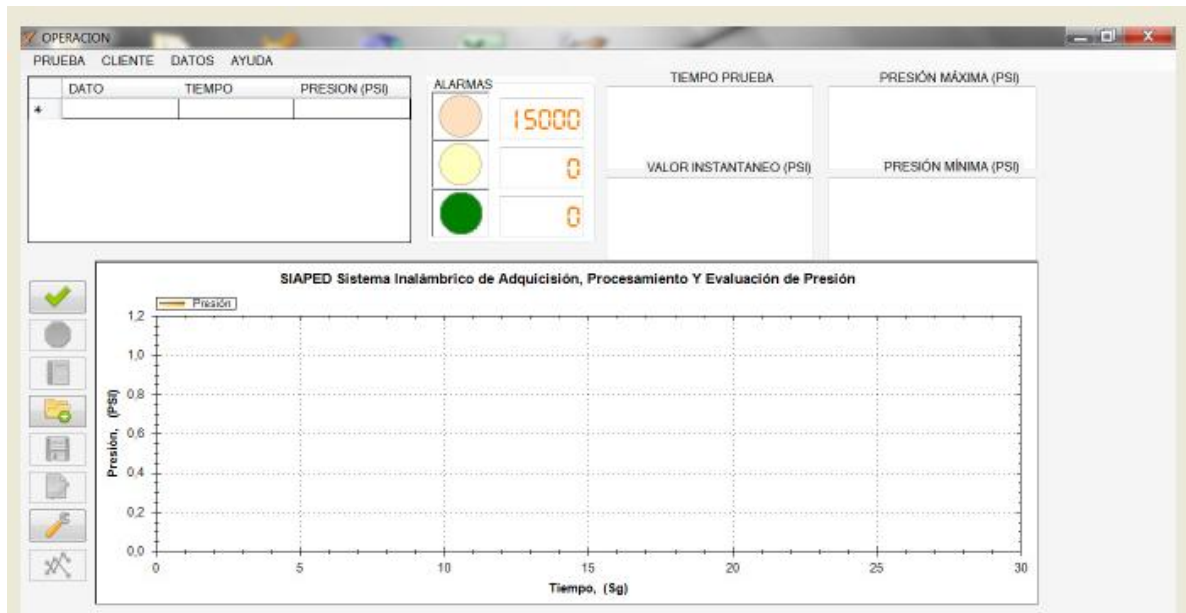
Figura 38. Recreación complejo industrial.



De la figura 38 vemos que la distancia en línea recta (teniendo en cuenta los obstáculos estructurales del complejo industrial) fue de 122 metros aproximadamente. Dentro de las instalaciones de Maxim Fishing S.A.S el alcance de la transmisión es 100% exitosa.

En la figura 39 se muestran como queda la interfaz del SIAPED.

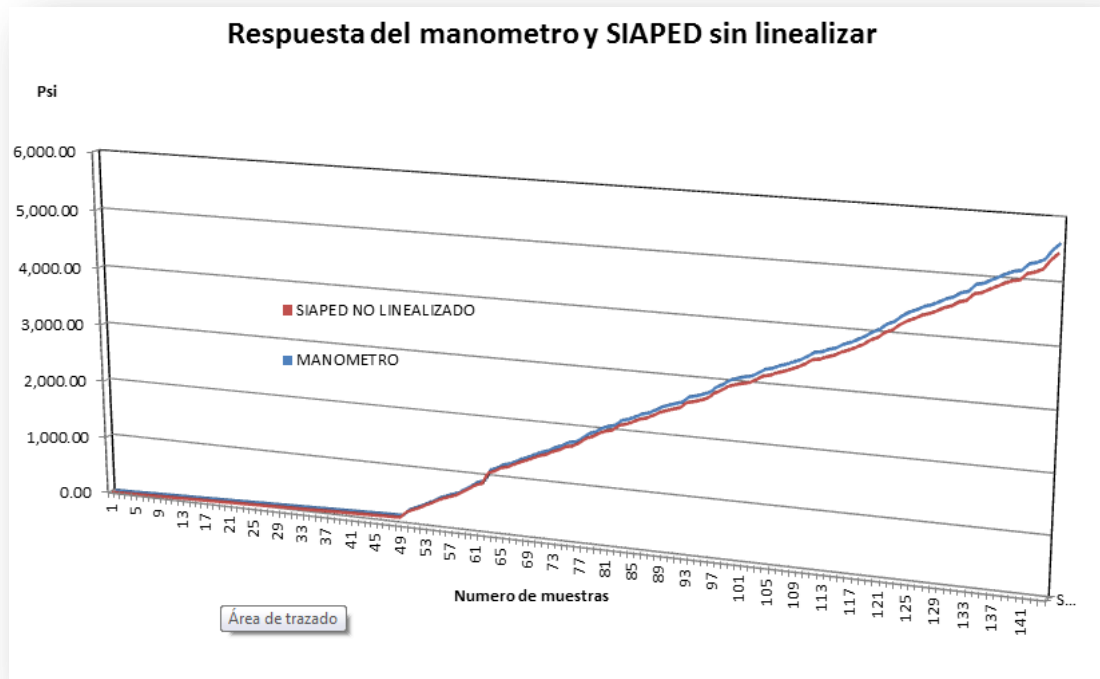
Figura 39. Interfaz SIAPED



4.2 CALIBRACIÓN FINAL

Durante la calibración del SIAPED se realizaron pruebas al sistema con pequeñas variaciones de presión para así tomar una muestra significativa de datos, dichas variaciones en un comienzo fueron de 10 Psi aproximadamente, a medida que se incrementaba las presiones (por encima de los 1000 Psi) los deltas de presión aumentaron por limitaciones de la bomba hidráulica. Todo el tiempo se tomó el valor del manómetro como patrón de medida. (En el Anexo F se puede observar la lista de datos tomados para el proceso de calibración) los resultados obtenidos se visualizan en la figura 40.

Figura 2. Respuesta de Manómetro y SIAPED sin linealizar.



En la figura 40 se puede observar que el sistema presenta una desviación respecto al valor del manómetro (que es nuestro valor de referencia), en el Anexo F (datos tomados para el proceso de calibración) se detecta que 127, 75 Psi es el máximo error que se presenta. Esto obligó a obtener una ecuación que linealice la señal digital recibida por el receptor y así obtener en la Interfaz un valor cercano al de referencia.

Para lograr la linealización del sistema se encontró una ecuación que toma los datos digitalizados del sensor de presión y los aproxima al valor real entregado por el manómetro digital. Esta ecuación se obtuvo gracias al software eureka formulize

(programa computacional que permite encontrar de manera rápida y muy efectiva modelos matemáticos con base en datos obtenidos). La ecuación es la siguiente:

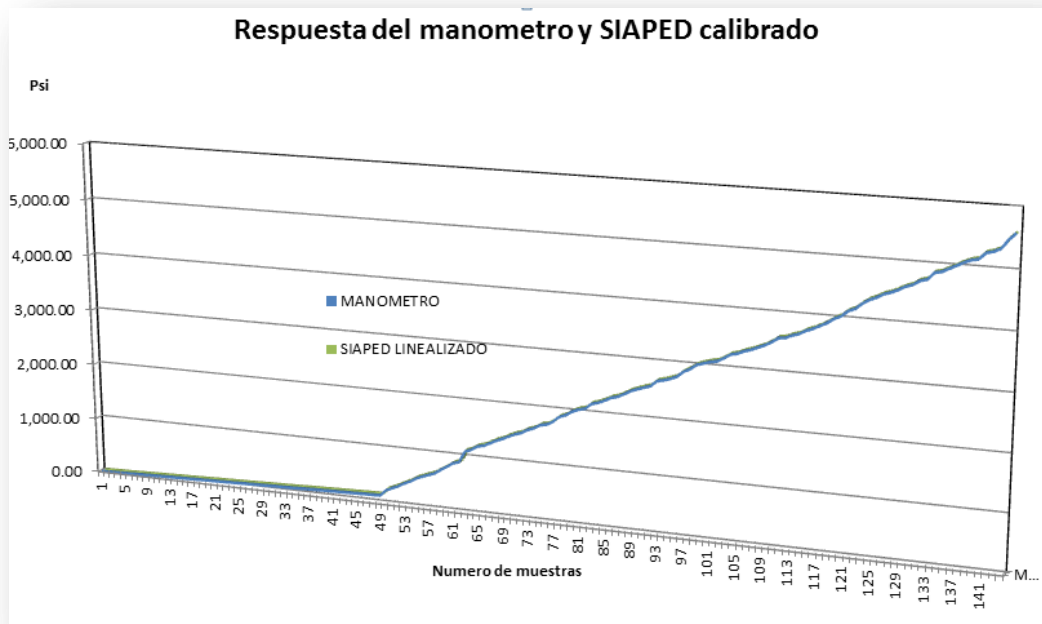
$$Y = 0.2171 + 1.004 * X + 0.00001933 * X^2 + 0.000000000001091 * X^4 - 0.000000006646 * X^3 - 7.434E - 17 * X^5$$

Donde X = valores digitalizados del transductor
 Y = datos de presión reales del manómetro digital

En el Anexo G se puede comprobar que la nueva respuesta del SIAPED presenta un error máximo de 2.7 Psi, logrando eliminar las desviaciones considerables de los datos sin linealizar.

En la figura 41 se observa la nueva respuesta del SIAPED calibrado.

