



Sistema
detector y localizador
de fallas en recipientes.

En base al
VN520
Modular Time Domain
Acoustic Emission
Analyzer

Primera parte	Descripción del sistema
Segunda parte	Descripción de los componentes
Tercera parte	Software de control calibración y Medición
Cuarta parte	Ensayos en el INTI



Sistema **VN520** norma ASTM E1930 y ASME V tit. 12

Descripción del Sistema

Introducción

El presente documento describe y analiza el sistema detector y localizador de fisuras en recipientes sometidos a alta presión y tanque de almacenamiento conocido como fondo de tanque. Para ello primero expondremos algunos conceptos y propondremos algunas técnicas que son universalmente aceptadas en esta metodología de medición.

Siempre que sea necesario haremos referencia a las normas ASME **Boiler and Pressure Vessel Code and International Code 2007** que, en su título V, capítulo 12, y ASTM 1930.02 **Examination of Liquid-Filled Atmospheric and Low-Pressure Metal Storage Tanks Using Acoustic Emission**, que estandarizan la medición de recipientes por emisión acústica.

Como introducción haremos una descripción de estos dos conceptos: como se detecta y como se localiza una fisura:

Detección: la Emisión Acústica

"La Emisión Acústica (EA) es la clase de fenómeno que genera ondas elásticas transitorias por la liberación rápida de energía a partir de fuentes localizadas. Todos los materiales producen EA durante la creación y propagación de fisuras y durante la deformación." (fuente: GLEA).

La detección de emisión acústica se realiza por medio de un transductor específico llamado "sensor de Emisión Acústica". Este sensor, al estar en contacto con el cuerpo que genera la emisión acústica, transforma las ondas elásticas en potencial eléctrico. Existen diferentes tipos, cada uno diseñado para su aplicación. Frecuencia, ancho de banda, Q y otros parámetros definen la característica propia del sensor y su posible espectro de uso.

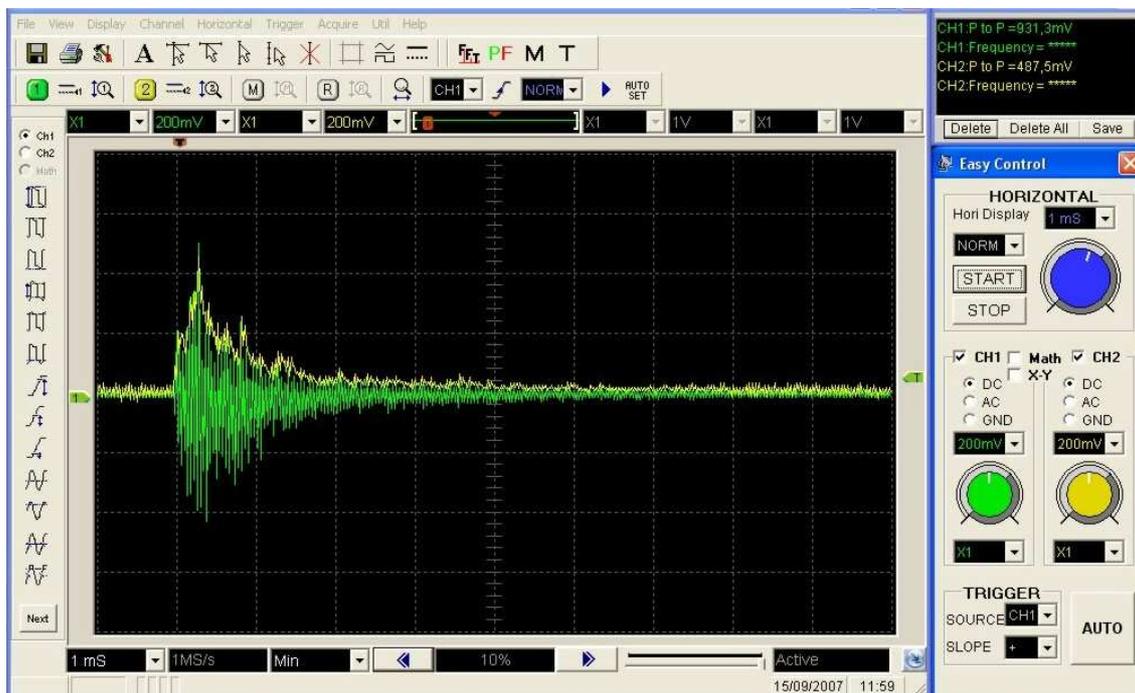
El sensor se encuentra firmemente en contacto con el cuerpo bajo medición por medio de un dispositivo, en general magnético, llamado "fijación".

La tensión generada en el sensor es preamplificada y enviada luego a un analizador o registrador. El conjunto de preamplificadores, amplificadores y filtros, de electrónica sofisticada y muy bajo ruido,

elevan el nivel de la emisión captada y seleccionan aquellas frecuencias que son de interés.

Como se indica en la definición, las emisiones son transitorias, por lo tanto solo pueden ser detectadas durante un breve período de tiempo. En general duran algunas milésimas de segundo y a una emisión fuerte inicial le sigue una atenuación progresiva hasta que desaparece.

En el gráfico de osciloscopio puede verse una típica emisión acústica y su envolvente. En particular este caso se llama "emisión de Hsu-Nielsen" y se genera a partir de la rotura de grafito en acero.



