



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – DISEÑO MECÁNICO

SISTEMA DE MONITOREO PARA LA PRESERVACIÓN Y TRANSPORTACIÓN DE
OBRAS HISTÓRICAS

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
DAVID IBARRA GONZÁLEZ

TUTOR PRINCIPAL
DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. ENERO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mis padres

A mi hermano

A mis amigos

Al Dr. Alejandro C. Ramírez Reivich

Al Dr. Marcelo López Parra

A mis Profesores

A las instituciones que me apoyaron

JURADO

Presidente: Dr. Marcelo López Parra

Secretario: Dr. Vicente Borja Ramírez

Vocal: Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

1er. Suplente: Dr. Adrián Espinosa Bautista

2do. Suplente Dr. Arturo Barba Pingarron

Ciudad Universitaria, México D.F.

TUTOR DE TESIS

Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

FIRMA

Sistema de monitoreo para la preservación y transportación de obras históricas

TABLA DE CONTENIDO

Introducción

1 Antecedentes

1.1 Sistemas de preservación para documentos históricos.

1.2 Documentos históricos en México (preservación y exhibición)

2 Agentes del ambiente y su impacto en el deterioro de documentos

2.1 Humedad y Temperatura

2.1.1 Humedad absoluta y humedad relativa

2.1.2 Temperatura

2.1.3 Efectos de la humedad relativa en el deterioro de los documentos

2.1.4 Efectos de la temperatura en el deterioro de los documentos

2.2 Contaminantes atmosféricos

2.3 Luz

3 Generación de Humedad

3.1 Métodos para generar Humedad

3.1.1 Método de Dilución

3.1.2 Método de dos temperaturas y Presiones

3.2 Equipo comercial para Generación de Humedad

3.3 Sistema Propio

3.4 Operación de Llenado

3.5 Trabajo Futuro

4 Sistema de monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación de documentos históricos

4.1 Generalidades

4.1.1 Infraestructura

4.1.2 Red de comunicación

4.1.3 Manejo de Datos

- 4.1.4 Visualización de Datos
- 4.1.5 Alarmas y Eventos
- 4.1.6 Seguridad
- 4.2 Sistema de Monitoreo y Adquisición de Datos
 - 4.2.1 Estación de Adquisición de Datos
 - 4.2.1.1 Gabinete CompactDAQ
 - 4.2.1.2 Módulos de Entradas Analógicas
 - 4.2.1.3 Modulo Entrada Analógica Adquisición Simultánea
 - 4.2.2 Sensores
 - 4.2.2.1 Equipo Comercial de Sensores
 - 4.2.2.2 Comparativas y Selección
 - 4.2.2.3 Sensor de Presión
 - 4.2.2.4 Sensor de Temperatura
 - 4.2.2.5 Sensor de Humedad Relativa

- 4.3 Monitoreo y Análisis
 - 4.3.1 Diseño de la Interfaz
 - 4.3.2 Procesamiento de la Variables Críticas
 - 4.3.2.1 Preparación del Sistema
 - 4.3.2.2 Configuración del Hardware
 - 4.3.2.3 Certificado SSL de Control Remoto
 - 4.3.2.4 Acceso
 - 4.3.2.5 Seguridad
 - 4.3.2.6 Suministro Eléctrico

4.4 Seguimiento de Variables y Resultados

4.5 Resultados

- 4.5.1 Resultados Gráficos de Variables Criticas de los sistemas de preservación de documentos Históricos.

5 Control de Vibraciones y Aplicación en Transporte

5.1 Vibraciones

5.2 Control de Vibraciones

Reduciendo Daños en Medios de Transporte

5.3 Análisis de Vibración en Transportes Reales (Caso de Estudio Protección de Arte Plumario)

5.3.1 Objetivo de la Medición de Vibraciones

5.3.2 Desarrollo del Trabajo

5.3.2.1 Adquisición de vibraciones mediante IDEFO

5.3.2.2 Actividades del Proceso A0

5.3.2.3 Actividades del Proceso A1

5.3.2.4 Actividades del Proceso A2

5.3.2.5 Actividades del Proceso A3

5.3.2.6 Actividades del Proceso A4

5.3.2.7 Controles de los Procesos

5.4 Resultados en medio de Transporte Terrestre

5.4.1 Ruta empedrada

5.4.1.1 Gráfica de Vibración en el Tiempo sin Amortiguadores

5.4.1.2 Análisis en el Dominio de la Frecuencia en la Ruta

5.4.1.3 Prueba con Sistema de Embalaje

5.4.2.3.1 Análisis en el Dominio de la Frecuencia

5.4.2 Ruta con Camino Pavimentado de baja rugosidad

5.4.2.1 Gráfica de Vibración en el tiempo sin Amortiguadores

5.4.2.2 Análisis en el Dominio de la Frecuencia sin Amortiguadores

5.4.2.3 Gráfica de Vibración en el tiempo con Amortiguadores

5.4.2.4 Análisis en el Dominio de la Frecuencia con Amortiguadores

5.5 Resultados en medio de Transporte Aéreo

5.1 Registro de Vibraciones Vuelo Cabina

5.1.1 Gráficas de Vibración en el Tiempo

5.1.1.1 Vuelo México- Guadalajara

5.1.1.2 Vuelo Guadalajara – México

5.1.2 Análisis de Frecuencias encontradas en Vuelo

5.1.3 Gráfica de Vibración en vuelo Trasatlántico

5.1.3.1 Análisis de la Frecuencia en vuelo Trasatlántico

5.6 Pruebas de las muestras de Arte Plumario sujetas a vibraciones destructivas

5.6.1 Muestra 1 de 500 años de Antigüedad

5.6.2 Muestra 2 de 500 años de Antigüedad

5.6.3 Muestra de 100 años de Antigüedad

5.6.4 Barba de 500 años Antigüedad

6 Mejoras a futuro del sistema de monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación de documentos históricos

6.1 Sistema de Visión Térmica

6.2 Óptica de la Atmosfera Inerte

6.3 Nuevos Sensores

6.4 Sistema de detección de movimiento de materiales higroscópicos

Conclusiones

INTRODUCCION

El presente trabajo se deriva del proyecto “Cápsulas del Bicentenario”, llevado a cabo bajo la solicitud de Archivo General de la Nación (AGN) y Presidencia de la República de Noviembre de 2009 a Noviembre de 2012, en el marco de las celebraciones del Bicentenario de la Independencia de México, mediante la vinculación que realiza el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT) y el programa en Diseño Mecánico de la División de Posgrado, ambos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

En dicho desarrollo, se diseñó, construyó y dio seguimiento a los sistemas para preservación y exhibición de documentos históricos que resguardaron el Acta de Independencia y Los sentimientos de la nación durante su exposición en la muestra México 200 años: La patria en construcción, dentro de las instalaciones de Palacio Nacional.

En esta tesis se describe lo concerniente al monitoreo de las variables de conservación de las cápsulas del bicentenario, y se presenta la investigación posterior en torno al análisis de vibraciones para el transporte de piezas museables.

La estructura del trabajo es la siguiente:

En los capítulos 1 y 2 se presentan los antecedentes y los distintos agentes que deterioran a las obras históricas.

El capítulo 3 muestra los métodos y el proceso para la generación de la humedad adecuada para el sistema de preservación.

En el capítulo 4 se describe el sistema de monitoreo utilizado para el sistema de preservación, así como las actividades de selección de componentes y resultados de dicho monitoreo durante el tiempo de exposición.

El capítulo 5 se presenta el análisis de las vibraciones en medios de transporte, con el fin de proteger Obras Históricas (caso de estudio protección de Arte Plumario).

En el capítulo 6 se exponen las mejoras a futuro para el monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación.

OBJETIVOS GENERALES

Diseñar, construir y poner en marcha un sistema para monitorear las variables críticas del sistema de preservación de obras históricas, generando información confiable, comparable y representativa en tiempo casi inmediato.

Evaluar y proteger ante los riesgos en el transporte de obras históricas generados por vibraciones e impactos, generando información confiable y representativa sobre los distintos medios de transporte (terrestre y aéreo).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear un sistema de monitoreo continuo del sistema de preservación en un microambiente.
- Observar los valores de los distintos parámetros del sistema de preservación.
- Procesar y analizar los datos obtenidos.
- Proponer un procedimiento confiable para la medición de las distintas vibraciones en medios de transporte.
- Diseñar y probar un sistema de protección para el transporte de obras históricas, evaluando los riesgos en los medios de transporte (terrestre y aéreo).
- Generar alternativas para facilitar los procesos de humidificación y llenado de la atmósfera de preservación
- Definir los lineamientos para las mejoras a futuro del sistema de monitoreo.

1 ANTECEDENTES

1.1 Sistemas de preservación para documentos históricos.

Los sistemas de preservación y exhibición de documentos y obras históricas son especialmente contruidos para mantener condiciones ambientales que garanticen la permanencia de los documentos a exponer.

La idea de exponer y preservar documentos mediante un sistema aislado del exterior ganó fuerza gracias a que dichos sistemas protegen en gran medida a la obra del deterioro causado por cambios de humedad y temperatura, ataque de hongos, bacterias o insectos, de los efectos de la foto-oxidación, y el daño de partículas contaminantes del aire que se encuentran en las áreas urbanas e industrializadas siempre y cuando se tenga una constante vigilancia. A mediados del siglo pasado la protección del patrimonio cultural, en especial el de tipo documental, tomó los beneficios ya estudiados de los ambientes anóxicos para retardar el desvanecimiento de colorantes, pigmentos y papel, para así crear un ambiente protector de dichas obras. El primer sistema de preservación y exhibición de documentos (1951) fue construido para las cartas de Libertad de los Estados Unidos (la Declaración de Independencia y la Constitución) con una atmósfera de gas inerte (Helio) y con 25% de humedad relativa.

El sistema de las cartas de la Libertad EUA(1951) desencadenó una investigación más profunda y la consecuente construcción de sistemas parecidos con el fin de preservar obra documental histórica alrededor del mundo.