Figura 41. SIAPED linealizado



El error de 2.7 Psi (que es el mayor valor que se obtuvo) equivale más o menos al 0.001%, lo que en la realidad es depreciable a altas presiones hidrostáticas (más de 3000 Psi).

Posteriormente se realizaron pruebas hidrostáticas o de integridad de hasta 5000 Psi a diferentes herramientas, los resultados fueron óptimos y serán analizados en el siguiente capítulo.

5. RESULTADOS

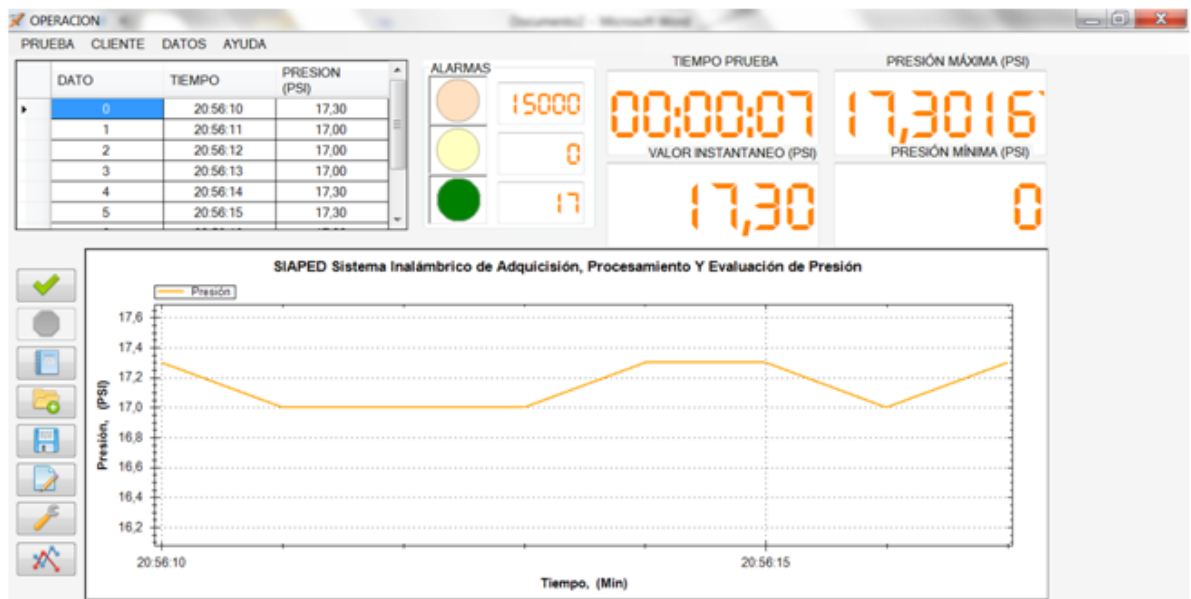
Se realizaron innumerables pruebas hidrostáticas para determinar la fiabilidad del sistema completo, a continuación se presentan algunos resultados de las pruebas de integridad que se hicieron a determinadas herramientas.

5.1 TIEMPO DE RESPUESTA Y PRECISIÓN DEL SIAPED

Se hicieron pruebas activando la interfaz (dejando un intervalo de tiempo) después de haber encendido el transmisor, con el fin de determinar el tiempo de respuesta y la precisión del SIAPED

De las pruebas efectuadas en intervalos cortos de tiempo bajo las mismas condiciones, se demostró que el sistema en todas las pruebas responde instantáneamente. A continuación mencionamos una de las pruebas analizadas.

Figura 42. Prueba durante 7 segundos.



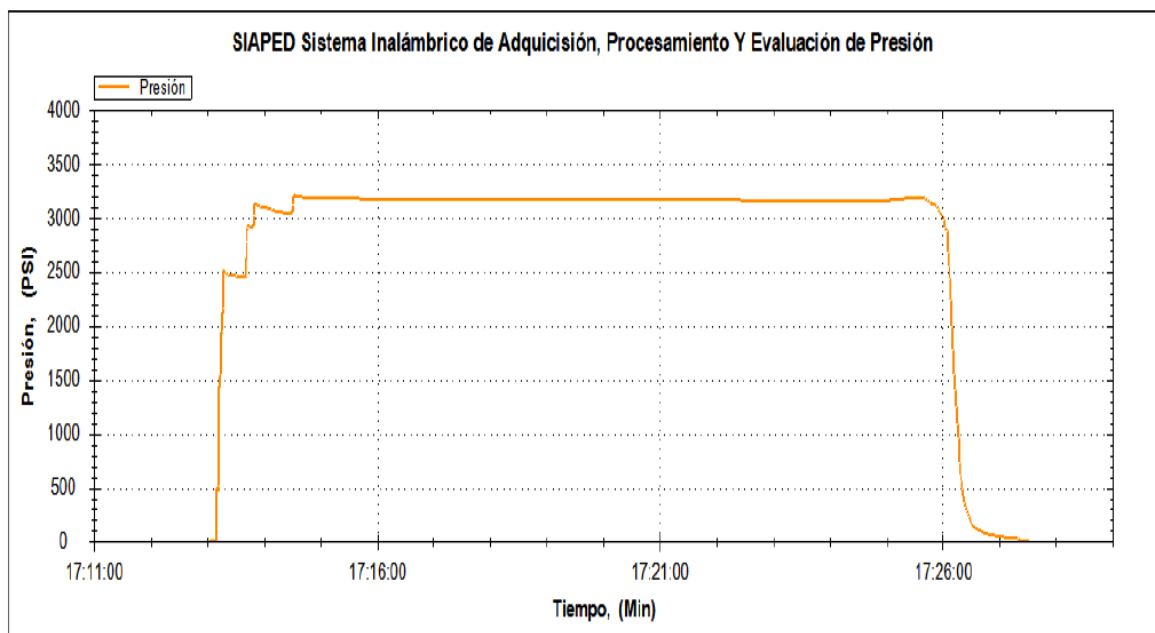
En la figura 42 se observa que los datos oscilan entre 17.3 y 17.0 mientras en el manómetro no se presentaba ninguna oscilación. Se percibe entonces que la precisión del SIAPED es de 0.3 Psi.

Durante esta prueba el SIAPED presentó un error máximo de 1 Psi, con respecto a la presión entregada por el manómetro (18 Psi) durante todos los 7 segundos.

5.2 SENSILIDAD Y EXACTITUD DEL SIAPED

De la interfaz se obtiene la siguiente relación de presión Vs tiempo:

Figura 43. SIAPED Presión Vs Tiempo Standing Valve 2,81 F



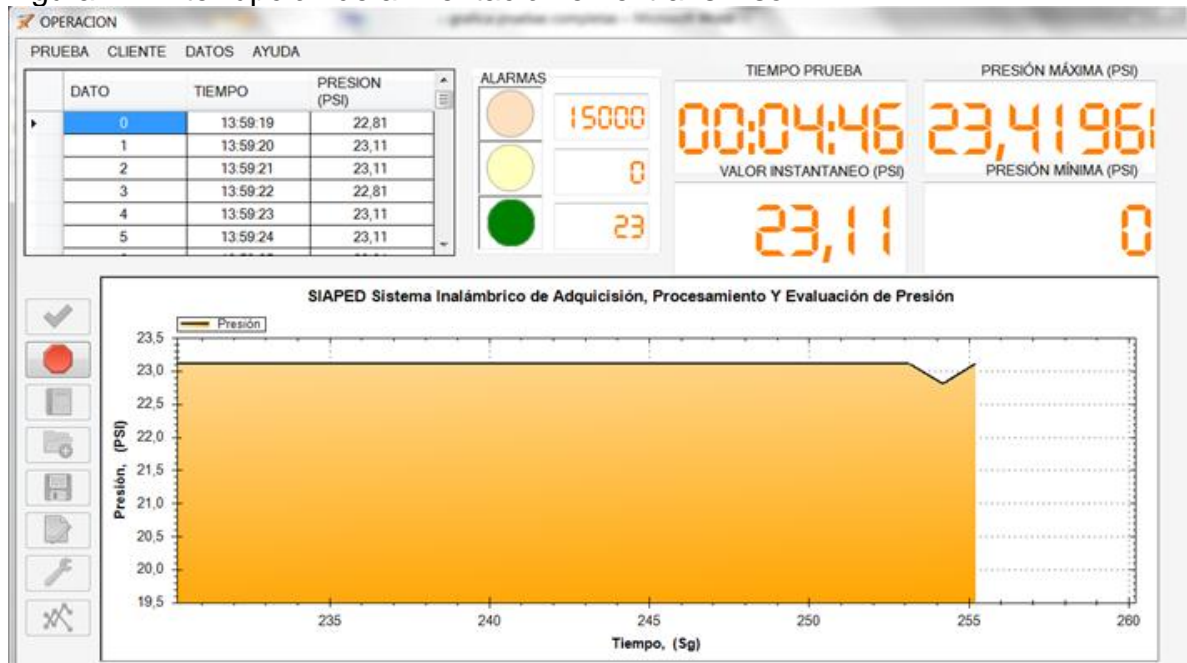
En la figura 43 se observa que la presión se mantiene estable entre las 17:16 (hh:mm) y las 17:21 (hh:mm), entonces se toma una muestra entre estos valores a partir de la data (ver Anexo H) y con Excel se encuentra la desviación estándar para determinar que tan dispersos están los datos del valor promedio en este muestreo. La muestra tiene un tamaño de 1.646 datos, al filtrar estos datos en Excel se obtiene que el promedio de la muestra es de 3.162 Psi y que la desviación estándar es de 3,661174 Psi, por consiguiente el SIAPED presenta una exactitud optima.