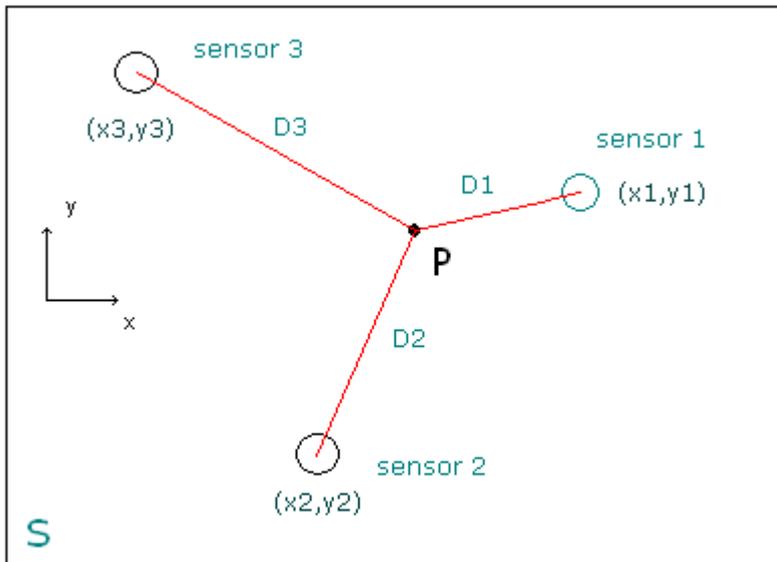
Si durante el proceso de presurización de un recipiente detectamos una emisión acústica podemos presumir, entre otras cosas, la existencia de una fisura.

Pero si existe una fisura, ¿dónde está?

Si con un sensor detectamos la presencia de una fisura, con un conjunto de sensores podemos, además, localizarla.

Localización: el método de las hipérbolas

En el siguiente diagrama hay una superficie metálica **S** con una fisura representada por el punto **P**. Disponemos tres sensores fijados a la superficie preparados para recibir emisiones. Cada sensor se ubica en una coordenada conocida (x,y) de la superficie.



Localización de fallas por diferencias de tiempo

Se somete la superficie a una acción mecánica y la fisura genera emisión acústica.

La emisión recorrerá las distancias D_1 , D_2 y D_3 hasta alcanzar a los correspondientes sensores. Como la velocidad del sonido es igual en todas las direcciones las distancias D son proporcionales a los tiempos T que tarda la emisión en alcanzar cada sensor.

Conectemos ahora los sensores a un analizador electrónico que haga lo siguiente:

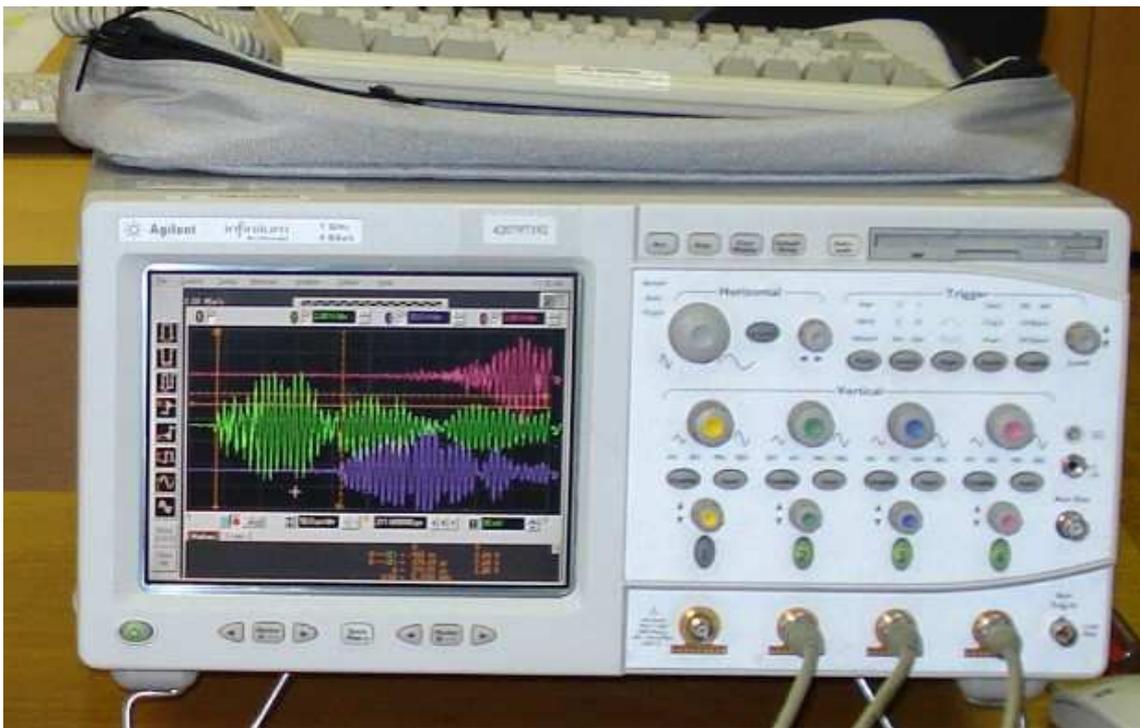
-Los tres sensores esperan recibir una emisión. Este es el estado normal.

-Cuando uno de los sensores recibe una emisión enciende un cronómetro que registra el tiempo en que la emisión llega a los restantes dos sensores. Este tiempo recibe el nombre de "tiempo de arribo".