Sistema	Año de Construcción	Cuenta con Sistema de Monitoreo y Parámetros de Preservación
Cartas de la Libertad	1951	No
Carta Magna	1980	Si 35-42% HR 20-25°C
Momia Egipcia	1989	Si 35-40% HR 21-24°C
Constitución de la India	1994	Si 45% HR 20-30% °C
Constitución de Puerto Rico	1995	No
Re encapsulamiento Cartas de La Libertad	2001	Si 38-42%HR 21-25°C
Mapa del Mundo Waldseemüller	2005	Si 40% HR 21+/-2 °C
MIT Proyecto de los Archivos de	2007	Si 40% HR 21.1°C

Massachusetts		
Bicentenario México	2010	Si 40% HR 21 +/- 5°C

TABLA 1 DE SISTEMAS DE PRESERVACIÓN

Como se puede apreciar en la Tabla 1, existen sistemas de preservación que cuentan con un monitoreo permanente, lo que conlleva a tener un mejor registro de las variables críticas de preservación. Se puede observar que solo se ha dado en los sistemas más recientes, ya que en el inicio de la implementación de dichos sistemas se creía que al estar herméticamente sellados sus variables de preservación no cambiarían, por lo que los primeros sistemas no incluían un monitoreo permanente. Al notar que la obra dentro del sistema empezaba a tener pequeñas variaciones (color y/o textura) los especialistas optaban por mejorar el sistema de preservación y, gracias a el avance tecnológico, los sistemas de monitoreo de las variables críticas de preservación (HR, Temperatura, Vibración) son más accesibles y de fácil manejo para el usuario final.

Actualmente en países como EUA existen sistemas para la preservación y exhibición de documentos históricos que han sido creados con el fin de albergar piezas de gran valor en condiciones ambientales controladas, con sistemas de monitoreo y seguridad. Dichos sistemas tienen como fin el dar a conocer obras de gran valor histórico, que de otra manera quedarían guardadas en una bóveda, y gracias a los avances de la ingeniería ahora es posible construir sistemas que permiten la exhibición de documentos de una manera segura y vigilada.

1.2 Documentos históricos en México, preservación y exhibición.

Cápsula del Bicentenario

México tiene una gran cantidad de instituciones que resguardan material documental, entre las cuales se encuentran archivos, museos, bibliotecas, centros culturales, universidades, institutos, etc. Todas estas instituciones tienen el reto de preservar su patrimonio y al mismo tiempo la necesidad de exhibirlo con el fin de hacer difusión de sus colecciones y lo que representan, históricamente hablando. Tienen como problema común las condiciones ambientales tanto dentro como fuera de la sala de exhibición, sobre todo en las zonas con clima cálido, húmedo y contaminado.

En el mes de Noviembre del 2009 el Archivo General de la Nación tuvo un encuentro con el Posgrado de Ingeniería de la UNAM. El encuentro puso en manifiesto el interés y, al mismo tiempo, el desconocimiento que existe en nuestro país sobre el problema de la preservación y exhibición en condiciones ambientales no controladas.

La necesidad del Archivo General de la Nación de desarrollar un sistema que permitiera exhibir de una manera inocua documentos históricos de gran valor, condujo a diseñar y construir el "Sistema de Preservación y Exhibición de Documentos Históricos" (Cápsula del

Bicentenario) para dos de los documentos más importantes de nuestro país, el Acta de Independencia y los Sentimientos de la Nación, escrito de José María Morelos y Pavón; con el fin de exponerlos de manera segura en la conmemoración del Bicentenario de la Independencia de México(Septiembre 2010) en la Galería Nacional.



El proyecto fue realizado por un equipo integrado por estudiantes y profesores de la Maestría en Ingeniería Mecánica con Especialidad en Diseño Mecánico de la UNAM. A partir de los resultados obtenidos y continuando con la línea de la investigación, se llevo a cabo el proyecto que se reporta en esta tesis, *“Desarrollo del sistema de monitoreo para el sistema de preservación y transporte de obras históricas”* en el que se propone una metodología para implementar un sistema de monitoreo confiable, comparable y representativo con el que sea posible desarrollar una vigilancia continua de las variables críticas que puedan afectar al documento u obra a resguardo y la definición los lineamientos para las mejoras a futuro del sistema de monitoreo, implementables en cualquier sistema de preservación y exhibición.



2 Agentes del ambiente y su impacto en el deterioro de documentos

Para prevenir la degradación de la obra en el sistema de exhibición deben evitarse todos los factores extrínsecos que alteran el medio, que ocasionan cambios a nivel molecular difíciles de percibir y determinan la buena preservación. Los factores ambientales que causan este deterioro pueden dividirse en cuatro: Humedad, Temperatura, Contaminación e Iluminación.

2.1 Humedad y Temperatura

La humedad y temperatura son factores que deben de controlarse de manera muy importante para la buena preservación de los materiales. El calor acelera la degradación ya que facilita las reacciones químicas, aumentando el deterioro casi al doble con cada incremento de temperatura de 10 °C. La humedad relativa alta fomenta reacciones químicas perjudiciales y en combinación con alta temperatura, estimula el crecimiento de hongos y bacterias, además de la actividad de insectos. Una baja humedad relativa, puede producir desecación y fragilidad de los materiales.

2.1.1 Humedad Absoluta y Humedad Relativa

Se define Humedad como la medida del contenido de agua en la atmósfera. La atmósfera contiene siempre algo de agua en forma de vapor, y la cantidad máxima que puede soportar antes de la condensación depende de la temperatura.

Es el factor más difícil de controlar y a su vez el más relevante ya que determina el contenido de agua del material, del cual dependen las reacciones químicas de degradación.

Humedad Absoluta: Es el peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de masa, o de volumen, de aire seco. Frecuentemente se utiliza la medida de gramos de vapor de agua por metro cúbico.

$$Y = mv/mg$$

Y= Humedad absoluta

mv= Masa de vapor de agua

mg= Masa de gas

Para fines de preservación este concepto es de poca utilidad pues no considera la temperatura y no indica la humedad de los materiales.

Humedad Relativa: Es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura. Se expresa en forma de porcentaje:

$$HR = v/m * (100\%)$$

HR= Humedad Relativa

v= Cantidad de vapor de agua en un volumen dado de aire

m= Máxima cantidad de vapor de agua que el aire puede contener a esa temperatura

Este valor determina el comportamiento de los materiales higroscópicos, es decir, aquellos que al aumentar la humedad del ambiente la absorben y al decrecer la pierden [Banks], con relación a la humedad del ambiente que los rodea y muestra la capacidad del ambiente para proporcionar o absorber humedad de los materiales. En un volumen, si no se agrega o elimina nada de agua, la interacción entre humedad relativa, temperatura y contenido de humedad de los materiales se puede simplificar de la siguiente forma:

Al disminuir la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad del material aumenta.

Al aumentar la temperatura, la humedad relativa y el contenido de humedad del material disminuye.

2.1.2 Temperatura

La temperatura es la medida de una propiedad física de lo caliente y frío. La temperatura es una medida de energía térmica, manifestada en el movimiento aleatorio de las moléculas de una sustancia en equilibrio térmico. [Himmelblau David Balances de materia y energía, Mexico, Prentice Hall, Hispanoamericana, 1988, p. 33.]. Las moléculas en movimiento colisionan y causan cambios químicos y, por consecuencia, deterioro en los materiales. La unidad de medida es +/- Kelvin (°K), Centígrados (°C), Fahrenheit (°F).

2.1.3 Efectos de la humedad relativa en el deterioro de los documentos

“La mayoría de los materiales de origen orgánico son higroscópicos.” [Banks,] El porcentaje de peso de agua al peso de la sequedad del material en cuestión se llama “contenido de humedad de equilibrio”. El papel, por ejemplo, tiene un contenido de humedad de equilibrio de 5 a 10 % de su peso.

Las altas concentraciones de humedad relativa hacen posible el desarrollo de plagas de microorganismos e insectos y aceleran las reacciones químicas de hidrólisis y desvanecimiento de gran número de tintas. Por otro lado, la humedad es necesaria para la prevención de la desecación que vuelve a los documentos quebradizos.

Las fluctuaciones de humedad relativa producen hinchazón o dilatación y contracción de los compuestos orgánicos, esto produce ruptura y cambios dimensionales.

La decoloración en el papel ocurre con mayor rapidez en altos niveles de humedad. La humedad es necesaria para que se lleve a cabo la hidrólisis ácida del papel y facilita la acción de contaminantes industriales y urbanos en los materiales orgánicos.

2.1.4 Efectos de la temperatura en el deterioro de los documentos

La energía calorífica es una fuente de energía de activación, entre más alta sea la temperatura más rápido será el deterioro que sufran los materiales. La fluctuación de la temperatura no es deseable porque los documentos están hechos de muchos componentes que absorben calor y se expanden a diferentes grados. Cambios rápidos y frecuentes en la temperatura causan estrés que lleva a la ruptura estructural de los materiales. La temperatura elevada facilita el trabajo de la humedad, pues dependiendo de su intensidad acelera los diferentes procesos de alteración química y la propagación de microorganismos [Vailant y Valentín].

2.2 Contaminantes atmosféricos

La combustión de combustibles fósiles causa concentraciones de gases contaminantes en las ciudades y áreas industriales, estas concentraciones ocasionan el deterioro de los materiales documentales. El dióxido sulfúrico (SO₂) es el agente que causa más deterioro ya que es fácilmente absorbido por las superficies. El SO₂ fácilmente se combina con Oxígeno para formar trióxido de sulfuro (SO₃) el cual en presencia de la humedad del ambiente reacciona para formar ácido sulfúrico, un agente corrosivo que afecta a los documentos haciéndolos quebradizos. [Morrow]

También presente en la atmósfera como agente contaminante se encuentra el ozono, que actúa como un potente destructor de los materiales orgánicos al romper los vínculos dobles de las cadenas de carbono. El dióxido de nitrógeno al combinarse con agua forma ácido nítrico, que ataca a los pigmentos en las tintas, papel y piel por sus efectos de acidificación y oxidación. [Morrow] El polvo facilita la acción de agentes biológicos ya que sus partículas son higroscópicas, de manera que una película de polvo mantendrá un nivel de humedad más alto en la superficie de la obra, lo que puede provocar el crecimiento de hongos; asimismo, en presencia de humedad ciertas partículas generan reacciones ácidas que deterioran a los documentos.

2.3 Luz

Una forma de radiación que podemos ver es la luz, la cual se mide en longitud de onda. Los dos factores importantes que causan deterioro ocasionados por la luz son la distribución espectral y la exposición total. Existen tres fuentes de deterioro en el ambiente de resguardo: la radiación ultravioleta, la luz visible y las radiaciones infrarrojas. Las longitudes de onda pequeñas son más potentes; por lo tanto, los rayos UV causan más daño que la radiación infrarroja [Morrow]. Los rayos UV causan alteraciones directas a los materiales a nivel molecular, mientras que los infrarrojos aumentan la temperatura del material. [Banks]

“La luz es una forma de energía que promueve el deterioro por medio de la activación de reacciones químicas. La energía mínima que una molécula debe recibir para reaccionar se denomina “energía de activación”, es específica de cada material y no reaccionará si ésta no es alcanzada. La excitación ocasionada por la luz provoca la ruptura de los enlaces químicos, generando una reacción en cadena” [Sanchez], por lo que debe cuidarse la exposición a la luz de los materiales, pues una exhibición descontrolada con fuentes de iluminación inadecuadas destruye la celulosa y los pigmentos de las tintas.