Durante la prueba se evidenció que el sistema mide las mínimas variaciones de presión a medida que transcurre el tiempo, si observamos la data de esta prueba es fácil corroborar que el sistema es tan sensible que en un solo milisegundo detecta la variación de 1 Psi.

5.3 INTERRUPCIÓN DE ALIMENTACIÓN EN EL TRANSMISOR.

Para verificar la respuesta del sistema frente a una falla en el circuito de alimentación, se empiezan a medir los datos y en este proceso desconectamos y conectamos nuevamente el transmisor, simulando una interrupción eléctrica. En la Figura 44 se observa el resultado obtenido.

Figura 44. Interrupción de alimentación en el transmisor.



La figura 44 indica que en el segundo 255 que equivale a 04:15 mm:ss correspondiente a la interrupción de la alimentación, a pesar de que la interfaz sigue trabajando no se vuelve a establecer comunicación con el transmisor, esto nos indica que cuando se vaya a utilizar el SIAPED se debe garantizar la alimentación del manómetro.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que cuando se vaya a llevar a ambientes industriales, donde normalmente existen concentraciones de gases o vapores inflamables, se debe usar alguna protección anti explosión de manera que no represente ningún riesgo su operación en campo.

El sistema se diseñó para uso exclusivo en base, la alimentación eléctrica se obtiene de diferentes tomacorrientes que se encuentran en el sitio destinado para las pruebas. Se recomienda instalar alimentación autónoma, a través de baterías de manera que sea aplicable en campo, esto le dará mayor movilidad al equipo.

Se recomienda ubicar la tarjeta de transmisión junto al medidor de presión hidrostática, con esto se eliminaría el uso de cableado lo que representa un riesgo adicional a la operación

Los riesgos de seguridad se reducen con el monitoreo remoto de la presión, sin embargo hay un riesgo latente en el momento de la despresurización. Se recomienda que cuando el sistema se haga aplicativo en campo, se usen válvulas de alivio electrónicas ya sea programables o de control remoto para evitar la exposición del operario durante el descargue de presión de la herramienta.

Se recomienda hacer un sistema de transmisión con mayor alcance, de manera que al implementarse en una estación donde las distancias de los pozos son significativas (más de 1 Km.), no se presenten pérdidas por atenuación de la transmisión.

7. CONCLUSIONES

El sistema desarrollado es capaz de realizar registros de presión en tiempo real, mediante un software toma los datos enviados vía inalámbricamente permitiendo visualizar la datos de presión a través de un ambiente interactivo, además la interfaz permite darle al cliente un soporte de los parámetros fundamentales que se requieren en una prueba de presión como por ejemplo la presión máxima, presión mínima, tiempo de prueba, grafica de variación de presión, data entre otros.

El software desarrollado para este sistema de adquisición de datos remoto es de gran importancia para la empresa MAXIM FISHING S.A.S ya que es flexible, característica que permite ofrecerle al cliente un soporte completo de la prueba desde el video hasta los datos más representativos. El reporte de operación que genera el software tiene graficas y tablas que hace que sea de fácil interpretación y almacenamiento.

Se disminuyó la exposición y por consiguiente el riesgo del operario a las altas presiones durante la prueba gracias al monitoreo remoto.

Se optimizo el proceso de resultados generando un data almacenable en el disco duro, lo cual minimiza errores humano presentes en la prueba.

La creación del manual de procedimientos (donde se especifica paso a paso el uso del sistema completo) junto con la interfaz applicativa SIAPED (de fácil interpretación) garantizan que la capacitación y entrenamiento para el uso del sistema sea sencillo.

En las pruebas hechas al sistema se observa claramente que es bastante preciso y sensible, la dispersión de los datos con respecto al promedio es despreciable.

BIBLIOGRAFIA

Burr Brown Company, RCV420 Data Sheet [online]. Precision 4mA to 20mA CURRENT LOOP RECEIVER. Printed in U.S.A. October, 1997. Web: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/rcv420.pdf>>

C. W. Rose and J. D. Schoeffler, "Microcomputers in instrumentation and data acquisition systems," Anal. Instrum., vol. 12, pp.157-163, 1974.

Digi International Inc. XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules Data Sheet [online]. ZigBee RF Modules. Marzo 2003. Web: <<http://freedatasheets.com/downloads/XBee%20%20XBee-PRO%20%20ZB%20RF%20Modules.pdf>>

Druck Incorporated. RTX 1000A Series User Manual [online]. Analog Pressure Transmitter. 20 p. Web: <http://www.ge-mcs.com/download/sensing-manuals/KA332_Is1.pdf>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C. ICONTEC, 2012. NTC 1486. 36 p.

IP CAMERA EasyN [CD ROM]. F Series IP camera User Manual. Cuarta actualización.

Laipac Technology Inc. RF900DV Data Sheet [online]. RF900-DV 16 Channels. Reference Guide. (900MHz RF-MODULE 16 CH), MODEL NO: RF900DV. Junio 2004. Web: <<http://www.sigmaelectronica.net/manuals/RF900DV.pdf>>

Maxim Fishing S.A.S. Manual de operaciones de Slickline. Tercera actualización. Neiva – Huila. Enero 2012. 211 a 218 p.

Microchip Technology Inc, MCP3421 Data Sheet [online]. 18-Bit Analog-to-Digital Converter I²C Interface and On-Board Reference. Revision B, December 2006. Web: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/22003b.pdf>>

Microchip Technology Inc. MRF24J40MA-I/R Data Sheet [online]. 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module. Printed in the U.S.A. 2008. Web:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70329b.pdf>>

Microchip Technology Inc, PIC18F4685 Data Sheet [online]. Enhanced Flash Microcontrollers with ECAN™ Technology, 10-Bit A/D and nanoWatt Technology. January 2007. Web:
< <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39761b.pdf>>

National Semiconductor Corporation. LM1117- 3.3 Data Sheet [online]. 800mA Low-Dropout Linear Regulator. June 2004. Web:
<<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/8/0uzr32fcc5ych0637cho90kh7f3y.pdf>>

OGATA, K. Ingeniería de Control Moderna. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. Cuarta edición, 2001.

Precision digital. PD224-BLO4F22 Data Sheet [online]. Industrial Digital pressure gauges. Model PD213, PD214, PD224. Web:
< http://www.calflo.com/files/products/186_371130.pdf>

S. R. Dillon, "Manufacturing automation protocol and technical and office protocols - success through the OSI model," in Proc. 32 nd IEEE Computer Society Int. Conf., pp. 80-81, 1987.

ANEXOS

Anexo A. RTX 1000

Figura 45. RTX-1000



Fuente: <http://www.ge-mcs.com/en/pressure-and-evel/transducerstransmitters/druck-rtx-1000>

Características:

- Capacidad de 10 psi hasta 20.000 psi
- Rango 100:1.
- Diafragma estándar Hastelloy C (Hastelloy C es una superaleación de níquel-molibdeno-cromo con adición de tungsteno diseñado para tener una excelente resistencia a la corrosión en un rango amplio de ambientes severos)
- Estuche de aluminio o acero inoxidable.
- Salidas NAMUR compatibles con alarmas.
- Salida de 4-20 mA y protocolo HART.

Anexo B. Salidas NAMUR

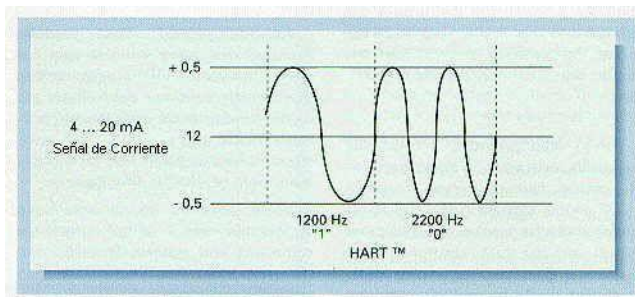
Detectores de tipo inductivo, previstos para funcionamiento en atmósferas explosivas, según recomendaciones NAMUR (DIN 19.234). Son detectores de dos hilos que absorben una intensidad alta o baja dependiendo de la presencia o no del objeto detectado. En general, se usan como captador en atmósferas

explosivas y la señal que generan se conecta a un amplificador externo con relé de salida.

Anexo C. Protocolo HART

(HART= Transductor Remoto Direccional de Alta velocidad, por sus siglas en inglés). HART usa una técnica de codificación por modificación de frecuencia (SFK, por sus siglas en inglés) para sobreponer comunicación digital en el bucle de corriente de 4-20 mA que conecta el instrumento de campo con el sistema de control. Se utilizan dos frecuencias (1.200 Hz y 2.200 Hz) para representar un 1 y un 0 binarios. (Ver 43 figura).

Figura 46. Protocolo HART

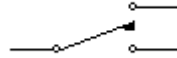


Estos tonos se superponen a la señal DC a un bajo nivel. La señal AC tiene un valor promedio de cero. Por ello, no se registra ningún cambio de DC en la señal existente de 4-20 mA, independientemente de los datos digitales. En consecuencia, el instrumento puede seguir utilizando la señal analógica 4-20 mA para control de procesos y la señal digital para información que no sea de control.