-El analizador registra los datos y los sensores vuelven a su estado normal de espera de emisión.

Entonces, con los sensores conectados al analizador electrónico, nuevamente sometemos la superficie a una acción mecánica y la fisura emite.

La emisión primero alcanza al sensor 1 porque es el más cercano. El sensor 1 enciende el cronómetro que registra el tiempo de arribo de los otros dos. Como se ve en la figura siguiente el tiempo de arribo al sensor 2 es $100 \mu\text{s}$ y al sensor 3 es $150 \mu\text{s}$, lo cual es consistente ya que el sensor 3 es el más lejano de la fisura.

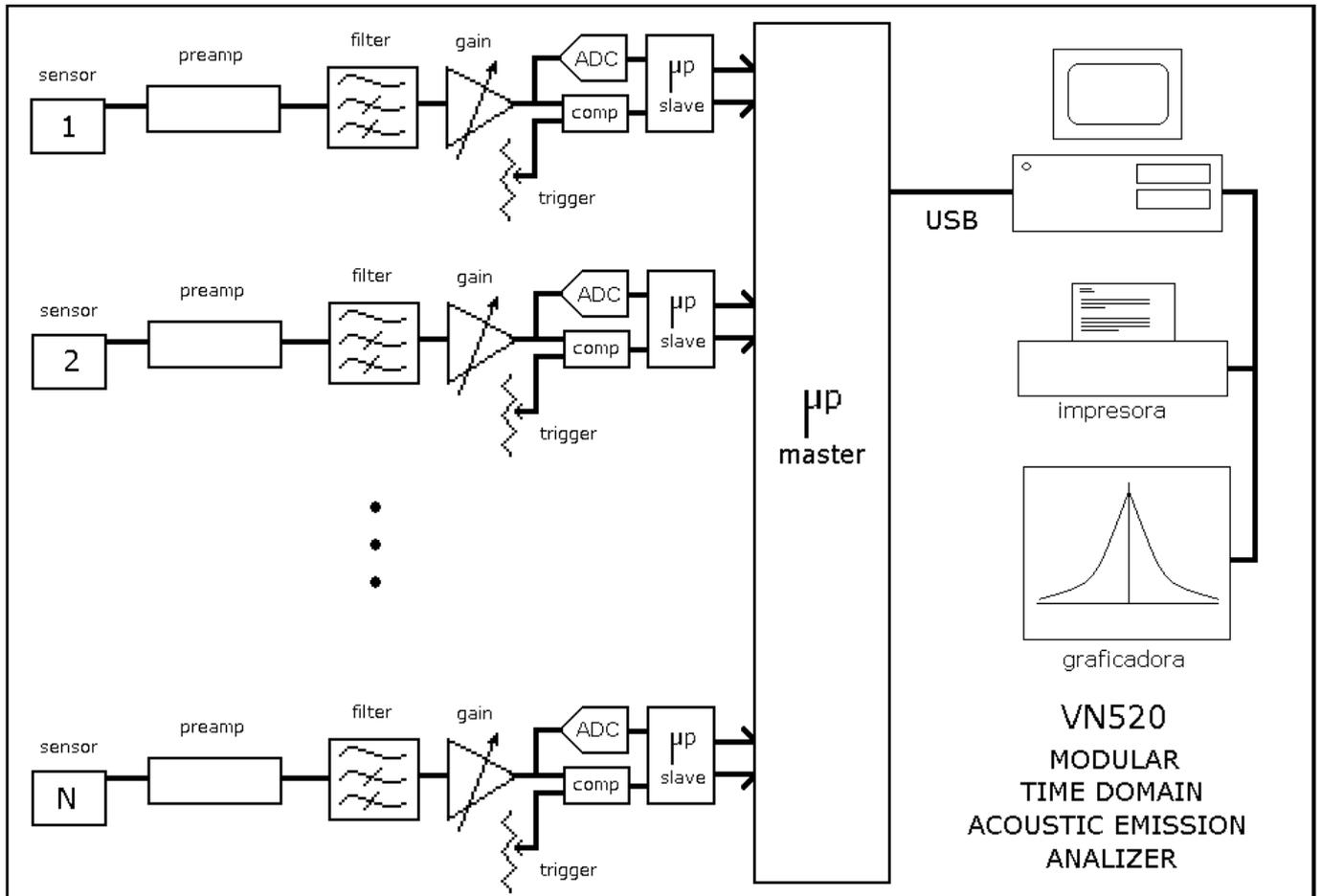


Las diferencias de tiempo, los puntos (x,y) de los sensores y la fórmula $D=v*t$ (v es la velocidad del sonido en el metal) forman un sistema de ecuaciones cuya resolución es el punto (x,y) de la fisura.

A este método de resolución se lo denomina "método de las hipérbolas" ya que gráficamente la intersección de 3 hipérbolas ($v*t=cte$) definen el punto donde se localiza la fisura.

El sistema modular VN520

La siguiente figura es el diagrama en bloques del sistema VN520. Se lo denomina modular ya que pueden conectarse tantos sensores como sean necesarios (hasta 127) y por cada sensor se necesita un módulo electrónico detector-localizador.



Analicemos, por ejemplo, el canal 1:

-**sensor**: frecuencia de resonancia dentro de 100kHz y 400kHz de acuerdo a la norma ESMA 2007 y 100kHz y 200kHz para la ASTM E1930. Es el responsable de detectar la emisión acústica.

-**preamp**: amplifica la emisión captada por el sensor.