El mayor deterioro ocurre cuando el material absorbe gran cantidad de energía luminosa, ya que sus moléculas pueden reaccionar con el Oxígeno ambiental.

“Es necesario tener precaución con las fuentes de iluminación fluorescente ya que hay lámparas de este tipo que emiten radiaciones ultravioletas, por lo que se debe colocar filtros para la protección de las obras. Las lámparas de luz incandescente provocan un aumento innecesario de la temperatura. Se debe tener especial cuidado con la luz natural del sol debido a que la cantidad de rayos UV es mucho mayor que el de las lámparas fluorescentes.” [morrow]

El deterioro de la luz es inevitable. La regla de reciprocidad establece que controlando la exposición a la misma es posible controlar la magnitud y velocidad del deterioro. Esto se puede hacer controlando el tipo y la cantidad de luz o controlando cuanto tiempo un objeto es expuesto a ella. Este principio, particularmente importante en la exhibición de materiales raros o únicos, se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

“Exposición total= tiempo x Intensidad.” [Morrow]





3 Generación de Humedad

Mantener la humedad ambiental del sistema es de suma importancia para la preservación de la obra a resguardar. Los conservadores del Archivo General de la Nación (AGN) recomiendan que la atmósfera tenga entre 40-45% de Humedad Relativa sin cambios bruscos en la temperatura, que debe oscilar entre 18-22°C.

Se tiene que mantener una temperatura estable porque, como fue mencionado en el capítulo anterior, la humedad relativa es dependiente de la temperatura de tal manera que si se enfría o calienta el sistema alterará la relación y su entorno, particularmente la presión interna y el punto de rocío (que llega cuando se tiene 100% de HR y que lleva a que el agua se condense poniendo en peligro a la obra). En el caso del sistema de encapsulamiento construido esto no ocurre, ya que está construido con materiales que no permiten que existan cambios térmicos de manera súbita y es totalmente hermético.

Con el fin de obtener un ambiente óptimo de preservación para las obras encapsuladas se estudiaron distintos métodos de humidificación del gas inerte con el que se cuenta al interior de la cápsula. Para obtener la mezcla gas-agua correcta en el llenado del dispositivo se diseñó un sistema que permite obtener la proporción adecuada tomando en cuenta cuál humedad relativa, presión y temperatura corresponden a determinados flujos de los componentes.

3.1 Métodos para generar humedad

Con relación a la generación de humedad se utilizan distintos sistemas que cumplen con condiciones especiales de control para la misma y son utilizados, por ejemplo, durante la preparación de muestras y sistemas de calibración. Existen diferentes métodos para producir humectación, pero enfocándonos en los que podemos encontrar en el mercado por su practicidad, en general implican diluir corriente saturada o manipular la temperatura o la presión con el objetivo de alterar la humedad relativa.

3.1.1 Método de Dilución

Este método es el más simple de aplicar. Se usa si la temperatura del sistema se encuentra por arriba de los 0°C. En el saturador por dilución, se proporciona un flujo constante de gas a través de un aspersor en la parte inferior de un contenedor con agua destilada. Durante la trayectoria de la burbuja dentro del agua, esta se humidifica con vapor de agua.

“La saturación depende del flujo, la presión, la temperatura en el saturador y la longitud de la columna de agua “[Bruce Mayer].

Ventajas: Es sencillo y económico, requiere de poca energía, la cantidad de humedad emitida no depende de la humedad atmosférica, se puede controlar la cantidad de humedad generada.

Desventajas: Si no se cuenta con un buen flujómetro se puede tener hasta un error del 2% en la cantidad de flujo de operación, es inestable si existe una elevada temperatura y por consecuencia se tiene que controlar la temperatura tanto interna como externa.

3.1.2 Método de temperaturas y Presiones

El método de temperaturas y presiones consiste en el efecto del cambio de presión en un gas humidificado. Este método consiste en saturar el gas a alta presión y temperatura controlada y después expandirlo isotérmicamente hasta presión atmosférica, en una cámara a temperatura controlada teniendo como resultado una muestra de gas con humedad conocida. El contenido de humedad relativa de esta muestra se determina mediante mediciones de temperatura y presión tanto en el saturador como en la cámara, y se utilizan las ecuaciones de gases reales.

Ventajas: Al elevar la temperatura se destruye la carga bacteriana, permite un control preciso de la humedad.

Desventajas: Su costo de operación es alto, son más voluminosos.

3.2 Equipo comercial para Generación de Humedad

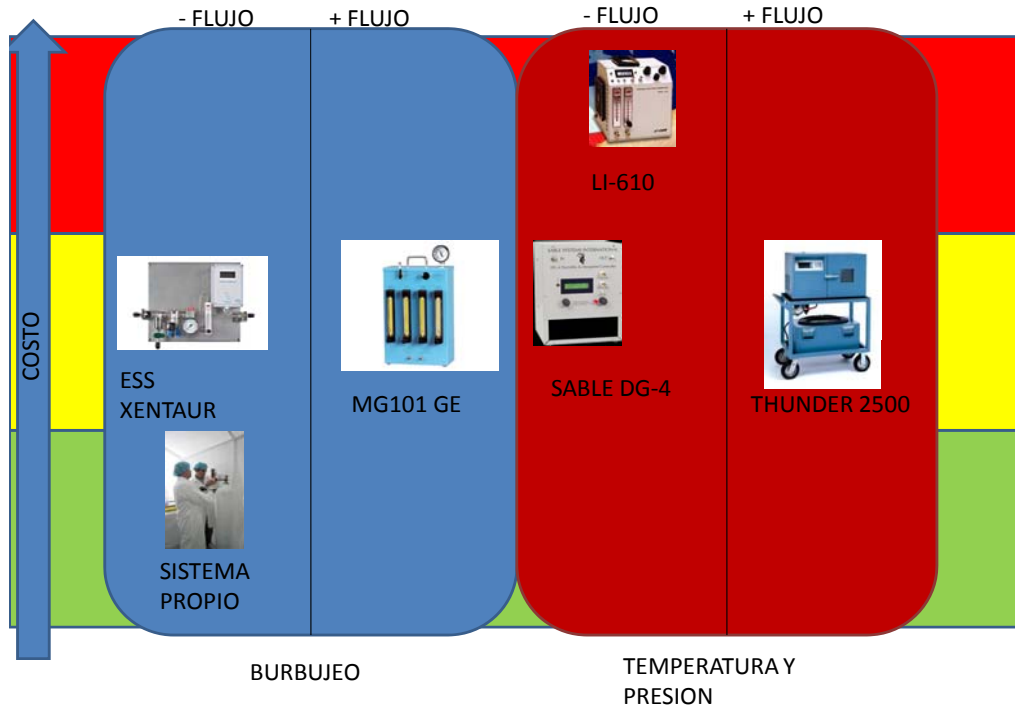
En el mercado existen distintos equipos disponibles para la generación de humedad. Los métodos de saturación por burbujeo y los de temperaturas y presiones son los más usados en la industria. El método de burbujeo, por ser el más simple, no se encuentra disponible con control de temperatura de saturación.

Comparativas

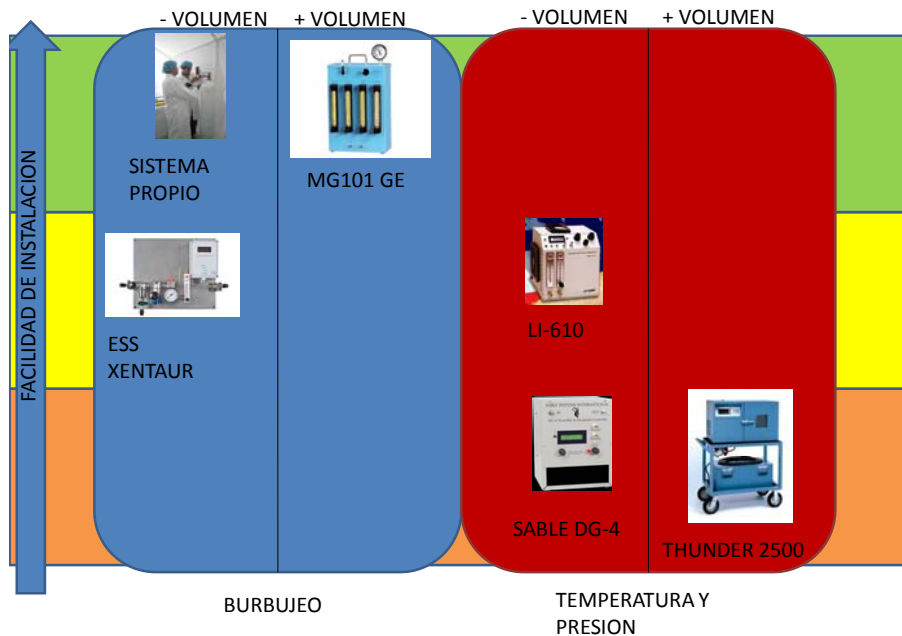
Se realizó un estudio comparativo de 5 marcas comerciales de generadores de humedad. Se analizaron igual número de dispositivos que funcionan mediante el sistema de burbujeo y de temperatura/presión. Para su comparación se obtuvieron las 5 fichas de especificaciones que contienen la siguiente información: marca, modelo, dimensiones, sistema de generación de humedad, consumo de energía, flujo, entre otras características (Anexo 1).

Al realizar la comparación de los distintos sistemas comerciales existentes se obtuvo información que sirvió para considerar el desarrollo de un sistema propio para generar humedad, que utilizara el método de Dilución.

Los cinco generadores comerciales y la propuesta de construcción fueron evaluados involucrando el costo, flujo, facilidad de instalación y volumen.



Para la comparación de la **figura** se tomó en cuenta el costo y el flujo de los sistemas comerciales y del propio. El costo de fabricar un sistema propio era de \$2000 USD; los cinco restantes iban de los \$10000 USD hasta los \$18000 USD. El flujo de los sistemas era el suficiente para nuestras necesidades, pero se tomó como mejor el más abundante ya que facilita el llenado del sistema realizando la mezcla de gas y humedad de una manera más controlada.