Anexo D. DWYER (Serie DSGT Transmisor Indicador Digital)

El medidor serie DSGT se entrega estándar con una salida de transmisor de 4-20 mA alimentada por bucle y se ofrece con uno o dos interruptores 1P2T (un polo, dos posiciones) opcionales.

Figura 47. Interruptor 1P2T



El medidor serie DSGT está albergado en un duradero estuche de termoplástico reforzado con fibra de vidrio, diseñado para cumplir con los requisitos de la norma NEMA 4 (IP65). El medidor tiene una pantalla con menús para facilitar la personalización. Las funciones elegibles por el usuario incluyen 12 unidades de ingeniería, funciones de calibración y desactivación protegidas por contraseña y un gráfico de barras y frecuencias de actualización y amortiguamiento ajustables.

Figura 48. DWYER



Fuente: http://www.dwyer-inst.com/Products/Product.cfm?Group_ID=70.

Especificaciones del Medidor:

- Materiales: sensor de acero inoxidable, estuche de termoplástico reforzado con fibra de vidrio.
- Exactitud: $\pm 0,25\%$ de escala completa (incluye linealidad, histéresis, repetición).
- Límite de presión: 2 veces el rango completo de la escala.
- Conexión de proceso: NPT macho de 1/2".
- Pantalla de 5 dígitos, (0,88" [22,3 mm] de altura).

Especificaciones del transmisor:

- Fuente de alimentación: 12-36 VCC (alimentado por circuito).
- Señal de salida: 4-20 mA.
- Tiempo de respuesta: 100 ms.
- Límites de temperatura: 14 a 140 °F (-10 a 60 °C).
- Resistencia de bucle: CC; 0-1090 ohmios máximo.

Especificaciones del interruptor:

- Tipo de interruptor: 1P2T.
- Repetición: 0,25% de la escala completa.
- Clasificación eléctrica: 1 A a 24 VCC o 0,5 A a 125 VCA.
- Requisitos eléctricos: 12-36 VCC.
- Puntos de ajuste: Ajustables mediante selecciones en menús.
- Peso: 1,45 lb (0,66 kg).

Anexo E. Seguridad intrínseca clase1, div 1

Áreas de Clase I. Son lugares dónde gases inflamables y/o vapores están o podrían estar presentes en el aire en cantidades suficientes para producir una explosión. En estas clases que utilizan la metodología de concepto de división hay dos divisiones distintas. Las definiciones formales se describen enseguida:

División 1: son locaciones en las cuáles pueden existir concentraciones de gases o vapores inflamables:

- Bajo condiciones de operación normales
- Frecuentemente por mantenimiento o reparación
- Por fugas frecuentes, grado inferior dónde no exista una ventilación adecuada
- Cuando fugas de operaciones fallidas de equipo de proceso resulten en una falla simultánea del equipo eléctrico.

División 2: son locaciones en las cuáles pueden existir concentraciones de gases o vapores inflamables:

- Falla de sistemas confinados.
- Operación anormal o falla de equipo de procesamiento.
- Operación anormal o falla de equipo de ventilación.
- El área está adyacente a la locación de división 1.

Anexo F. SIAPED sin linealizar

Dato	Manóm.	SIAPED	Vma - V _{SIAPED}
1	0,00	0,00	0,00
2	3,00	3,36	-0,36
3	6,00	6,10	-0,10
4	9,00	9,16	-0,16
5	12,00	11,90	0,10
6	15,00	14,69	0,31
7	18,00	17,70	0,30
8	21,00	20,45	0,55
9	24,00	23,50	0,50
10	27,00	26,55	0,45
11	30,00	29,30	0,70
12	33,00	32,35	0,65
13	36,00	35,40	0,60
14	39,00	38,15	0,85
15	41,00	41,20	-0,20
16	44,00	43,95	0,05
17	47,00	47,00	0,00
18	50,00	49,75	0,25
19	53,00	52,80	0,20
20	56,00	55,54	0,46
21	59,00	58,60	0,40
22	62,00	61,34	0,66
23	65,00	64,09	0,91
24	68,00	67,14	0,86
25	71,00	70,19	0,81
26	74,00	73,24	0,76
27	77,00	76,30	0,70
28	80,00	79,04	0,96
29	83,00	82,09	0,91
30	86,00	85,15	0,85
31	89,00	87,89	1,11
32	91,00	90,95	0,05
33	94,00	94,00	0,00
34	97,00	96,74	0,26
35	101,00	99,80	1,20
36	104,00	102,50	1,50
37	108,00	108,04	-0,04
38	112,00	111,09	0,91
39	113,00	113,83	-0,83
40	117,00	116,87	0,13
41	120,00	119,94	0,06
42	123,00	122,99	0,01
43	126,00	125,74	0,26
44	129,00	128,79	0,21
45	132,00	131,53	0,47
46	135,00	134,59	0,41
47	138,00	137,64	0,36
48	141,00	140,39	0,61

Dato	Manóm.	SIAPED	Vma - V _{SIAPED}
49	144,00	143,13	0,87
50	250,00	248,73	1,27
51	302,00	301,52	0,48
52	348,50	345,47	3,03
53	410,50	405,90	4,60
54	460,50	455,03	5,47
55	525,50	518,81	6,69
56	572,50	564,59	7,91
57	613,00	605,18	7,82
58	653,50	645,47	8,03
59	730,50	717,49	13,01
60	798,00	782,80	15,20
61	869,50	854,21	15,29
62	907,50	892,67	14,83
63	1.107,50	1.088,29	19,21
64	1.148,50	1.128,57	19,93
65	1.218,50	1.195,10	23,40
66	1.245,50	1.223,49	22,01
67	1.301,50	1.278,12	23,38
68	1.357,50	1.332,00	25,50
69	1.401,50	1.374,86	26,64
70	1.455,50	1.425,82	29,68
71	1.504,50	1.474,04	30,46
72	1.540,50	1.507,92	32,58
73	1.605,50	1.569,26	36,24
74	1.646,50	1.608,94	37,56
75	1.713,50	1.673,64	39,86
76	1.734,50	1.694,00	40,50
77	1.799,50	1.757,56	41,94
78	1.890,50	1.846,06	44,44
79	1.934,50	1.889,40	45,10
80	2.005,50	1.957,46	48,04
81	2.052,50	2.003,23	49,27
82	2.078,50	2.029,48	49,02
83	2.172,50	2.122,26	50,24
84	2.202,50	2.150,94	51,56
85	2.251,50	2.199,47	52,03
86	2.311,50	2.256,54	54,96
87	2.340,50	2.285,23	55,27
88	2.396,50	2.339,55	56,95
89	2.461,50	2.402,42	59,08
90	2.502,50	2.442,70	59,80
91	2.540,50	2.480,24	60,26
92	2.576,00	2.514,73	61,27
93	2.673,50	2.609,33	64,17
94	2.699,50	2.634,66	64,84
95	2.735,00	2.669,00	66,00
96	2.779,50	2.711,87	67,63

Dato	Manóm.	SIAPED	Vma - V _{SIAPED}
97	2.875,50	2.806,00	69,50
98	2.934,50	2.863,00	71,50
99	3.014,50	2.939,85	74,65
100	3.052,50	2.976,78	75,72
101	3.085,50	3.007,60	77,90
102	3.108,50	3.030,79	77,71
103	3.167,50	3.088,17	79,33
104	3.241,00	3.159,58	81,42
105	3.267,50	3.184,00	83,50
106	3.317,50	3.234,05	83,45
107	3.353,00	3.268,23	84,77
108	3.400,50	3.314,00	86,50
109	3.447,50	3.359,48	88,02
110	3.509,50	3.419,60	89,90
111	3.588,50	3.498,03	90,47
112	3.603,00	3.511,76	91,24
113	3.653,50	3.560,90	92,60
114	3.688,50	3.595,08	93,42
115	3.752,50	3.658,25	94,25
116	3.794,50	3.697,93	96,57
117	3.852,50	3.752,26	100,24
118	3.909,50	3.809,02	100,48
119	3.988,50	3.887,14	101,36
120	4.041,50	3.938,72	102,78
121	4.135,50	4.030,27	105,23
122	4.182,50	4.076,05	106,45
123	4.279,50	4.171,58	107,92
124	4.350,50	4.241,16	109,34
125	4.397,50	4.288,16	109,34
126	4.459,50	4.348,80	110,70
127	4.496,50	4.385,81	110,69
128	4.547,50	4.435,25	112,25
129	4.609,50	4.495,68	113,82
130	4.647,50	4.532,91	114,59
131	4.721,50	4.604,94	116,56
132	4.753,50	4.636,68	116,82
133	4.871,50	4.751,73	119,77
134	4.895,50	4.775,54	119,96
135	4.956,50	4.836,27	120,23
136	5.012,50	4.891,20	121,30
137	5.071,50	4.949,80	121,70
138	5.118,50	4.996,49	122,01
139	5.139,50	5.016,63	122,87
140	5.251,50	5.127,11	124,39
141	5.280,50	5.156,71	123,79
142	5.333,50	5.208,90	124,60
143	5.483,50	5.357,22	126,28
144	5.598,50	5.470,75	127,75

La tercera columna de cada tabla representa el valor del manómetro menos el valor del SIAPED de donde se obtiene el error.