-**filter**: filtro pasa alto con pendiente 24dB por octava de acuerdo con ASME 2007 y ASTM E1930. Selecciona las frecuencias que son de interés.

-**gain**: amplificador calibrador ajuste de a 1dB según ASME 2007 y ASTM E1930. Permite modificar las amplitudes para calibrar el sistema.

-**comp**: comparador de tensión. Compara la señal de entrada con el valor de referencia "trigger". Si la emisión amplificada y filtrada supera el nivel de "trigger" el sistema registra un "hit", es decir arribó una emisión. Una vez que detectó un "hit" el **comp** pasa a detectar los cruces por nivel de "trigger" o "**counts**". Tanto los "hits" como los "**counts**" son parámetros exigidos en la norma ASME 2007.

-**ADC**: el conversor analógico a digital muestrea la emisión amplificada y filtrada para cumplir dos aspectos de al ASME 2007, registrar el valor máximo "**peak**" y calcular el "**MARSE**" o Mesured Area of Rectified Signal Envelope, en otras palabras calcular una integral.

-**μP slave**: El microprocesador esclavo se encarga de manejar las funciones del canal. Cuando detecta un "hit" avisa a los restantes canales para que inicien sus cronómetros a fin de registrar los tiempos de arribo. Cuenta los "**counts**". Maneja el valor de referencia "trigger" y la amplificación "gain". Registra el "**peak**" valor máximo y calcula el "**MARSE**" el área bajo la curva rectificada. Se comunica por un puerto paralelo con el **μP master** para transferir datos y recibir parámetros como "trigger" y "gain".

-**μP master**: Es el nexo entre los módulos y la computadora que gobierna la medición. Recibe y centraliza los datos de los módulos y entrega a cada módulo los parámetros "trigger" y "gain". Establece comunicación bidireccional con la computadora mediante un puerto serie USB. Realiza rutinas de control de estado de los módulos y avisa si existen problemas de varios órdenes.

-**Software bajo Windows**: la PC que gobierna la medición corre un software específico bajo entorno Windows. Recibe los datos centralizados por el **μP master**, los registra en un archivo y los guarda en el disco duro local. Resuelve las ecuaciones y representa el punto de la fisura localizada. Entrega informes y gráficos. Realiza múltiples rutinas de gestión de todo el sistema.

Descripción

Descripción de los componentes del sistema VN520:

1.- Sensores: sintonizados, diseñados para operar en las frecuencias de emisión normalizadas según recomendaciones de la ASME 2007 y ASTM E1930. Encapsulado de acero inoxidable y base de contacto cerámica. Los sensores se entregan con su curva de calibración según norma ASTM E976.



2.- Preamplificadores: se trata de un "voltage amplifier" con ganancia de tensión de 40dB y ancho de banda entre 100kHz y 1MHz para la ASME 2007 y entre 100kHz y 200kHz para la ASTM 1930.02. Filtro pasaltos de cuarto orden integrado. **Bypass-Pulse para auto calibración.** Totalmente compatible con sistemas "Vallen" o "Physical Acoustics Corporation", es decir, alimentados con 28V CC, en el mismo conector BNC la alimentación y la señal y diseñado para manejar líneas de 50 Ohms con cable coaxil RG58. Se puede conectar directamente a un sensor por medio de un adaptador doble macho BNC (también cotizado) como muestra la foto.



Preamplificador VN



Sensor conectado a preamplificador por medio de conector doble macho BNC.

Si por alguna razón de espacio no entra el conjunto sensor y preamplificador, se pueden vincular con un cable de poca longitud.

3.- Fuente de alimentación: cada preamplificador recibe alimentación de una fuente ubicada en su correspondiente módulo detector-localizador. Las características de esta fuente han sido fijadas de facto por los fabricantes líderes en equipos de emisión acústica en Alemania y Estados Unidos.

La tensión de alimentación es de 28V y la impedancia de entrada es de 50ohms para adaptar los cables coaxiales RG58. Al sistema puede conectarse cualquier conjunto sensor/amplificador del mercado que va a funcionar perfectamente.

En el mismo cable va hacia el sensor la alimentación y vuelve la señal preamplificada.

4.- Fijaciones Magnéticas: Se ofrecen fijaciones para tanques y para caños. Poseen imanes permanentes entre 4 y 8 kilos de sujeción.