Se hizo una segunda comparación (Figura) considerando la facilidad de instalación y el volumen espacial de los sistemas, en este caso se eligió que fuera lo más compacto y manejable posible.

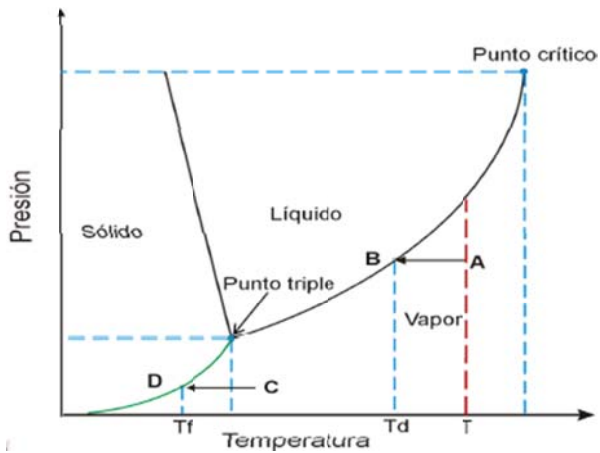
Posteriormente, se asignaron calificaciones a cada característica en una escala entre 1 y 3, donde 3 fue la mejor, y se hizo una ponderación tomando el costo como variable prioritaria (Tabla). La evaluación global arrojó que la mejor opción era fabricar un sistema propio.

	Costo	Flujo	Instalación	Volumen	Total
Burbujeo					
ESS XENTAUR	2	1	2	2	
	12	1	3	3	19
MG101 GE	2	2	3	1	
	12	2	4.5	1.5	20
PROPIO	3	1	3	2	
	18	1	4.5	3	26.5
Temperatura y presión					
LI-610	1	1	2	2	
	6	1	3	3	7
SABLE DG-4	2	1	1	2	
	12	1	1.5	3	13
THUNDER 2500	2	2	1	1	
	12	2	1.5	1.5	14

3.3 Sistema Propio

Fue diseñado para llenar de manera controlada el sistema de preservación de documentos con gas inerte húmedo. Las condiciones de presión y temperatura fueron mantenidas en valores constantes para su operación, de modo que a partir de la variación del flujo de gas inerte y del nivel de agua se obtuviera el grado de saturación deseado.

Dicho grado de humectación del gas inerte puede ser obtenido teóricamente en función de lo siguiente:



El valor de saturación de vapor de agua en las condiciones iniciales de llenado se determina mediante la fórmula

$$\%HR \approx \frac{e(T_d)}{e(T)} \cdot 100$$

Donde $e(T)$ es la presión de vapor de agua una temperatura T , T_d es la temperatura de punto de rocío; se puede decir que T es la temperatura ambiente sobre la superficie del líquido. Una aproximación para calcular la presión de vapor de agua es [Sonntag D.]

$$e(T_d) = \exp\left(\sum_{i=0}^6 a_i T_d^{i-2} + a_7 \ln T_d\right)$$

$e(T_d)$ está dado en Pascal Pa que es la presión parcial de vapor de agua a la temperatura de punto de rocío

Los coeficientes de la aproximación de Sonntag para el cálculo de la presión de vapor de agua son

	Sonntag (1990)
a_0	0
a_1	$-6,0969385 \cdot 10^3$
a_2	$2,12409642 \cdot 10^1$
a_3	$-2,711193 \cdot 10^{-2}$
a_4	$1,673952 \cdot 10^{-4}$
a_5	0
a_6	0
a_7	2,433502
$U_r(e(T))$	$\leq 0,005\%$ $0^\circ\text{C} \leq t \leq 100^\circ\text{C}$

A partir de las ecuaciones anteriores se obtiene la Humedad Relativa de las condiciones que se tienen al momento del llenado, calculando $e(T)$ que es la presión de saturación de vapor de agua a temperatura ambiente, $e(T_d)$ que es la presión parcial de vapor de agua a la temperatura de punto de rocío de la muestra, saturada por el sistema de burbujeo. $e(T)$ y $e(T_d)$ se calculan con la ecuación de Sonntag usando las mediciones de T y de T_d y sus coeficientes correspondientes de Sonntag (1990).



Para llevar a cabo el diseño del sistema, fueron considerados los siguientes requerimientos:

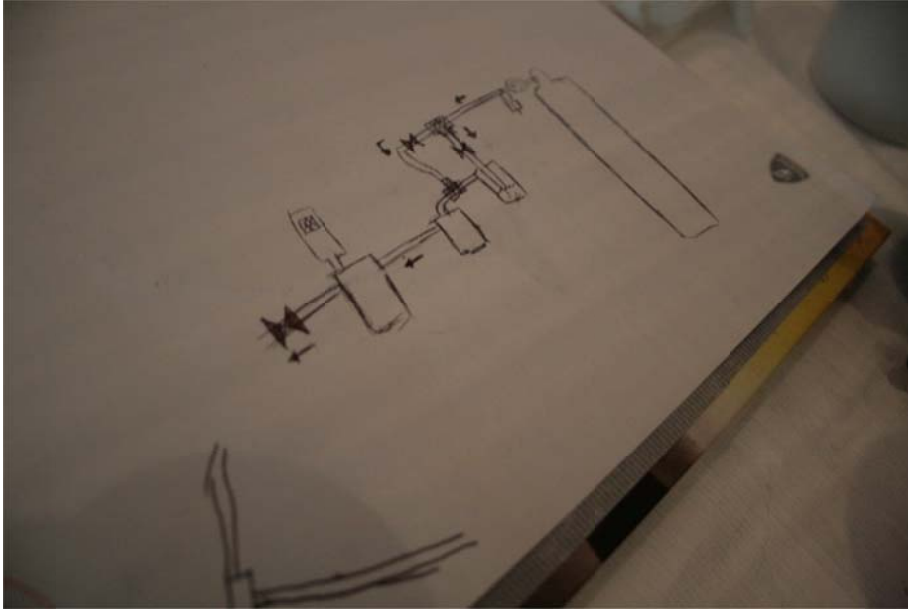
- 1.- El sistema humidifica (humidificara) con precisión gas Argón (u otro gas inerte) de acuerdo a lo que recomiendan los conservadores del AGN (Archivo General de la Nación).
- 2.- El sistema regula (regulara) el flujo de entrada durante el llenado del sistema de preservación.
- 3.- El sistema es (será) de fácil operación.
- 4.- El sistema es (será) portátil.

Los parámetros de funcionamiento se establecieron como se muestra a continuación

- 1.- Se utiliza un saturador por burbujeo para general la humedad requerida.
- 2.- El usuario es capaz de establecer la velocidad de flujo con una válvula dosificadora y un flujómetro.
- 3.- Todo el sistema y el gas se incorporan en un carro con ruedas para una mayor maniobrabilidad y seguridad.



Esquema y descripción de componentes de nuestro sistema



Componentes

- Cilindro de gas: Gas argón con capacidad de 7 m^3 a una presión de 2000 psi.
- Regulador de presión de salida del cilindro: Cuenta con una conexión CGA580 con diafragma de acero inoxidable y una presión máxima de salida de 200 psi.
- Flujometro: Se utiliza para controlar la velocidad de flujo que entra en el sistema. Se empleó uno con capacidad de 19 l/min, marca Finesa.
- Saturador: de grado medico con poros pequeños para evitar contaminación del gas.
- Sensores para medición temperatura y humedad: Medidor de temperatura y humedad relativa marca Fluke modelo 971 instalado en el vaso de paso
- Válvulas de Entrada y Salida: Válvulas Swagelok de aguja SS-1RS4.
- Tubo flexible de material sintético.

3.4 Operación de Llenado

Determinación de condiciones iniciales

Se determinó el valor de saturación de vapor de agua a condiciones iniciales antes del llenado (que fue nuestro parámetro inicial para conocer el efecto de la presión en la temperatura de punto de rocío de la mezcla) lo que nos ayudo a modificar de manera experimental el flujo del gas inerte seco y el nivel de altura de agua de nuestro sistema de burbujeo para lograr un valor de saturación de agua de la mezcla adecuado para el llenado del sistema de preservación sin peligro de condensación.

Las condiciones iniciales para generar la humedad correcta se determinan con las ecuaciones de Sonntag (sección 3.3). De estas ecuaciones sabemos que, para generar argón humidificado a 40% de HR, la temperatura de saturación y la presión se establecen en 25°C y 47.1 psi, respectivamente. Los valores de las condiciones que se tienen en el ambiente se determinan con la presión atmosférica del lugar de llenado. Estos datos de referencia son útiles para determinar experimentalmente las lecturas del flujómetro, de la alimentación de gas y para conocer la altura del nivel de agua adecuada del saturador a fin de lograr que el argón llegue a 40% de HR bajo las condiciones que se tiene al momento de comenzar el procedimiento.

Llenado

1.- Se conectan las mangueras desde el cilindro de alimentación de gas, pasando por el saturador, la trampa de agua y el vaso de paso.

2.- Se abre la válvula de salida del cilindro alimentador de gas (flujómetro), que muestra el flujo de salida proporcionado al saturador.

3.- Se comprueba el burbujeo del saturador y se observa la dirección del flujo, que debe ir hacia la trampa de agua y después al vaso de paso.

4.- En el vaso de paso se encuentra el sensor que muestra el nivel de saturación de la mezcla y su temperatura de rocío.

5.- Con los datos teóricos de las condiciones del ambiente y los arrojados por el sensor de la mezcla, se ajusta el flujómetro de salida del cilindro hasta llegar a la saturación deseada del gas inerte. Si es necesario se agrega o se quita agua del saturador con el fin de acelerar o retardar el proceso de saturación.

6.- Al llegar a la saturación correcta se comienza la purga interna del sistema, con el fin de no dejar aire dentro de la misma y de llenar con la mezcla saturada se conecta y abre en la válvula de salida del sistema un compresor que realizara la purga.

La purga se hace por medio de creación de un vacío al interior del sistema extrayendo el aire, por la válvula de salida, hasta alcanzar una presión de -2 psi relativa en ese instante se apaga el compresor y se cierra la válvula de salida.

7.- Se conecta a la válvula de entrada del sistema una manguera que al abrir dejara ingresar la mezcla, debidamente saturada.

8.- Cuando la presión interna del sistema llega a 1psi relativa, la válvula de entrada del sistema se cierra, dejando el interior del sistema levemente presurizado y con una atmósfera inerte debidamente saturada.