Anexo G. SIAPED Linealizado

Dato	Manóm.	SIAPED LINE.	VM - VSL
1	0,00	0,22	-0,22
2	3,00	3,59	-0,59
3	6,00	6,34	-0,34
4	9,00	9,42	-0,42
5	12,00	12,17	-0,17
6	15,00	14,97	0,03
7	18,00	17,99	0,01
8	21,00	20,76	0,24
9	24,00	23,82	0,18
10	27,00	26,89	0,11
11	30,00	29,65	0,35
12	33,00	32,72	0,28
13	36,00	35,78	0,22
14	39,00	38,55	0,45
15	41,00	41,61	-0,61
16	44,00	44,38	-0,38
17	47,00	47,45	-0,45
18	50,00	50,21	-0,21
19	53,00	53,28	-0,28
20	56,00	56,04	-0,04
21	59,00	59,12	-0,12
22	62,00	61,87	0,13
23	65,00	64,64	0,36
24	68,00	67,71	0,29
25	71,00	70,78	0,22
26	74,00	73,85	0,15
27	77,00	76,93	0,07
28	80,00	79,69	0,31
29	83,00	82,76	0,24
30	86,00	85,84	0,16
31	89,00	88,60	0,40
32	91,00	91,69	-0,69
33	94,00	94,76	-0,76
34	97,00	97,52	-0,52
35	101,00	100,60	0,40
36	104,00	103,32	0,68
37	108,00	108,91	-0,91
38	112,00	111,98	0,02
39	113,00	114,74	-1,74
40	117,00	117,81	-0,81
41	120,00	120,90	-0,90
42	123,00	123,98	-0,98
43	126,00	126,75	-0,75
44	129,00	129,83	-0,83
45	132,00	132,59	-0,59
46	135,00	135,68	-0,68
47	138,00	138,76	-0,76
48	141,00	141,53	-0,53

Dato	Manóm.	SIAPED LINE.	VM - VSL
49	144,00	144,30	-0,30
50	250,00	251,04	-1,04
51	302,00	304,53	-2,53
52	348,50	349,12	-0,62
53	410,50	410,51	-0,01
54	460,50	460,49	0,01
55	525,50	525,45	0,05
56	572,50	572,14	0,36
57	613,00	613,56	-0,56
58	653,50	654,72	-1,22
59	730,50	728,35	2,15
60	798,00	795,19	2,81
61	869,50	868,35	1,15
62	907,50	907,78	-0,28
63	1.107,50	1.108,60	-1,10
64	1.148,50	1.150,00	-1,50
65	1.218,50	1.218,41	0,09
66	1.245,50	1.247,61	-2,11
67	1.301,50	1.303,81	-2,31
68	1.357,50	1.359,26	-1,76
69	1.401,50	1.403,38	-1,88
70	1.455,50	1.455,84	-0,34
71	1.504,50	1.505,50	-1,00
72	1.540,50	1.540,40	0,10
73	1.605,50	1.603,58	1,92
74	1.646,50	1.644,46	2,04
75	1.713,50	1.711,12	2,38
76	1.734,50	1.732,10	2,40
77	1.799,50	1.797,60	1,90
78	1.890,50	1.888,80	1,70
79	1.934,50	1.933,47	1,03
80	2.005,50	2.003,61	1,89
81	2.052,50	2.050,77	1,73
82	2.078,50	2.077,83	0,67
83	2.172,50	2.173,43	-0,93
84	2.202,50	2.202,98	-0,48
85	2.251,50	2.252,99	-1,49
86	2.311,50	2.311,79	-0,29
87	2.340,50	2.341,34	-0,84
88	2.396,50	2.397,30	-0,80
89	2.461,50	2.462,05	-0,55
90	2.502,50	2.503,54	-1,04
91	2.540,50	2.542,20	-1,70
92	2.576,00	2.577,71	-1,71
93	2.673,50	2.675,11	-1,61
94	2.699,50	2.701,18	-1,68
95	2.735,00	2.736,53	-1,53
96	2.779,50	2.780,65	-1,15

Dato	Manóm.	SIAPED LINE.	VM - VSL
97	2.875,50	2.877,51	-2,01
98	2.934,50	2.936,15	-1,65
99	3.014,50	3.015,20	-0,70
100	3.052,50	3.053,17	-0,67
101	3.085,50	3.084,87	0,63
102	3.108,50	3.108,71	-0,21
103	3.167,50	3.167,70	-0,20
104	3.241,00	3.241,10	-0,10
105	3.267,50	3.266,19	1,31
106	3.317,50	3.317,62	-0,12
107	3.353,00	3.352,74	0,26
108	3.400,50	3.399,75	0,75
109	3.447,50	3.446,47	1,03
110	3.509,50	3.508,20	1,30
111	3.588,50	3.588,71	-0,21
112	3.603,00	3.602,81	0,19
113	3.653,50	3.653,24	0,26
114	3.688,50	3.688,31	0,19
115	3.752,50	3.753,11	-0,61
116	3.794,50	3.793,80	0,70
117	3.852,50	3.849,51	2,99
118	3.909,50	3.907,69	1,81
119	3.988,50	3.987,74	0,76
120	4.041,50	4.040,58	0,92
121	4.135,50	4.134,31	1,19
122	4.182,50	4.181,16	1,34
123	4.279,50	4.278,88	0,62
124	4.350,50	4.350,01	0,49
125	4.397,50	4.398,04	-0,54
126	4.459,50	4.459,97	-0,47
127	4.496,50	4.497,75	-1,25
128	4.547,50	4.548,20	-0,70
129	4.609,50	4.609,83	-0,33
130	4.647,50	4.647,78	-0,28
131	4.721,50	4.721,15	0,35
132	4.753,50	4.753,46	0,04
133	4.871,50	4.870,48	1,02
134	4.895,50	4.894,67	0,83
135	4.956,50	4.956,33	0,17
136	5.012,50	5.012,06	0,44
137	5.071,50	5.071,45	0,05
138	5.118,50	5.118,73	-0,23
139	5.139,50	5.139,11	0,39
140	5.251,50	5.250,76	0,74
141	5.280,50	5.280,63	-0,13
142	5.333,50	5.333,24	0,26
143	5.483,50	5.482,40	1,10
144	5.598,50	5.596,17	2,33

Donde la tercera columna de cada tabla representa el valor del manómetro menos el valor del SIAPED de donde se obtiene el error.

Anexo H. Prueba Standing Valve 2.81 F

A continuación la parte de la data donde se toman las muestras para determinar la desviación estándar:

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
795	17:15:57	3169,67
796	17:15:57	3169,67
797	17:15:57	3169,67
798	17:15:58	3169,67
799	17:15:58	3169,36
800	17:15:58	3169,67
801	17:15:58	3169,36
802	17:15:58	3169,67
803	17:15:59	3169,36
804	17:15:59	3169,67
805	17:15:59	3169,67
806	17:15:59	3169,36
807	17:15:59	3169,36
808	17:16:00	3169,67
809	17:16:00	3169,67
810	17:16:00	3169,67
811	17:16:00	3169,36
812	17:16:01	3169,67
813	17:16:01	3169,67
814	17:16:01	3169,67
815	17:16:01	3169,36
816	17:16:01	3169,67
817	17:16:02	3169,67
818	17:16:02	3169,67
819	17:16:02	3169,67
820	17:16:02	3169,67
821	17:16:03	3169,67
822	17:16:03	3169,67
823	17:16:03	3169,67
824	17:16:03	3169,67
825	17:16:03	3169,67
826	17:16:04	3169,67
827	17:16:04	3169,67
828	17:16:04	3169,67
829	17:16:04	3169,67
830	17:16:05	3169,67
831	17:16:05	3169,67
832	17:16:05	3169,67
833	17:16:05	3169,67
834	17:16:05	3169,67
835	17:16:06	3169,36
836	17:16:06	3169,67
837	17:16:06	3169,67
838	17:16:06	3169,67
839	17:16:06	3169,67
840	17:16:07	3169,67
841	17:16:07	3169,67
842	17:16:07	3169,67
843	17:16:07	3169,67
844	17:16:08	3169,67
845	17:16:08	3169,67
846	17:16:08	3169,67
847	17:16:08	3169,67

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
848	17:16:08	3169,67
849	17:16:09	3169,67
850	17:16:09	3169,67
851	17:16:09	3169,67
852	17:16:09	3169,67
853	17:16:10	3169,67
854	17:16:10	3169,67
855	17:16:10	3169,67
856	17:16:10	3169,67
857	17:16:10	3169,67
858	17:16:11	3169,67
859	17:16:11	3169,67
860	17:16:11	3169,67
861	17:16:11	3169,67
862	17:16:11	3169,67
863	17:16:12	3169,67
864	17:16:12	3169,67
865	17:16:12	3169,67
866	17:16:12	3169,67
867	17:16:13	3169,67
868	17:16:13	3169,67
869	17:16:13	3169,67
870	17:16:13	3169,67
871	17:16:13	3169,67
872	17:16:14	3169,67
873	17:16:14	3169,67
874	17:16:14	3169,36
875	17:16:14	3169,36
876	17:16:15	3169,67
877	17:16:15	3169,67
878	17:16:15	3169,36
879	17:16:15	3169,36
880	17:16:15	3169,67
881	17:16:16	3169,67
882	17:16:16	3169,36
883	17:16:16	3169,67
884	17:16:16	3169,67
885	17:16:17	3169,67
886	17:16:17	3169,67
887	17:16:17	3169,67
888	17:16:17	3169,67
889	17:16:17	3169,67
890	17:16:18	3169,67
891	17:16:18	3169,67
892	17:16:18	3169,67
893	17:16:18	3169,67
894	17:16:18	3169,67
895	17:16:19	3169,67
896	17:16:19	3169,67
897	17:16:19	3169,36
898	17:16:19	3169,36
899	17:16:20	3169,67
900	17:16:20	3169,67