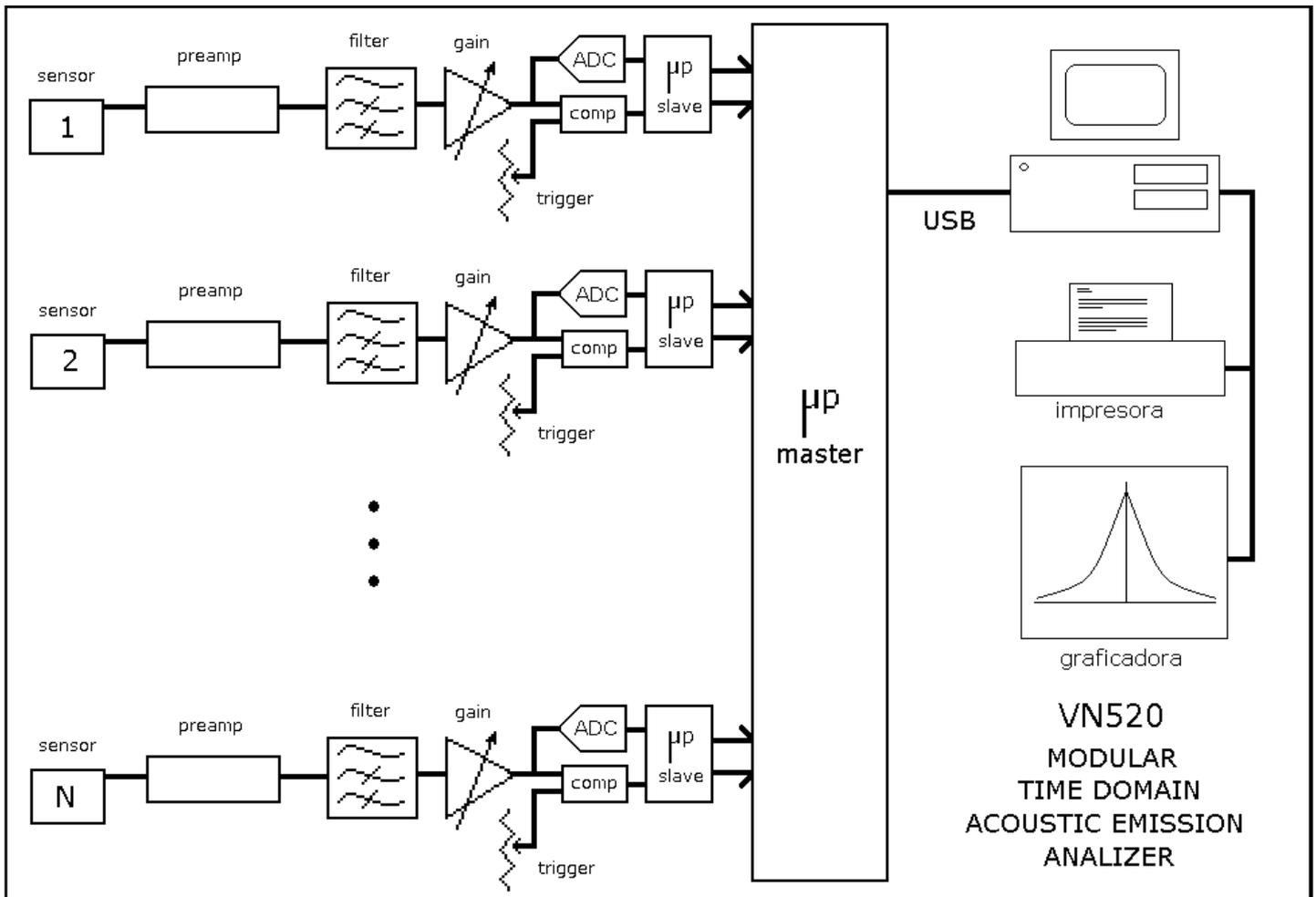
Permite alojar desde dos a cuatro imanes a fin de ajustar la fuerza de fijación en distintos tipos de superficie.

La fijación standard lleva dos imanes, si se necesitan se pueden agregar más imanes.



5.- VN520 Modular

El sistema modular VN520 tiene el siguiente diagrama en bloques:



El sistema VN520 consta de los siguientes módulos:

-Un módulo Master centralizador de información y nexa con la computadora que maneja la medición.

-Hasta 127 módulos Slave detectores/localizadores.

-Un módulo Slave parametrizador que registra la presión dentro del recipiente cuando surge una emisión de acuerdo a la ASME 2007.

-Software bajo entorno Windows para comandar el sistema y analizar la medición.

Los módulos están conectados a un gabinete "Eurocard" de 19 pulgadas normalizado.



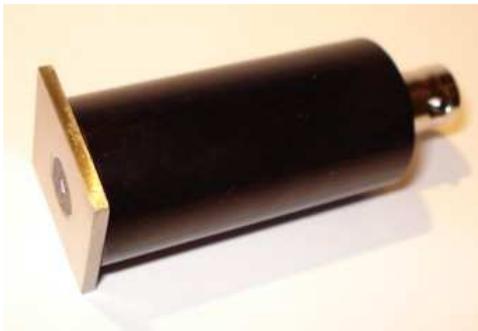
La placa superior es un módulo detector-localizador. El sistema VN520 puede alojar hasta 128 módulos, 127 detectores-localizadores y 1 paramétrico de cuatro entradas (pueden alojarse más módulos paramétricos pero en detrimento de los detectores-localizadores).

La inferior es una placa paramétrica de cuatro entradas. Su finalidad es registrar la presión según establece la ASME 2007 u otras magnitudes analógicas que se desee analizar. Esta placa viene preparada para alimentar un transmisor de presión (Wika o similar) con lazo de corriente 4-20 mA. De las cuatro entradas tres se digitalizan con 10 bits y una con 8 bits.

6.- Actuador emisor de AE y generador de AE: con el sistema VN520 se ofrece un conjunto de generador y emisor de AE para calibrar el equipo. El generador emite distinto tipo de señales: una de ellas llamada delta de Dirac entrega un pulso único de 250V de amplitud por 4us de duración. La otra emisión consiste de un "burst" (emisión corta) de 3ms milisegundos de duración a una frecuencia de 100kHz, semejante a la emitida por una fisura en el tanque o caño. El actuador se alimenta con un cable RG58 provisto. El sistema esta integrado al gabinete eurocard de 10 pulgadas. Como en todos los módulos VN basados en microprocesador el firmware interno del Generador de AE es actualizable. El generador tiene cuatro intensidades de emisión para cada tipo.