3.5 Trabajo Futuro

El diseño de nuestro sistema resultó adecuado para la aplicación requerida. Sin embargo, se puede mejorar para facilitar su manejo a personas sin formación técnica, de modo que puedan usarlo para distintas tareas dentro del campo de la conservación.

Asimismo, El cilindro del gas inerte podría ser sustituido por uno de menor capacidad, lo que ayudaría a un perfeccionamiento en la integración del sistema de mangueras, vasos y sensores.

Por parte, en cuanto a la instrumentación es posible mejorar los sensores de presión, temperatura y humedad, contribuyendo al avance y facilitando el manejo con ajustes automatizados, reduciendo con ello la posibilidad de error.

Las válvulas pueden ser controladas por una computadora para facilitar el uso del sistema, ya que la forma de manejo actual es un tanto complicada por su ubicación.

Como mejoras de precisión, tanto en los vasos de muestreo como en el saturador se puede mejorar el aislamiento.

En cuanto al procedimiento de saturación, se desarrollará un sistema de control automatizado de temperatura interna, con el fin de no depender de la temperatura ambiente para llegar a las condiciones de saturación ideales para el llenado.

4 Sistema de monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación de documentos históricos

El objetivo de este capítulo es la descripción del sistema de monitoreo y adquisición de datos, usado para verificar el óptimo rendimiento del sistema de preservación de documentos censando las variables críticas de preservación: presión, temperatura y humedad relativa. Se discutirán las ventajas de los subsistemas de supervisión, control y adquisición de Datos, y se mostrará un método para seleccionar la tecnología más adecuada. Se espera que en el futuro, al revisar el diseño y la implementación, un técnico pueda dar mantenimiento fácilmente a la instrumentación del sistema de preservación.

4.1 Generalidades

El sistema de monitoreo y adquisición, instalado en el sistema de preservación de documentos, mide y registra la humedad relativa, la temperatura y la presión dentro y fuera del encapsulado que encierra la mezcla de gas inerte y vapor de agua que tiene por objeto la protección de la obra.

Actúa de manera local y/o remota sobre el sistema de preservación, permitiendo la visualización en tiempo casi real de los parámetros ambientales más críticos. Para realizar un correcto estudio del funcionamiento, rendimiento y comportamiento del sistema de preservación, el sistema de adquisición de datos se diseñó siguiendo los parámetros de un sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) con LabView.

Al diseñar el sistema se plantearon varias interrogantes acerca de las necesidades a satisfacer: ¿Será necesario que el sistema realice tanto control como monitoreo?, ¿De qué forma se podrá acceder al sistema de forma remota?, ¿Qué seguridad van a tener los datos?, ¿Dónde y Cómo se van a almacenar los datos obtenidos? La identificación de estos puntos fue relevante ya que ayudó al diseño de la arquitectura del sistema.

4.1.1 Infraestructura

Al considerar al sistema como SCADA se definió la infraestructura del mismo, teniendo en cuenta que el software del servidor crítico de operación debe manejar las transferencias de la red de datos, visualización de datos, alarmas, eventos y la seguridad. Otra característica crucial es que debe de ser capaz de comunicarse mediante un protocolo común, por ejemplo el TCP/IP; por consiguiente, el software usado en las distintas máquinas de la red debe soportar los mismos protocolos. El sistema, por tener la característica de escalable, debe poder comunicarse con máquinas antiguas o de próxima generación.

4.1.2 Red de Comunicación

El sistema de adquisición de datos almacena en el servidor central y se monitorea centralmente o desde distintos dispositivos con acceso a red. Para hacer eso fácilmente, el software se integra con la tecnología nativa de red del sistema operativo. En un sistema SCADA confiable las herramientas de red están diseñadas para maximizar la transferencia de datos y deben ser estables y confiables cuando se produzcan interrupciones en la red.

En la industria se emplea el estándar de comunicación OPC (OLE for process Control) que permite la supervisión de procesos industriales mediante una arquitectura cliente-servidor, lo que lo hace flexible para que el software interactúe y comparta datos independientemente del fabricante. En nuestro sistema, gracias a la flexibilidad de LabVIEW, se utilizó un protocolo propietario de escritorio remoto transmitido por un certificado SSL, que se utiliza para proteger criptográficamente las comunicaciones entre el escritorio remoto y el equipo que tiene acceso, con el objeto de facilitar el control del servidor en donde se almacenan los datos y sin depender de una arquitectura cliente-servidor, la cual requiere más permisos de acceso a la red y que, por cuestiones de seguridad y costo, no era posible instalar en la sala de exposición temporal.

4.1.3 Manejo de Datos

Una de las tareas críticas que el servidor realiza es el proceso de adquirir y almacenar información en una base de datos. Con el objeto de no saturar el almacenamiento del servidor se guardan pequeñas cantidades de datos en forma de texto de manera continua en el disco duro (streaming); la desventaja de este almacenamiento es que la definición de tablas y de estructuras de la base de datos resulta un poco burda y pierde alguna flexibilidad de búsqueda, pero gracias a que LabVIEW posee una estructura jerárquica de datos definida, esa desventaja se ve superada al mostrar una base de datos ordenada y coherente que facilita su manipulación.

4.1.4 Visualización de Datos

Otro desafío para el diseño del sistema de adquisición de datos es que los ingenieros y conservadores necesitan visualizarlos, ya sea durante la adquisición de las señales o después de la adquisición. Ver los datos en vivo desde el servidor central es una operación muy simple, ya que es donde reside el sistema de adquisición y LabVIEW crea un panel frontal en donde se muestra dicha información; sin embargo, se requería ver los datos en vivo desde múltiples máquinas.

En un sistema SCADA tradicional cada máquina que visualiza datos debe de estar ejecutando el papel de un cliente, cuyo trabajo es pedir los datos para hacer alguna tarea (arquitectura servidor-cliente OPC). En este caso, por no poder usar dicha arquitectura y gracias a la flexibilidad del software, la visualización en vivo se efectuó empleando un certificado de control remoto SSL, lo que permitió la visualización desde cualquier máquina o dispositivo con acceso a internet.

4.1.5 Alarmas y Eventos

Al adquirir grandes cantidades de datos durante largos periodos es importante monitorear si aparecen variaciones significativas. Estas variaciones fueron monitoreadas mediante alarmas de aviso, en tiempo casi real, que activaban el envío de un correo electrónico y/o el de un mensaje de texto a teléfono celular, con el objeto de localizar la causa de dicha alarma y tomar acciones correctivas.

Se da por entendido que tanto los datos como las alarmas quedan registrados en el disco duro, con el fin de ser analizados posteriormente.

4.1.6 Seguridad

Por tratarse de un sistema de resguardo y protección la seguridad es muy importante ya que, aunque diversas personas pueden ver los datos en vivo, sólo algunas pueden tener acceso a los datos del registro y, en consecuencia, ser capaces de modificar la base de datos. Por ende, al desarrollar el código y el uso del certificado SSL de acceso remoto, se tuvo en cuenta la encriptación de datos y las restricciones correspondientes a los usuarios.

4.2 Sistema de Monitoreo y Adquisición de Datos

Está basado en sensores de tensión y corriente para realizar medidas de temperatura, presión y humedad relativa. Los sensores proporcionan una corriente en función de la magnitud censada y, por medio de un acondicionamiento, son introducidos a un convertidor analógico-digital.

El sistema de monitoreo está integrado por tres componentes principales:

4.2.1 Estación de Adquisición de Datos

Cuando se necesitan sistemas que midan distintas variables, los dispositivos que utilizan procesadores o microcontroladores siempre son bienvenidos, ya que permiten integrar sensores de distintas arquitecturas. Estos sistemas fácilmente pueden mejorarse y expandir su sistema de medida, así como de automatizar y agregar control.

4.2.1.1 Gabinete CompactDAQ

El chasis de National Instruments CompactDAQ permite la conexión plug-and-play por medio de buses de comunicación USB a sensores y mediciones eléctricas, ya sea en el laboratorio, el campo y/o la línea de producción industrial. La facilidad de uso y bajo costo del lector de datos con el rendimiento y flexibilidad de la instrumentación modular de National Instruments proporciona medidas rápidas y exactas en un sistema sencillo y

pequeño con una capacidad de hasta 256 canales de señales eléctricas. Además, cuenta con convertidores análogos-digitales por módulo de adquisición de datos, lo cual asegura la calidad de las mediciones.

El chasis CompactDAQ permite conectar hasta 4 módulos de entrada y salida de la serie C de National Instruments, permitiendo configurar el sistema de adquisición de datos con el hardware más acorde a cada necesidad. El entorno de desarrollo que se utiliza para programar el sistema es LabVIEW, instalado en un servidor central.

La comunicación entre el chasis y el servidor es vía USB de alta velocidad.



4.2.1.2 Módulos de entradas analógicas

El módulo de entrada analógica RTD NI 9217 de National Instruments tiene 4 canales y 24 bits de resolución para medidas de 100Ω RTD. Se puede configurar el NI 9217 para dos diferentes modos de velocidad de muestreo.

Con el modo de alta velocidad, es posible realizar muestreos a hasta 400 S/s (100 S/s por canal). Al usar el modo de alta resolución, el muestreo es efectuado a 5 S/s (1.25 S/s por canal) con rechazo de ruido integrado de 50/60 Hz.

El NI 9217, compatible con medidas RTD de 3 y 4 cables, automáticamente detecta el tipo de RTD y configura cada canal para el modo apropiado. El módulo puede brindar 1 mA de excitación de corriente por canal y tiene menos de 1°C de error en precisión en todo su rango de temperatura de operación. Este módulo contiene certificados de calibración trazable expedidos por el NIST e incluye doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad, inmunidad a ruido y alto rango de voltaje de modo común. [ni 9217]



El NI 9203 es un módulo de adquisición de datos incluye ocho canales de entrada de corriente analógica para aplicaciones de alto rendimiento de control y monitoreo. Tiene rangos de entrada programable de ± 20 mA o 0 a 20 mA, resolución de 16 bits y una velocidad de muestro máxima de 200 kS/s. Para protegerse contra señales transitorias, incluye doble barrera de aislamiento (250 Vrms) de canal a tierra para seguridad e inmunidad a ruido.

El módulo NI 9203 se vende con terminales de tornillo para conexión de señales por cable. Se pueden comprar conexiones adicionales de terminal de tornillo como reemplazos o repuestos. Además, para liberación de tensión, aplicaciones de alta vibración y seguridad de alto voltaje, está disponible un conector de plástico para asegurar y proteger las conexiones de señales por cable. [ni 9203] El modulo permite al sistema adquirir datos de los sensores de bus continua de los medidores de humedad relativa.