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
901	17:16:20	3169,67
902	17:16:20	3169,36
903	17:16:20	3169,67
904	17:16:21	3169,67
905	17:16:21	3169,67
906	17:16:21	3169,67
907	17:16:21	3169,67
908	17:16:22	3169,67
909	17:16:22	3169,67
910	17:16:22	3169,67
911	17:16:22	3169,67
912	17:16:22	3169,67
913	17:16:23	3169,67
914	17:16:23	3169,67
915	17:16:23	3169,67
916	17:16:23	3169,67
917	17:16:24	3169,67
918	17:16:24	3169,67
919	17:16:24	3169,67
920	17:16:24	3166,85
921	17:16:24	3166,85
922	17:16:25	3166,85
923	17:16:25	3166,85
924	17:16:25	3166,85
925	17:16:25	3166,85
926	17:16:25	3166,85
927	17:16:26	3166,85
928	17:16:26	3166,85
929	17:16:26	3166,54
930	17:16:26	3166,54
931	17:16:27	3166,85
932	17:16:27	3166,54
933	17:16:27	3166,85
934	17:16:27	3166,54
935	17:16:27	3166,85
936	17:16:28	3166,85
937	17:16:28	3166,54
938	17:16:28	3166,85
939	17:16:28	3166,54
940	17:16:29	3166,85
941	17:16:29	3166,85
942	17:16:29	3166,54
943	17:16:29	3166,85
944	17:16:29	3166,85
945	17:16:30	3166,85
946	17:16:30	3166,85
947	17:16:30	3166,85
948	17:16:30	3166,85
949	17:16:31	3166,85
950	17:16:31	3166,54
951	17:16:31	3166,85
952	17:16:31	3166,85
953	17:16:31	3166,85

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
954	17:16:32	3166,85
955	17:16:32	3166,85
956	17:16:32	3166,85
957	17:16:32	3166,54
958	17:16:32	3166,54
959	17:16:33	3166,85
960	17:16:33	3166,85
961	17:16:33	3166,85
962	17:16:33	3166,54
963	17:16:34	3166,85
964	17:16:34	3166,85
965	17:16:34	3166,85
966	17:16:34	3166,54
967	17:16:34	3166,85
968	17:16:35	3166,85
969	17:16:35	3166,85
970	17:16:35	3166,85
971	17:16:35	3166,85
972	17:16:36	3166,85
973	17:16:36	3166,85
974	17:16:36	3166,85
975	17:16:36	3166,85
976	17:16:36	3166,85
977	17:16:37	3166,85
978	17:16:37	3166,85
979	17:16:37	3166,85
980	17:16:37	3166,85
981	17:16:38	3166,85
982	17:16:38	3166,85
983	17:16:38	3166,85
984	17:16:38	3166,85
985	17:16:38	3166,85
986	17:16:39	3166,85
987	17:16:39	3166,85
988	17:16:39	3166,85
989	17:16:39	3166,85
990	17:16:39	3166,85
991	17:16:40	3166,85
992	17:16:40	3166,85
993	17:16:40	3166,54
994	17:16:40	3166,85
995	17:16:41	3166,85
996	17:16:41	3166,85
997	17:16:41	3166,54
998	17:16:41	3166,85
999	17:16:41	3166,54
1000	17:16:42	3166,85
1001	17:16:42	3166,54
1002	17:16:42	3166,85
1003	17:16:42	3166,85
1004	17:16:43	3166,85
1005	17:16:43	3166,54
1006	17:16:43	3166,85

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
1007	17:16:43	3166,54
1008	17:16:43	3166,85
1009	17:16:44	3166,54
1010	17:16:44	3166,85
1011	17:16:44	3166,85
1012	17:16:44	3166,85
1013	17:16:45	3166,54
1014	17:16:45	3166,85
1015	17:16:45	3166,85
1016	17:16:45	3166,85
1017	17:16:45	3166,54
1018	17:16:46	3166,85
1019	17:16:46	3166,85
1020	17:16:46	3166,85
1021	17:16:46	3166,54
1022	17:16:46	3166,85
1023	17:16:47	3166,85
1024	17:16:47	3166,85
1025	17:16:47	3166,85
1026	17:16:47	3166,85
1027	17:16:48	3166,85
1028	17:16:48	3166,85
1029	17:16:48	3166,85
1030	17:16:48	3166,85
1031	17:16:48	3166,85
1032	17:16:49	3166,85
1033	17:16:49	3166,85
1034	17:16:49	3166,85
1035	17:16:49	3166,85
1036	17:16:50	3166,85
1037	17:16:50	3166,54
1038	17:16:50	3166,85
1039	17:16:50	3166,85
1040	17:16:50	3166,85
1041	17:16:51	3166,85
1042	17:16:51	3166,85
1043	17:16:51	3166,85
1044	17:16:51	3166,85
1045	17:16:52	3166,85
1046	17:16:52	3166,85
1047	17:16:52	3166,85
1048	17:16:52	3166,85
1049	17:16:52	3166,54
1050	17:16:53	3166,85
1051	17:16:53	3166,85
1052	17:16:53	3166,85
1053	17:16:53	3166,54
1054	17:16:53	3166,54
1055	17:16:54	3166,54
1056	17:16:54	3166,54
1057	17:16:54	3166,54
1058	17:16:54	3166,85
1059	17:16:55	3166,54

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
1060	17:16:55	3166,85
1061	17:16:55	3166,54
1062	17:16:55	3166,85
1063	17:16:55	3166,54
1064	17:16:56	3166,85
1065	17:16:56	3166,85
1066	17:16:56	3166,85
1067	17:16:56	3166,85
1068	17:16:57	3166,54
1069	17:16:57	3166,54
1070	17:16:57	3166,54
1071	17:16:57	3166,85
1072	17:16:57	3166,85
1073	17:16:58	3166,54
1074	17:16:58	3166,54
1075	17:16:58	3166,85
1076	17:16:58	3166,54
1077	17:16:59	3166,85
1078	17:16:59	3166,54
1079	17:16:59	3166,54
1080	17:16:59	3166,54
1081	17:16:59	3166,54
1082	17:17:00	3166,85
1083	17:17:00	3166,85
1084	17:17:00	3166,54
1085	17:17:00	3166,54
1086	17:17:00	3166,54
1087	17:17:01	3166,54
1088	17:17:01	3166,54
1089	17:17:01	3166,54
1090	17:17:01	3166,54
1091	17:17:02	3166,54
1092	17:17:02	3166,54
1093	17:17:02	3166,54
1094	17:17:02	3166,85
1095	17:17:02	3166,85
1096	17:17:03	3166,85
1097	17:17:03	3166,85
1098	17:17:03	3166,85
1099	17:17:03	3166,85
1100	17:17:04	3166,54
1101	17:17:04	3166,54
1102	17:17:04	3166,85
1103	17:17:04	3166,54
1104		

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2067	17:20:35	3157,75
2068	17:20:35	3157,75
2069	17:20:35	3157,75
2070	17:20:36	3157,75
2071	17:20:36	3157,75
2072	17:20:36	3157,75
2073	17:20:36	3158,07
2074	17:20:36	3157,75
2075	17:20:37	3157,75
2076	17:20:37	3157,75
2077	17:20:37	3157,75
2078	17:20:37	3157,75
2079	17:20:38	3157,75
2080	17:20:38	3157,75
2081	17:20:38	3158,07
2082	17:20:38	3158,07
2083	17:20:38	3157,75
2084	17:20:39	3158,07
2085	17:20:39	3157,75
2086	17:20:39	3157,75
2087	17:20:39	3157,75
2088	17:20:40	3157,75
2089	17:20:40	3157,75
2090	17:20:40	3157,75
2091	17:20:40	3157,75
2092	17:20:40	3157,75
2093	17:20:41	3157,75
2094	17:20:41	3157,75
2095	17:20:41	3157,75
2096	17:20:41	3157,75
2097	17:20:42	3157,75
2098	17:20:42	3157,75
2099	17:20:42	3157,75
2100	17:20:42	3157,75
2101	17:20:42	3157,75
2102	17:20:43	3157,75
2103	17:20:43	3157,75
2104	17:20:43	3157,75
2105	17:20:43	3157,75
2106	17:20:43	3157,75
2107	17:20:44	3157,75
2108	17:20:44	3157,75
2109	17:20:44	3157,75
2110	17:20:44	3157,75
2111	17:20:45	3157,75
2112	17:20:45	3157,75
2113	17:20:45	3157,75
2114	17:20:45	3157,75
2115	17:20:45	3157,75
2116	17:20:46	3157,75
2117	17:20:46	3157,75
2118	17:20:46	3157,75
2119	17:20:46	3157,75