El Actuador es parte fundamental para la calibración del sistema previo a la medición. Se ha diseñado para cumplir con la ASME 2007. Por medio de este elemento se calibran las ganancias y los triggers de los módulos detectores/localizadores.

El módulo generador se controla desde el módulo "Monitor" como se ve en la pantalla:



7.- Monitor de AE: Si bien no es obligado por la norma ASME 2007 ni por la ASTM E1930, ofrecemos un monitor de AE que permite al operador identificar las emisiones como válidas. Se trata de una pantalla gráfica que muestra la curva envolvente MARSE de la emisión, la cual es muy particular y representativa. Acelera los tiempos de calibración del equipo y facilita identificar fuentes de ruido indeseado. La pantalla está calibrada en volts en el eje vertical y en ms en el eje horizontal, presentando la información de manera semejante a como lo hace un osciloscopio.

Nuestra experiencia indica que este instrumento es de alta utilidad para el operador, mejora la comprensión de lo que se está haciendo y ahorra tiempo.

Está integrado en el gabinete de 19 pulgadas con la fuente del actuador de emisión acústica y el probador de cables.

Además cumple otras funciones como la de controlar el generador de emisión acústica y el probador de cables.



8.- Probador de cables Se integra en el gabinete del monitor de emisión acústica (punto anterior).

Puede haber 100 cables de interconexión entre los distintos elementos del sistema, si alguno de estos cables está defectuoso perderemos mucho tiempo en la medición tratando de identificar lo que está ocurriendo.

Se conectan los dos terminales del cable en el equipo, se selecciona la función "Probador de Cables" y en la pantalla gráfica LCD puede verse el estado del mismo, que puede ser alguno de estos tres: cable abierto, en buen estado y en corto circuito.



9.- Cables armados RG58: Se ofrece un conjunto de cables armados con conectores machos BNC de tipo "crimping" que son los más adecuados para esta aplicación. Se cotizan con cables nacionales de alta calidad de marca "INDECA". Los terminales machos BNC son de muy buena calidad.

10.- Conectores BNC: Se ofrecen también los conectores para vincular los sensores a los preamplificadores, se trata de uniones macho-macho BNC marca "AMPHENOL" de altísima calidad. No solo calidad desde el punto de vista eléctrico sino mecánico porque son estas uniones las que sostienen estructuralmente al preamplificador. Otros conectores que se pueden ofrecer son hembra-hembra para vincular cables coaxiales RG58 a fin de alargarlos.

VN-Loc

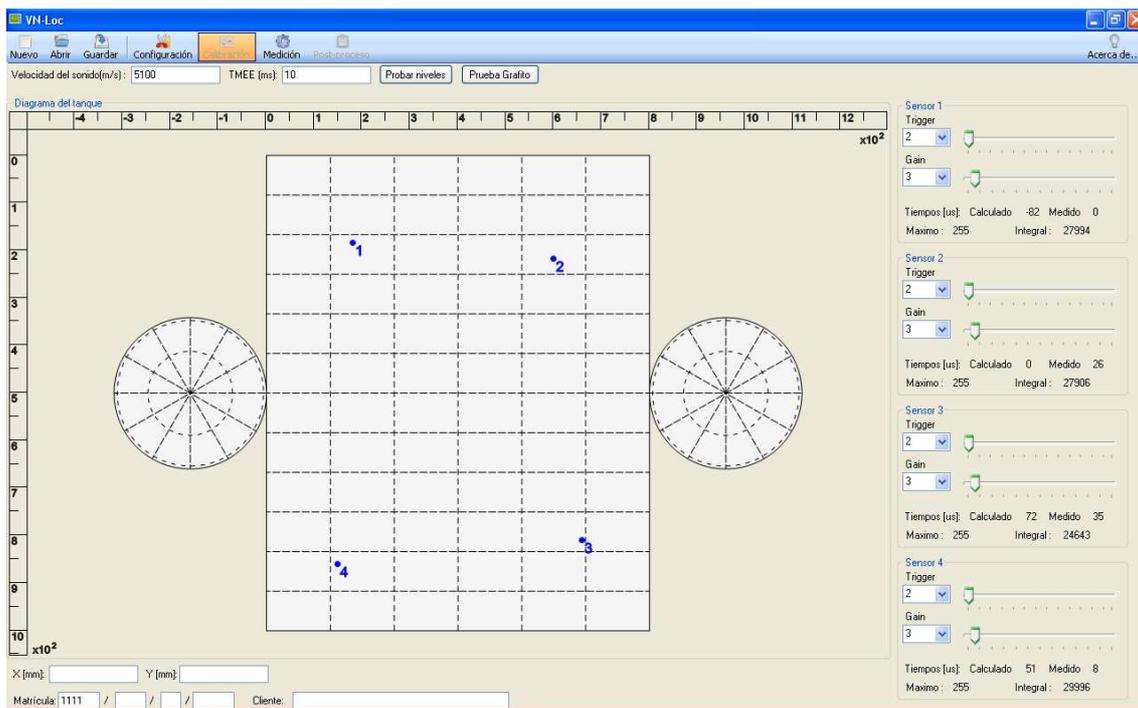
Software de control, calibración, medición y generación de informes.

VN-Loc es un paquete integrado de software que comanda la medición realizada por el VN520 modular. El resultado final es un informe en formato pdf con todos los datos y análisis en base a los parámetros adquiridos por el sistema VN520.