4.2.1.3 Modulo de entradas analógicas adquisición simultánea

El modulo NI9215 de National Instruments incluye cuatro canales e entrada analógica muestreados simultáneamente y registro sucesivo de aproximación (SAR) de 16 bits ADCs. Incluye certificados de calibración trazable expedidos por el NIST, doble barrera de aislamiento de canal a tierra para seguridad, inmunidad a ruido y alto rango de voltaje de modo común.[ni 9215] Permite adquirir datos de los sensores de la parte de alterna. Al tener una adquisición simultánea no hay desfase entre medidas se conectan los sensores de presión.



4.2.2 SENSORES

Los sensores son transductores que transforman una magnitud física en una cantidad fácil de medir como voltaje eléctrico o una corriente eléctrica. Los transductores están divididos en cuatro tipos: electromecánicos, ópticos, térmicos y piezoeléctricos. Se consideran las siguientes propiedades para su selección: Rango de operación, precisión, respuesta a la frecuencia, integración con su entorno, etc.

Exactitud y Precisión

La exactitud se define como la capacidad de un instrumento de dar mediciones o dar una lectura de salida que se aproxime a l valor verdadero de la magnitud medida. La precisión es la tolerancia de medida del instrumento. Si se toman un gran número de lecturas a la misma cantidad por un instrumento de alta precisión, la dispersión de las lecturas es muy pequeña.

Rango

Son los valores de la variable medida que se encuentran en los límites superior e inferior de la capacidad de medida y se expresa con los dos valores extremos.

Se emplearon 4 sensores por sistema de encapsulado (Acta de Independencia y Sentimientos de la Nación), tres al interior del sistema (presión, temperatura y humedad relativa) y uno en el exterior (temperatura), para un total de 8 sensores en campo.

4.2.2.1 Equipo comercial de Sensores

En el mercado existen distintos sensores para presión, temperatura y humedad relativa. Lo que debe tomarse en cuenta para seleccionarlos es que la tecnología que proporcionan tenga

salidas de alta frecuencias de muestreo, buenos parámetros de linealidad, buena sensibilidad y, por supuesto, que el costo no sea demasiado alto.

Gracias a que el equipo de National Instruments es de arquitectura abierta se pueden utilizar sensores de casi cualquier fabricante, por lo que se realizó un estudio comparativo de sensores, con el fin de que la información arrojada nos diera la pauta de cual producto resultaba más útil para el sistema.

4.2.2.2 Comparativas y Selección

4.2.2.3 SENSOR DE PRESIÓN

Se realizó un estudio comparativo de 2 dispositivos de diferente marca que funcionan con una excitación de 2.0 mA máximo, una salida que puede ir de 0-15VCD y con un rango de 0 - 15 psi relativo (PSIG). Para su evaluación se obtuvieron las 2 fichas de especificaciones que contienen la siguiente información: marca, modelo, dimensiones, rango, consumo de energía, etc. (Anexo 2)

MEJOR INTEGRACION

MEDIANA
INTEGRACION

DIFICIL INTEGRACION

Se tomo en cuenta el costo, el rango de operación y la precisión del sensor de los fabricantes Omega y Honeywell. Se obtuvo que la mejor opción es el sensor de Omega por su costo y

calidad en la precisión, y porque cumple con las especificaciones para añadirlo al sistema de adquisición.

El sensor de Omega modelo PX209-015G10V está diseñado para instalarse en el interior de sistemas presurizados. El sensor está ajustado para nivel del mar cuando deja la fábrica, para el ajuste de la presión barométrica se utilizó LabVIEW al nivel de la Ciudad de México.

4.2.2.4 SENSOR DE TEMPERATURA

Se compararon 3 marcas comerciales de sensores de temperatura. Y se analizaron igual número de dispositivos que funcionan con un rango de -40°C a 150°C . Para su comparación se obtuvieron las 3 fichas de especificaciones que contienen la siguiente información: marca, modelo, dimensiones, rango, consumo de energía, etc. (Anexo 3)

MEJOR INTEGRACION

MEDIANA
INTEGRACION

DIFICIL INTEGRACION

En la comparación de los sensores de temperatura se tomó en cuenta el costo, el rango de operación, precisión y facilidad de integración del sensor de los fabricantes Honeywell, Omega y Measurement Specialties. Se obtuvo que la mejor opción es el sensor de Omega, pues aunque su costo y precisión no son los mejores son aceptables para nuestros propósitos y su integración es la de más fácil de realizar al sistema de adquisición.

El sensor de Temperatura Omega modelo P-L-A-1/4-6-1/8-P-9 es uno de los sensores de temperatura más precisos y proporciona una excelente estabilidad y repetitividad. La mayoría de los RTD OMEGA estándar cumplen con la norma DIN-IEC Clase B. Los RTD también son relativamente inmunes al ruido eléctrico y son, por lo tanto, muy adecuados para la medición de temperaturas en ambientes industriales, especialmente alrededor de motores, generadores y otros equipos de alta tensión. [Omega]

4.2.2.5 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

Para hacer el comparativo del sensor de humedad relativa se tomaron 3 dispositivos de marcas comerciales que funcionan con una salida de 4 a 20 mA máximo y con un rango de 0 – 100% HR. Para su comparación se obtuvieron las 3 fichas de especificaciones que contienen la siguiente información: marca, modelo, dimensiones, rango, consumo de energía, etc. (Anexo 4)

MEJOR INTEGRACION

MEDIANA
INTEGRACION

DIFICIL INTEGRACION

Cuando comparamos los sensores de humedad se tomo en cuenta el costo, el rango de operación, precisión y facilidad de integración del sensor de los fabricantes Comet, Omega y Veris Industries se obtuvo que la mejor opción es el sensor de Omega aunque su costo no es el mejor su precisión es muy buena su integración es fácil de realizar al sistema de adquisición.

El sensor de humedad relativa Omega modelo HX92AC-D usa una delgada película de estado-sólido, de múltiples capas que censa humedad relativa. El elemento de sensado actúa como un capacitor que cambia con la presión ejercida por el vapor. La capacitancia del sensor cambia eléctricamente la frecuencia del circuito electrónico. El acondicionamiento del sensor convierte el cambio de frecuencia en un corriente, haciendo que su salida sea una corriente que va de 4- 20mA y de 3 – 93% de HR. La excitación de los circuitos del sensor es de +24VCD.

No requiere mantenimiento y no se debe tocar la parte superior, donde se encuentra el sensor, con las manos ya que es muy sensible a los aceites de la piel humana.

El conjunto de sensores seleccionados se conectan al sistema de adquisición mediante conexiones de cableado, en conjunto con el sistema de alimentación de sensores y de tarjeta de adquisición. Como se muestra en el Anexo 5.

4.3 MONITOREO Y ANÁLISIS

Con el fin de implementar el monitoreo de las variables críticas a nivel de Entradas y Salidas se debe de incorporar las herramientas necesarias para el análisis de dichas variables mediante funciones dentro del programa de monitoreo en donde los usuarios pueden extraer información valiosa de los datos, tomar acciones sobre el proceso y obtener resultados. Por ende el programa de adquisición de datos ha sido escrito en LabVIEW el cual fue diseñado para ofrecer de manera integrada funciones para el análisis con la adquisición y presentación de datos lo que nos da la facilidad de poder integrarlas en un solo entorno y de manera continua. El software nos provee de bibliotecas poderosas de análisis, rutinas y algoritmos que van desde matemáticas básicas hasta el procesamiento avanzado de señales, las cuales se pueden integrar y lograr poderosas capacidades de visualización, lo que hace que LabVIEW sea una herramienta ideal para aplicaciones de monitoreo y/o control.

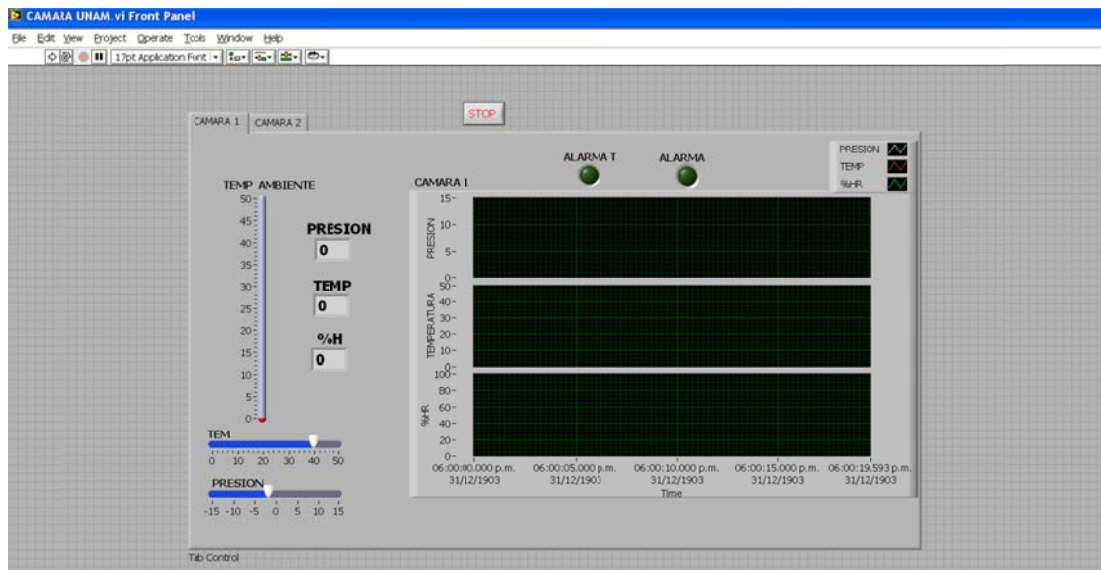
4.3.1 DISEÑO DE LA INTERFAZ

Para el enlace y comunicación del sistema de monitoreo se registran todas las señales que proporciona el CompactDAQ con sus respectivos módulos de adquisición de datos y sensores los cuales emiten señales de voltaje y corriente con el objetivo de informar el rendimiento de las variable críticas de preservación y poder formar un enlace SCADA. La aplicación fue desarrollada en LabVIEW con el fin de poder visualizar la recepción de datos mediante la aplicación de monitoreo.

Las variables que se analizan en casi tiempo real son:

- Temperatura Ambiente afuera de cada Cámara (°C)
- Presión Interna para cada Cámara (psig)
- Temperatura Interna de cada Cámara (°C)
- Humedad Relativa Interna de cada Cámara (%)

En función de estas variables se programaron los instrumentos virtuales y se diseño el panel frontal con sus respectivas estados de alarma en particular se vigilan la presión y temperaturas internas.