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2120	17:20:47	3158,07
2121	17:20:47	3157,75
2122	17:20:47	3157,75
2123	17:20:47	3157,75
2124	17:20:47	3157,75
2125	17:20:48	3157,75
2126	17:20:48	3157,75
2127	17:20:48	3157,75
2128	17:20:48	3158,07
2129	17:20:49	3157,75
2130	17:20:49	3157,75
2131	17:20:49	3157,75
2132	17:20:49	3157,75
2133	17:20:49	3157,75
2134	17:20:50	3157,75
2135	17:20:50	3157,75
2136	17:20:50	3158,07
2137	17:20:50	3157,75
2138	17:20:50	3158,07
2139	17:20:51	3157,75
2140	17:20:51	3158,07
2141	17:20:51	3158,07
2142	17:20:51	3157,75
2143	17:20:52	3157,75
2144	17:20:52	3157,75
2145	17:20:52	3157,75
2146	17:20:52	3158,07
2147	17:20:52	3157,75
2148	17:20:53	3158,07
2149	17:20:53	3157,75
2150	17:20:53	3157,75
2151	17:20:53	3157,75
2152	17:20:54	3157,75
2153	17:20:54	3157,75
2154	17:20:54	3157,75
2155	17:20:54	3157,75
2156	17:20:54	3157,75
2157	17:20:55	3157,75
2158	17:20:55	3157,75
2159	17:20:55	3157,75
2160	17:20:55	3157,75
2161	17:20:56	3158,07
2162	17:20:56	3157,75
2163	17:20:56	3157,75
2164	17:20:56	3158,07
2165	17:20:56	3157,75
2166	17:20:57	3157,75
2167	17:20:57	3157,75
2168	17:20:57	3157,75
2169	17:20:57	3158,07
2170	17:20:57	3157,75
2171	17:20:58	3157,75
2172	17:20:58	3157,75

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2173	17:20:58	3158,07
2174	17:20:58	3157,75
2175	17:20:59	3157,75
2176	17:20:59	3158,07
2177	17:20:59	3157,75
2178	17:20:59	3157,75
2179	17:20:59	3157,75
2180	17:21:00	3158,07
2181	17:21:00	3157,75
2182	17:21:00	3157,75
2183	17:21:00	3157,75
2184	17:21:01	3158,07
2185	17:21:01	3157,75
2186	17:21:01	3157,75
2187	17:21:01	3157,75
2188	17:21:01	3157,75
2189	17:21:02	3157,75
2190	17:21:02	3157,75
2191	17:21:02	3157,75
2192	17:21:02	3157,75
2193	17:21:03	3158,07
2194	17:21:03	3157,75
2195	17:21:03	3157,75
2196	17:21:03	3157,75
2197	17:21:03	3157,75
2198	17:21:04	3157,75
2199	17:21:04	3157,75
2200	17:21:04	3157,75
2201	17:21:04	3158,07
2202	17:21:04	3157,75
2203	17:21:05	3157,75
2204	17:21:05	3157,75
2205	17:21:05	3157,75
2206	17:21:05	3157,75
2207	17:21:06	3157,75
2208	17:21:06	3158,07
2209	17:21:06	3157,75
2210	17:21:06	3157,75
2211	17:21:06	3157,75
2212	17:21:07	3157,75
2213	17:21:07	3158,07
2214	17:21:07	3157,75
2215	17:21:07	3157,75
2216	17:21:08	3158,07
2217	17:21:08	3158,07
2218	17:21:08	3157,75
2219	17:21:08	3158,07
2220	17:21:08	3158,07
2221	17:21:09	3157,75
2222	17:21:09	3157,75
2223	17:21:09	3158,07
2224	17:21:09	3158,07
2225	17:21:10	3158,07

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2226	17:21:10	3157,75
2227	17:21:10	3157,75
2228	17:21:10	3158,07
2229	17:21:10	3157,75
2230	17:21:11	3157,75
2231	17:21:11	3158,07
2232	17:21:11	3158,07
2233	17:21:11	3158,07
2234	17:21:11	3157,75
2235	17:21:12	3158,07
2236	17:21:12	3157,75
2237	17:21:12	3158,07
2238	17:21:12	3157,75
2239	17:21:13	3158,07
2240	17:21:13	3158,07
2241	17:21:13	3157,75
2242	17:21:13	3157,75
2243	17:21:13	3157,75
2244	17:21:14	3157,75
2245	17:21:14	3157,75
2246	17:21:14	3157,75
2247	17:21:14	3158,07
2248	17:21:15	3158,07
2249	17:21:15	3158,07
2250	17:21:15	3157,75
2251	17:21:15	3158,07
2252	17:21:15	3158,07
2253	17:21:16	3158,07
2254	17:21:16	3157,75
2255	17:21:16	3158,07
2256	17:21:16	3157,75
2257	17:21:17	3157,75
2258	17:21:17	3157,75
2259	17:21:17	3157,75
2260	17:21:17	3157,75
2261	17:21:17	3157,75
2262	17:21:18	3157,75
2263	17:21:18	3157,75
2264	17:21:18	3157,75
2265	17:21:18	3157,75
2266	17:21:18	3157,75
2267	17:21:19	3157,75
2268	17:21:19	3157,75
2269	17:21:19	3157,75
2270	17:21:19	3157,75
2271	17:21:20	3157,75
2272	17:21:20	3157,75
2273	17:21:20	3157,75
2274	17:21:20	3157,75
2275	17:21:20	3157,75
2276	17:21:21	3157,75
2277	17:21:21	3157,75
2278	17:21:21	3157,75

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2279	17:21:21	3157,75
2280	17:21:22	3157,75
2281	17:21:22	3157,75
2282	17:21:22	3157,75
2283	17:21:22	3158,07
2284	17:21:22	3158,07
2285	17:21:23	3157,75
2286	17:21:23	3157,75
2287	17:21:23	3158,07
2288	17:21:23	3157,75
2289	17:21:24	3157,75
2290	17:21:24	3157,75
2291	17:21:24	3157,75
2292	17:21:24	3158,07
2293	17:21:24	3157,75
2294	17:21:25	3158,07
2295	17:21:25	3158,07
2296	17:21:25	3158,07
2297	17:21:25	3158,07
2298	17:21:25	3158,07
2299	17:21:26	3157,75
2300	17:21:26	3158,07
2301	17:21:26	3158,07
2302	17:21:26	3157,75
2303	17:21:27	3158,07
2304	17:21:27	3158,07
2305	17:21:27	3157,75
2306	17:21:27	3158,07
2307	17:21:27	3157,75
2308	17:21:28	3158,07
2309	17:21:28	3157,75
2310	17:21:28	3157,75
2311	17:21:28	3158,07
2312	17:21:29	3158,07
2313	17:21:29	3157,75
2314	17:21:29	3157,75
2315	17:21:29	3158,07
2316	17:21:29	3158,07
2317	17:21:30	3157,75
2318	17:21:30	3158,07
2319	17:21:30	3158,07
2320	17:21:30	3158,07
2321	17:21:30	3157,75
2322	17:21:31	3158,07
2323	17:21:31	3158,07
2324	17:21:31	3158,07
2325	17:21:31	3158,07
2326	17:21:32	3158,07
2327	17:21:32	3158,07
2328	17:21:32	3158,07
2329	17:21:32	3157,75
2330	17:21:32	3158,07
2331	17:21:33	3158,07

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2332	17:21:33	3158,07
2333	17:21:33	3157,75
2334	17:21:33	3158,07
2335	17:21:34	3157,75
2336	17:21:34	3157,75
2337	17:21:34	3157,75
2338	17:21:34	3157,75
2339	17:21:34	3157,75
2340	17:21:35	3157,75
2341	17:21:35	3157,75
2342	17:21:35	3157,75
2343	17:21:35	3158,07
2344	17:21:36	3157,75
2345	17:21:36	3157,75
2346	17:21:36	3158,07
2347	17:21:36	3158,07
2348	17:21:36	3157,75
2349	17:21:37	3157,75
2350	17:21:37	3157,75
2351	17:21:37	3158,07
2352	17:21:37	3157,75
2353	17:21:37	3157,75
2354	17:21:38	3158,07
2355	17:21:38	3157,75
2356	17:21:38	3157,75
2357	17:21:38	3157,75
2358	17:21:39	3158,07
2359	17:21:39	3157,75
2360	17:21:39	3158,07
2361	17:21:39	3157,75
2362	17:21:39	3158,07
2363	17:21:40	3157,75
2364	17:21:40	3157,75
2365	17:21:40	3157,75
2366	17:21:40	3158,07
2367	17:21:41	3158,07
2368	17:21:41	3157,75
2369	17:21:41	3157,75
2370	17:21:41	3158,07
2371	17	

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2385	17:21:44	3157,75
2386	17:21:45	3158,07
2387	17:21:45	3158,07
2388	17:21:45	3157,75
2389	17:21:45	3157,75
2390	17:21:46	3158,07
2391	17:21:46	3158,07
2392	17:21:46	3157,75
2393	17:21:46	3157,75
2394	17:21:46	3158,07
2395	17:21:47	3158,07
2396	17:21:47	3158,07
2397	17:21:47	3158,07
2398	17:21:47	3158,07
2399	17:21:48	3157,75
2400	17:21:48	3157,75
2401	17:21:48	3158,07
2402	17:21:48	3158,07
2403	17:21:48	3158,07
2404	17:21:49	3158,07
2405	17:21:49	3157,75
2406	17:21:49	3158,07
2407	17:21:49	3157,75
2408	17:21:50	3157,75
2409	17:21:50	3157,75
2410	17:21:50	3157,75
2411	17:21:50	3158,07
2412	17:21:50	3157,75
2413	17:21:51	3157,75
2414	17:21:51	3157,75
2415	17:21:51	3158,07
2416	17:21:51	3157,75
2417	17:21:51	3157,75
2418	17:21:52	3158,07
2419	17:21:52	3158,07
2420	17:21:52	3157,75
2421	17:21:52	3158,07
2422	17:21:53	3158,07
2423	17:21:53	3158,07
2424	17:21:53	3157,75
2425	17:21:53	3157,75
2426	17:21:53	3157,75
2427	17:21:54	3157,75
2428	17:21:54	3157,75
2429	17:21:54	3157,75
2430	17:21:54	3158,07
2431	17:21:55	3158,07
2432	17:21:55	3157,75
2433	17:21:55	3157,75
2434	17:21:55	3157,75
2435	17:21:55	3157,75
2436	17:21:56	3157,75
2437	17:21:56	3157,75