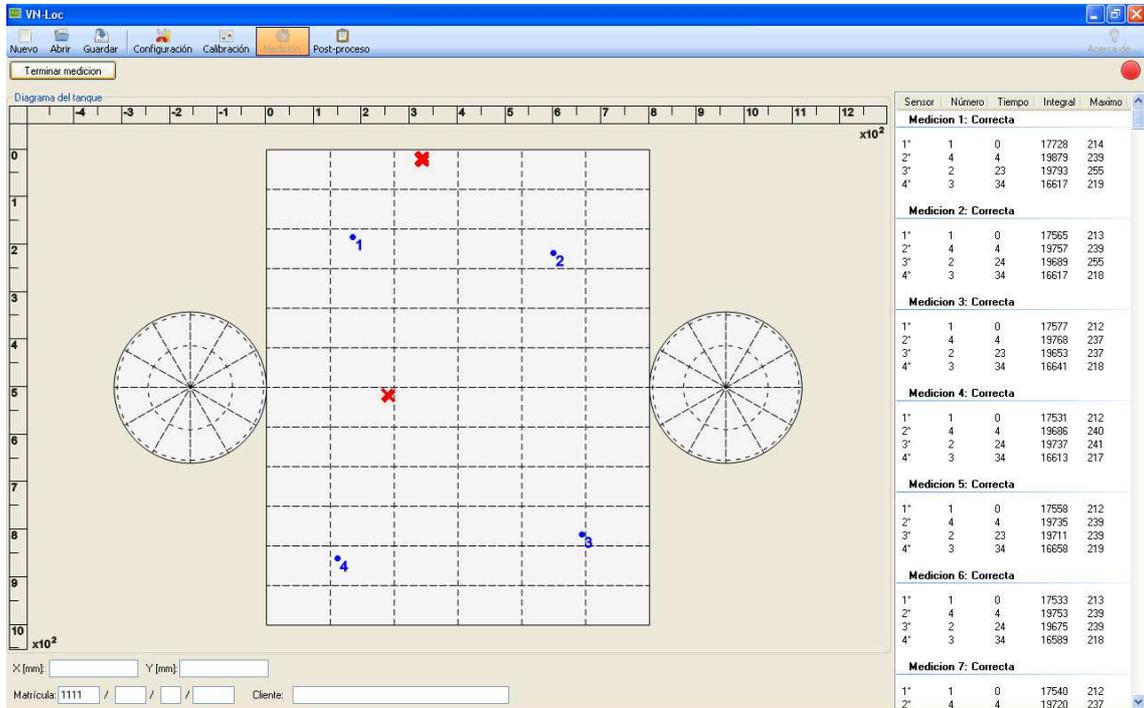
Las principales características son:

- **Configuración gráfica del ensayo:** Una vez definidas las dimensiones y el tipo de tanque, se pueden localizar los sensores simplemente haciendo click en su posición.

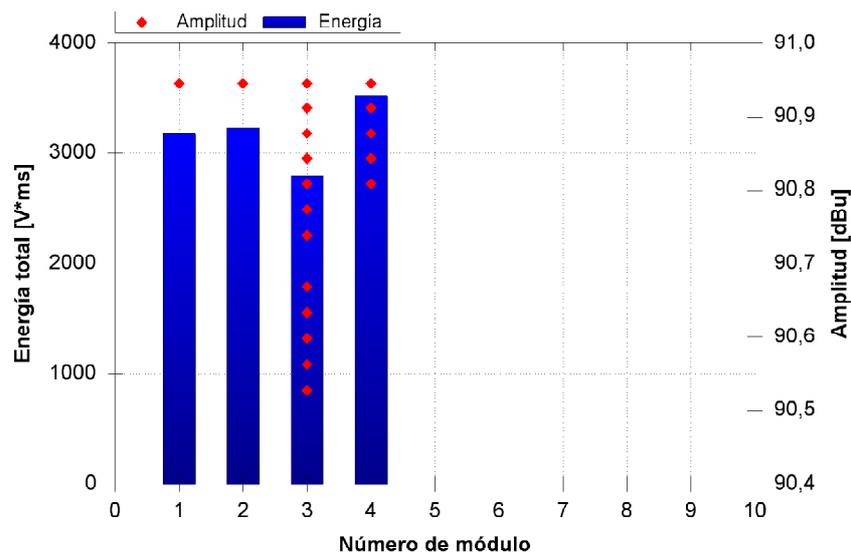
- **Calibración del instrumento antes de realizar la medición:** Con una interfaz simple se puede configurar el nivel de trigger y la ganancia de cada módulo. Se proveen dos pruebas para verificar que los valores seleccionados sean adecuados, realizar una medición única (por ejemplo, rompiendo una mina de grafito sobre el tanque), y controlar los tiempos de arribo de la señal acústica a cada uno de los sensores.