Panel Frontal



Diagrama de Bloques de Alarma

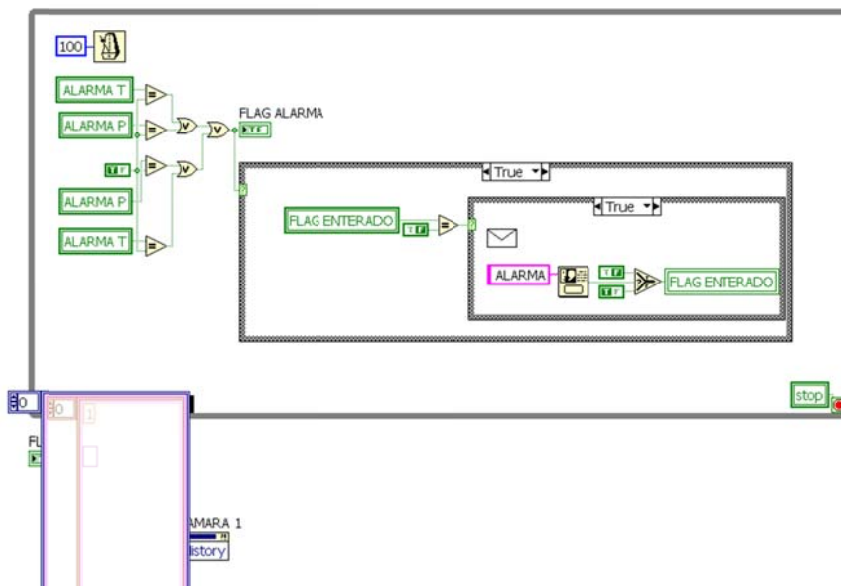


Diagrama de bloques de Mensaje de Alarma

4.3.2.1 PREPARACION DEL SISTEMA

Software necesario para el sistema

Antes de la instalación de cualquier dispositivo es necesario instalar el software necesario para su funcionamiento:

- 1.- Se instala LabVIEW 2009/2010.
- 2.- Se instalan todos los módulos de la licencia.
- 3.- Se instala CompactDAQ (drivers) u otro tipo de driver necesarios para la utilización de los dispositivos (siempre instalar la última versión).
- 4.- Se instala el software necesario para el certificado SSL de control remoto.

4.3.2.2 Configuración del Hardware

Antes de echar a andar el sistema, se conecta el sistema de adquisición mediante el cable USB de alta velocidad y se espera a que el servidor central reconozca con los drivers preinstalados la tarjeta y sus módulos, para corroborar que todo funciona bien se ejecuta el MAX (Measurement & Automation Explorer sistema de configuración de Hardware de National Instruments) el cual busca que dispositivos están conectados en el servidor y muestra las características de funcionamiento de cada dispositivo. Si el MAX no muestra los dispositivos se desconecta la tarjeta y se reinicia el servidor con el fin de volver a hacer todo el procedimiento antes mencionado.

Cuando los dispositivos no tienen problemas de conexión se ejecuta el LabVIEW y se selecciona el programa con el código antes realizado con el fin de poner en marcha la adquisición de datos.

4.3.2.3 Certificado SSL de Control Remoto

Después de corroborar que la adquisición se está haciendo correctamente se configura de manera local el servidor para que se pueda acceder remotamente desde cualquier dispositivo conectado a internet, el certificado SSL nos da la posibilidad de configurar los puertos de acceso del servidor central con el fin de hacerlo visible para su control remoto fijando su ubicación mediante una IP fija y encriptado la información que se genere durante la conexión, la configuración de acceso se realiza siguiendo los fáciles pasos de un software especializado el cual genera 2 contraseñas de acceso para que solo los usuarios con permiso puedan acceder al servidor central ya sea para ver datos en vivo o darle mantenimiento al sistema.

4.3.2.4 Acceso

La ubicación del sistema de adquisición debe ser accesible en todo momento y debe de contar con un área exclusiva para su localización.

La estructura que protege y guarda al sistema de adquisición fue diseñado para ofrecer un fácil acceso para su operación y mantenimiento. Así mismo las condiciones climáticas el área de trabajo deben adecuarse para un mejor rendimiento del sistema. El sistema de adquisición debe de contar con acceso a una conexión de banda ancha.

4.3.2.5 Seguridad

El sistema de adquisición debe de estar debidamente resguardado y debe de tener acceso limitado mediante cerraduras.

4.3.2.6 Suministro Eléctrico

Se debe de asegurar el suministro eléctrico para que el sistema funcione las 24 horas del día y para que soporte futuras ampliaciones de dispositivos. Los circuitos eléctricos deben de llevar la corriente necesaria con su correspondiente conexión a tierra. El circuito de emergencia en caso de falla en el suministro cuenta con un sistema de baterías para mantener en funcionamiento los equipos del sistema (con una capacidad e al menos 45 minutos).

4.4 SEGUIMIENTO DE VARIABLES

El seguimiento de las variables críticas de preservación se baso en los siguientes elementos con el fin de obtener un monitoreo confiable para asegurar la preservación de la obra:

Variables que se van a monitorear: Temperatura Ambiente afuera de cada Cámara (°C), Presión Interna para cada Cámara (psig), Temperatura Interna de cada Cámara (°C), Humedad Relativa Interna de cada Cámara (%)

La frecuencia del muestreo: Indica el número de muestras que llevan a cabo en un intervalo de tiempo. Para establecer la frecuencia se tomaron en cuenta las consideraciones que los conservadores del Archivo General de la Nación (AGN) hicieron para que la pieza a resguardo estuviera segura (se realizo cada 60 min las 24 horas del día por cada sensor).

Equipo Necesario: El sistema de adquisición descrito en el punto 4.2

Tipo de información requerida: Se requiere que se muestre información acerca de las variables críticas de preservación (temperatura interna y externa, presión interna y humedad relativa) con el objetivo de saber la integridad de la obra en exposición.

Calidad en la información: La información recabada del sistema de preservación en exposición se muestra en una base de datos y en forma Gráfica en un plano XY que se guardan en el disco duro del servidor como series de tiempo, identificados por nombre de variable registrada, fecha, hora, frecuencia de almacenamiento y canal de adquisición. Los análisis de los datos recabados se pueden llevar a cabo usando programas como Excel.

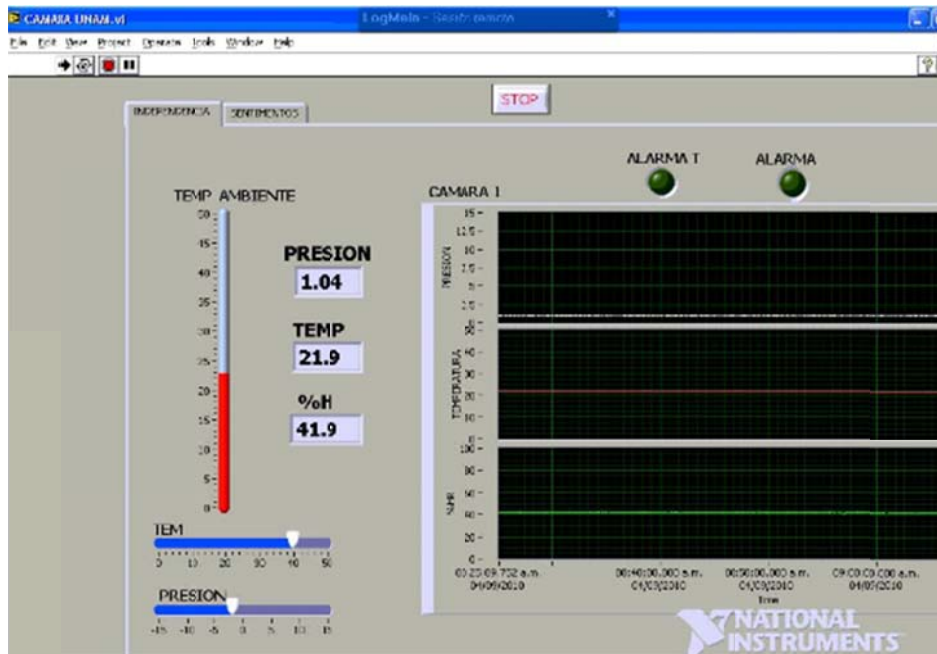
Usuario para el que se genera dicha información: La información obtenida tiene el objetivo de ser interpretada por los ingenieros que están a cargo de observar el rendimiento del sistema y por los conservadores que necesitan saber el estado de las variables críticas de preservación con el fin de analizar el estado de la obra y sus condiciones de exhibición.

El sistema de monitoreo basado en SCADA utilizando LabVIEW con el certificado de control remoto fue diseñado para ponerlo en marcha en cualquiera que fuese el sitio de exposición de la obra resguardada (en este caso en particular Galería Nacional del Palacio Nacional), con el objetivo de conocer en tiempo casi real las variables críticas de preservación del sistema de

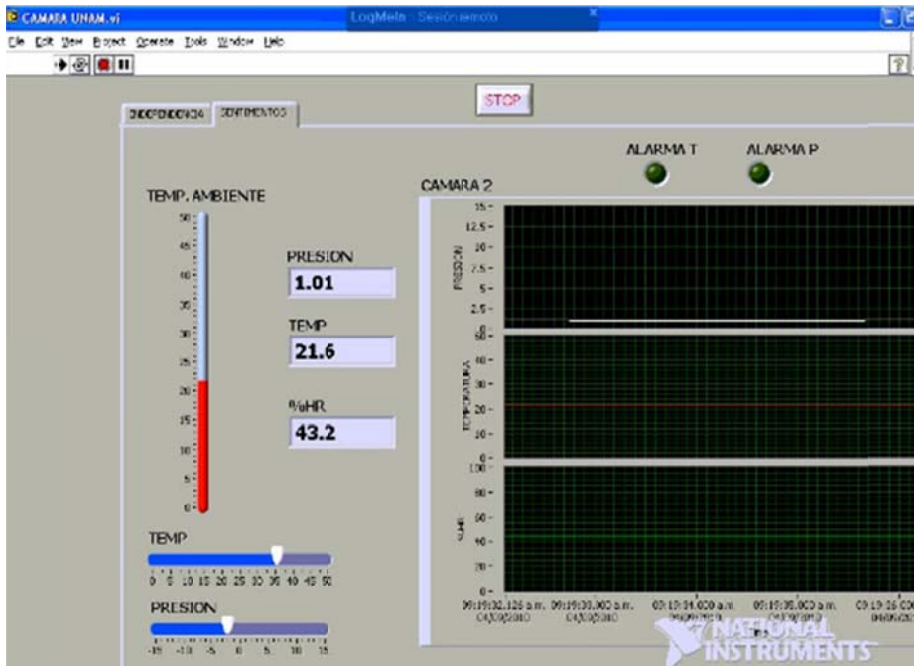
monitoreo en exposición, para de esta manera llevar el historial del rendimiento de cada variable.