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2438	17:21:56	3158,07
2439	17:21:56	3158,07
2440	17:21:57	3157,75
2441	17:21:57	3157,75
2442	17:21:57	3158,07
2443	17:21:57	3158,07
2444	17:21:57	3157,75
2445	17:21:58	3157,75
2446	17:21:58	3157,75
2447	17:21:58	3157,75
2448	17:21:58	3157,75
2449	17:21:58	3157,75
2450	17:21:59	3157,75
2451	17:21:59	3157,75
2452	17:21:59	3157,75
2453	17:21:59	3157,75
2454	17:22:00	3157,75
2455	17:22:00	3157,75
2456	17:22:00	3157,75
2457	17:22:00	3157,75
2458	17:22:00	3157,75
2459	17:22:01	3157,75
2460	17:22:01	3157,75
2461	17:22:01	3157,75
2462	17:22:01	3157,75
2463	17:22:02	3157,75
2464	17:22:02	3157,75
2465	17:22:02	3157,75
2466	17:22:02	3157,75
2467	17:22:02	3157,75
2468	17:22:03	3157,75
2469	17:22:03	3158,07
2470	17:22:03	3157,75
2471	17:22:03	3157,75
2472	17:22:04	3157,75
2473	17:22:04	3158,07
2474	17:22:04	3158,07
2475	17:22:04	3158,07
2476	17:22:04	3157,75
2477	17:22:05	3158,07
2478	17:22:05	3158,07
2479	17:22:05	3158,07
2480	17:22:05	3157,75
2481	17:22:05	3157,75
2482	17:22:06	3157,75
2483	17:22:06	3157,75
2484	17:22:06	3157,75
2485	17:22:06	3157,75
2486	17:22:07	3157,75
2487	17:22:07	3158,07
2488	17:22:07	3158,07
2489	17:22:07	3158,07
2490	17:22:07	3158,07

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2491	17:22:08	3158,07
2492	17:22:08	3157,75
2493	17:22:08	3157,75
2494	17:22:08	3157,75
2495	17:22:09	3157,75
2496	17:22:09	3157,75
2497	17:22:09	3157,75
2498	17:22:09	3158,07
2499	17:22:09	3158,07
2500	17:22:10	3157,75
2501	17:22:10	3157,75
2502	17:22:10	3157,75
2503	17:22:10	3157,75
2504	17:22:11	3157,75
2505	17:22:11	3157,75
2506	17:22:11	3157,75
2507	17:22:11	3157,75
2508	17:22:11	3157,75
2509	17:22:12	3158,07
2510	17:22:12	3157,75
2511	17:22:12	3157,75
2512	17:22:12	3157,75
2513	17:22:12	3158,07
2514	17:22:13	3157,75
2515	17:22:13	3157,75
2516	17:22:13	3157,75
2517	17:22:13	3158,07
2518	17:22:14	3158,07
2519	17:22:14	3158,07
2520	17:22:14	3158,07
2521	17:22:14	3158,07
2522	17:22:14	3158,07
2523	17:22:15	3157,75
2524	17:22:15	3157,75
2525	17:22:15	3158,07
2526	17:22:15	3157,75
2527	17:22:16	3157,75
2528	17:22:16	3157,75
2529	17:22:16	3157,75
2530	17:22:16	3157,75
2531	17:22:16	3157,75
2532	17:22:17	3157,75
2533	17:22:17	3157,75
2534	17:22:17	3157,75
2535	17:22:17	3157,75
2536	17:22:18	3157,75
2537	17:22:18	3157,75
2538	17:22:18	3157,75
2539	17:22:18	3157,75
2540	17:22:18	3157,75
2541	17:22:19	3157,75
2542	17:22:19	3157,75
2543	17:22:19	3157,75

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2544	17:22:19	3157,75
2545	17:22:19	3157,75
2546	17:22:20	3157,75
2547	17:22:20	3157,75
2548	17:22:20	3157,75
2549	17:22:20	3157,75
2550	17:22:21	3157,75
2551	17:22:21	3157,75
2552	17:22:21	3157,75
2553	17:22:21	3157,75
2554	17:22:21	3157,75
2555	17:22:22	3157,75
2556	17:22:22	3157,75
2557	17:22:22	3157,75
2558	17:22:22	3157,75
2559	17:22:23	3157,75
2560	17:22:23	3157,75
2561	17:22:23	3157,75
2562	17:22:23	3157,75
2563	17:22:23	3157,75
2564	17:22:24	3157,75
2565	17:22:24	3157,75
2566	17:22:24	3157,75
2567	17:22:24	3157,75
2568	17:22:25	3157,75
2569	17:22:25	3157,75
2570	17:22:25	3157,75
2571	17:22:25	3157,75
2572	17:22:25	3157,75
2573	17:22:26	3157,75
2574	17:22:26	3157,75
2575	17:22:26	3157,75
2576	17:22:26	3154,93
2577	17:22:26	3154,93
2578	17:22:27	3157,75
2579	17:22:27	3157,75
2580	17:22:27	3154,93
2581	17:22:27	3154,93
2582	17:22:28	3154,93
2583	17:22:28	3154,93
2584	17:22:28	3154,93
2585	17:22:28	3154,93
2586	17:22:28	3154,93
2587	17:22:29	3154,93
2588	17:22:29	3154,93
2589	17:22:29	3154,93
2590	17:22:29	3154,93
2591	17:22:30	3154,93
2592	17:22:30	3154,93
2593	17:22:30	3154,93
2594	17:22:30	3154,93
2595	17:22:30	3154,93
2596	17:22:31	3154,93

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2597	17:22:31	3154,93
2598	17:22:31	3154,93
2599	17:22:31	3154,93
2600	17:22:31	3154,93
2601	17:22:32	3154,93
2602	17:22:32	3154,93
2603	17:22:32	3154,93
2604	17:22:32	3154,93
2605	17:22:33	3157,75
2606	17:22:33	3157,75
2607	17:22:33	3157,44
2608	17:22:33	3154,93
2609	17:22:33	3154,93
2610	17:22:34	3154,93
2611	17:22:34	3154,93
2612	17:22:34	3154,93
2613	17:22:34	3154,93
2614	17:22:35	3154,93
2615	17:22:35	3154,93
2616	17:22:35	3154,93
2617	17:22:35	3154,93
2618	17:22:35	3154,93
2619	17:22:36	3154,93
2620	17:22:36	3154,93
2621	17:22:36	3154,93
2622	17:22:36	3154,93
2623	17:22:37	3154,93
2624	17:22:37	3154,93
2625	17:22:37	3154,93
2626	17:22:37	3154,93
2627	17:22:37	3154,93
2628	17:22:38	3154,93
2629	17:22:38	3154,93
2630	17:22:38	3154,93
2631	17:22:38	3154,93
2632	17:22:38	3154,93
2633	17:22:39	3154,93
2634	17:22:39	3154,93
2635	17:22:39	3154,93
2636	17:22:39	3154,93
2637	17:22:40	3154,93
2638	17:22:40	3154,93
2639	17:22:40	3154,93
2640	17:22:40	3154,93
2641	17:22:40	3154,93
2642	17:22:41	3154,93
2643	17:22:41	3154,93
2644	17:22:41	3154,93
2645	17:22:41	3154,93
2646	17:22:42	3154,93
2647	17:22:42	3154,93
2648	17:22:42	3154,93
2649	17:22:42	3154,93

DATO	TIEMPO	PRESION (Psi)
2650	17:22:42	3154,93
2651	17:22:43	3154,93
2652	17:22:43	3154,93
2653	17:22:43	3154,93
2654	17:22:43	3154,93
2655	17:22:44	3154,93
2656	17:22:44	3154,93
2657	17:22:44	3154,93
2658	17:22:44	3154,93
2659	17:22:44	3154,93
2660	17:22:45	3154,93
2661	17:22:45	3154,93
2662	17:22:45	3154,93
2663	17:22:45	3154,93
2664	17:22:45	3154,93
2665	17:22:46	3154,93
2666	17:22:46	3154,93
2667	17:22:46	3154,93
2668	17:22:46	3154,93
2669	17:22:47	3154,93
2670	17:22:47	3154,93
2671	17:22:47	3154,93
2672	17:22:47	3154,93
2673	17:22:47	3154,93
2674	17:22:48	3154,93
2675	17:22:48	3154,93
2676	17:22:48	3154,93
2677	17:22:48	3154,93
2678	17:22:49	3154,93
2679	17:22:49	3154,93
2680	17:22:49	3154,93
2681	17:22:49	3154,93
2682	17:22:49	3154,93
2683	17:22:50	3154,93
2684	17:22:50	3154,93
2685	17:22:50	3154,93
2686	17:22:50	3154,93
2687	17:22:51	3154,93
2688	17:22:51	3154,93
2689	17	