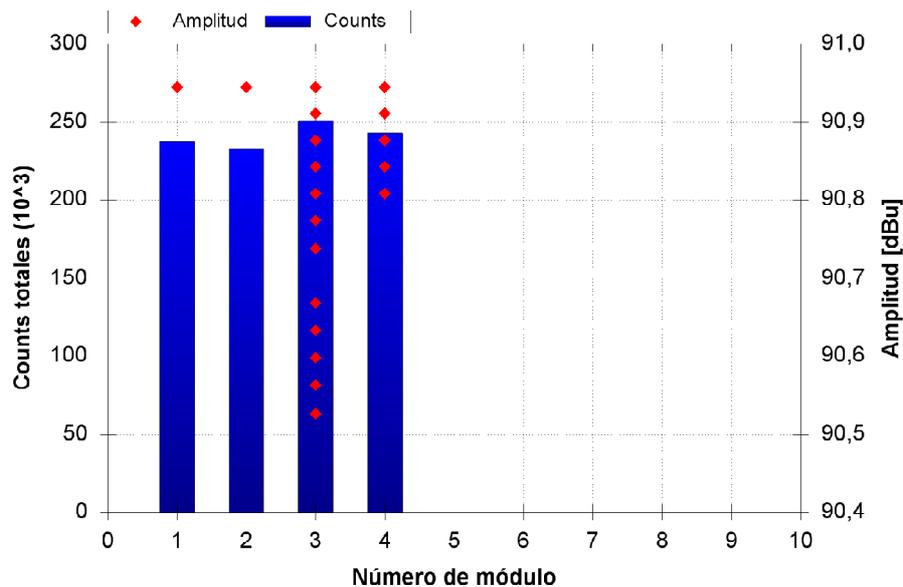


- **Realizar la medición:** Una vez que se inicia la medición el programa muestra un esquema del tanque y se presenta en forma gráfica la posición de las emisiones detectadas durante el ensayo. Asimismo, se informa de los parámetros normalizados obtenidos por los sensores en cada emisión.



- **Generar un informe sobre una medición realizada:** Una vez terminada la medición se puede generar en forma totalmente automatizada un informe con los datos y resultados del ensayo.





Además de ser una solución integral para realizar estudios de medición por emisión acústica, provee funciones para facilitar su uso:

- **Manejo de proyectos:** Un técnico puede guardar la configuración de un ensayo, con todos los datos del tanque, posición de los sensores y calibración del equipo. De esta forma, si se tiene que volver a ensayar un mismo tanque, se puede reutilizar el trabajo hecho en la medición anterior.

- **Los datos del proyecto son almacenados en XML:** Éste es un formato estándar que posibilita el uso de los datos generador por VN-LOC en otros programas.

- **Los parámetros registrados son guardadas en texto plano:** para poder ser leídas con programas como el Excel.

- El programa posee una arquitectura especialmente diseñada para hacer mejor uso de las computadoras con doble núcleo, pero realizado de forma tal que poseer una computadora con estas características no sea necesario.

Capacitación:

La cotización de un sistema VN520 contempla seis jornadas de capacitación del personal técnico en la preparación y uso del equipo. La capacitación se realiza en nuestras oficinas en Buenos Aires.

Se ofrece también acompañar en las primeras mediciones a fin de volcar nuestra experiencia en el mundo real.

Temario de la capacitación teórica:

- Emisión acústica.
- Norma ASTM E1930-02
- Norma ASME 2007 tit V capítulo 12
- Detección/localización de fallas.
- Funciones y capacidades del sistema.
- Software parametrizador, detector y localizador.
- Fuentes de errores en la medición.

Temario de la capacitación con el equipo:

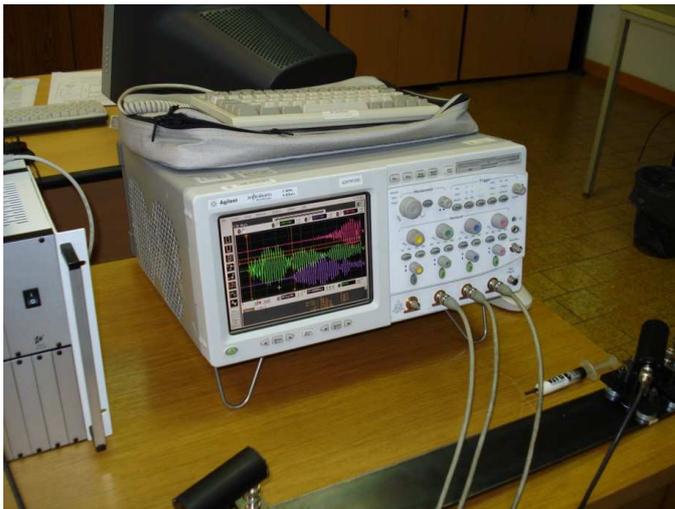
- Detección de emisión de Hsu-Nielsen
- Detección de emisión de actuador integrado.
- Medición de velocidad del sonido en el material.
- Técnicas de calibración.
- Localización básica con tres canales.
- Generar fuentes de error para determinar su comportamiento.

Capacitación IRAM-ISO 9712:

Nuestra compañía dicta los cursos de operador de emisión acústica nivel 1, 2 y 3 de acuerdo con la norma IRAM-ISO 9712.

Certificación INTI:

Nuestra compañía recurre a las instalaciones y facilidades del INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) para corroborar el cumplimiento de todo aquello que establecen de las normas. Los profesionales del departamento de "Electrónica e Informática" del INTI realizan los ensayos sobre la base de protocolos entregados por nosotros. Los informes entregados por el INTI representan una certificación del cumplimiento del equipo a los requerimientos de la norma ASME y ASTM.



Ensayo INTI del VN520



Ensayo INTI de preamplificador

Ing. Carlos María Ortega

info@vn-amps.com.ar

Riglos 155 1424 Ciudad Autónoma de Buenos Aires

011 4901 2350

15 4440 2294