Hasta la fecha el sistema está en línea el cual registra un reporte en formato Excel el cual contiene toda la información necesaria para analizar el óptimo rendimiento del sistema de preservación.

Para la obtención de los datos se tomaron las señales de los sensores instalados dentro y fuera de los sistemas de encapsulado (Acta de Independencia y Sentimientos de la Nación) Además del acceso local desde el servidor central el cual recibe los datos provenientes de los sensores y la tarjeta de adquisición, ejecuta el programa en LabVIEW y nos da acceso vía control remoto gracias a certificado SSL para poder visualizar desde internet los diferentes paneles que posee el sistema y de esta manera monitorear el sistema como si estuviéramos localmente en el servidor central. Las siguientes figuras muestran la visualización desde Internet.



Acta de Independencia



Sentimientos de la Nación

4.5 RESULTADOS

El lapso de tiempo que duro la primera exposición de los sistemas de preservación de documentos históricos fue de 10 meses el cual fue el tiempo que el sistema de monitoreo estuvo funcionando, los datos que se obtuvieron los 4 primeros meses de dicha exposición fueron intermitentes ya que por causas ajenas, el suministro de energía del sitio de exposición fue interrumpido en varias ocasiones ocasionando que el monitoreo fuera afectado, aun contando con sistemas de respaldo de alta duración, esto no fue problema en cuanto al rendimiento de los sistemas de preservación ya que aun sin contar con suministro de energía seguían cumpliendo la función de resguardo de las obras de forma segura.

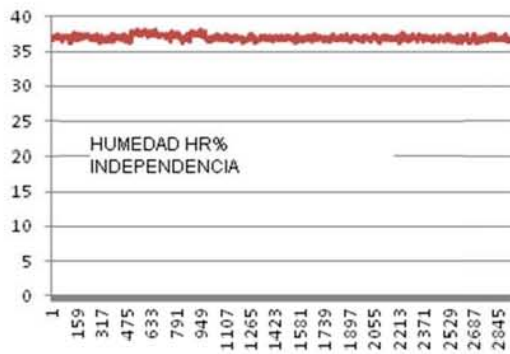
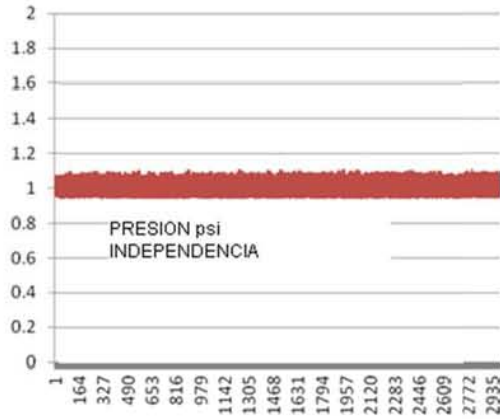
En esta etapa de exposición el sistema de monitoreo registro los datos de los primeros 4 meses (intermitentes) y los últimos 6 meses (los cuales arrojaron información más constante de las variables críticas) con lo que se puede decir que las variaciones de temperatura y humedad relativa son mínimas, con 2 grados centígrados y tres puntos porcentuales respectivamente y que la presión interna se mantuvo constante lo que quiere decir que no existió fuga desde el momento de instalación hasta el final del tiempo de exposición.

La vigilancia de las variables críticas en los primeros 4 meses se efectuó dos veces al día y en los siguientes 6 meses el sistema se vigilaba cada tercer día accediendo a una plataforma web especializada, ya que al tener suministro de energía constante el sistema trabajaba en forma autónoma y no había necesidad de vigilarlo a menos que se suscitara alguna alarma hecho que nunca sucedió.

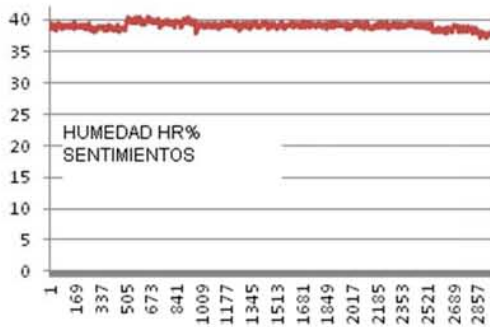
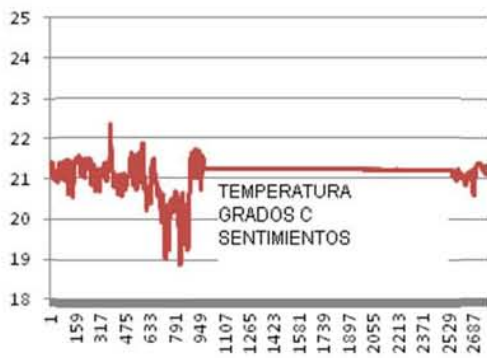
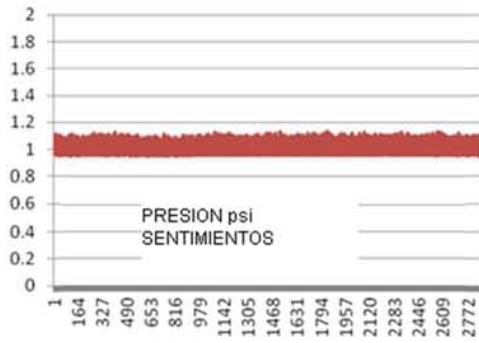


4.5.1 RESULTADOS GRAFICOS DE VARIABLES CRÍTICAS DE LOS SISTEMAS DE PRESERVACION DE DOCUMENTOS HISTORICOS

ACTA DE INDEPENDENCIA



SENTIMIENTOS DE LA NACION



5 Control de Vibraciones y Aplicación en Transporte

5.1 Vibraciones

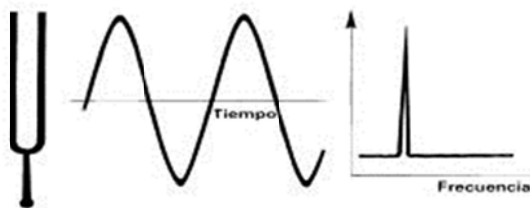
Conceptos generales

En cuanto a la definición de vibraciones mecánicas, se señala que un cuerpo vibra cuando realiza un movimiento oscilante respecto de su posición de reposo o de referencia. El número de veces por segundo, que se realiza el ciclo completo se llama "frecuencia" y se mide, al igual que el ruido, en Hertz (Hz). Por su parte, al desplazamiento del cuerpo de su posición de reposo, se le denomina amplitud. [v1]

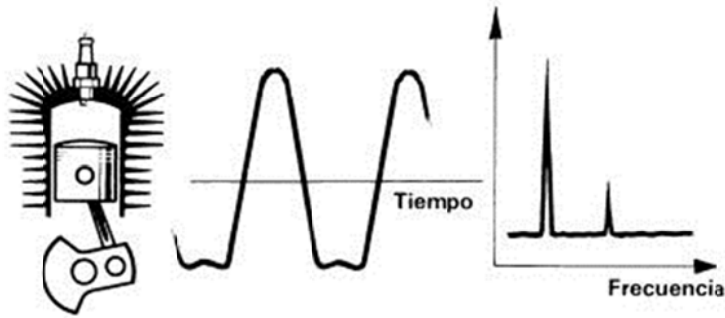
El movimiento puede estar constituido por una frecuencia, como es el caso ilustrado en la **figura**, en el cual se representa la vibración de un diapasón. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las oscilaciones están constituidas por varias frecuencias simultáneas, como el movimiento de un pistón de un motor de combustión interna, el cual se ilustra en **figura**.

Complementario a la frecuencia y amplitud, dos mediciones que son importantes en la definición de las vibraciones, corresponden la velocidad y la aceleración a la cual son sometidos los cuerpos. La velocidad se expresa en metros o milímetros por segundo (m/s o mm/s) y la aceleración generalmente en metros por segundo al cuadrado (m/s^2). Respecto de la aceleración, esta medida representa la intensidad de las oscilaciones y está asociada con la transferencia de energía mecánica hacia el cuerpo humano. Por esta razón, es uno de los parámetros más utilizados para caracterizar los efectos de las vibraciones en las personas.

Diapasón: Fuente de vibración que presenta una sola frecuencia [v1]



Pistón en motor a combustión: Fuente de vibración con distintas frecuencias



La vibración es el resultado de fuerzas dinámicas producidas por los elementos del objeto en movimiento. Adicionalmente, la magnitud de la vibración dependerá también de las propiedades del sistema (masa, rigidez y amortiguación). Por tanto, un adecuado control de vibración dependerá de las siguientes condiciones:

- Disminuir las fuerzas que excitan al sistema a vibrar (desbalanceo, desalineamiento, resonancias, etc.).
- Mejorar las propiedades del sistema (masa, rigidez o amortiguación).

5.2 CONTROL DE VIBRACIONES

Reduciendo daños en medios de transporte

Durante el transporte de productos un aspecto que se debe de cuidar es el impacto de la vibración en los distintos medios de transporte (camiones, trenes, barco y avión), ya que la carga se somete a distintas frecuencias de vibraciones.

Con el fin de dar protección adecuada a productos sensibles de la vibración es importante determinar la frecuencia natural de los componentes que puedan tener daños, y se compara con las propiedades de vibración del embalaje sometiéndolo a pruebas que simulen el transporte que se empleará. Lo anterior se realiza porque los materiales de amortiguamiento que se usan para protección tienen su propio rango de frecuencias de vibración y pueden transmitir dicha frecuencia amplificada a la carga.

El mayor peligro para el producto transportado es cuando las vibraciones ocasionadas por el transporte (medio de transporte, caminos, rieles, condiciones climáticas, suspensión, etc.) coinciden con la frecuencia natural del producto o de algún elemento crítico, causando resonancia y vibración destructiva.

Cuando se transportan productos sensibles generalmente basta con que el diseño del embalaje no amplifique la vibración para no llegar a la frecuencia natural del producto y evitar que se dañe, pero para los objetos altamente sensibles se generan embalajes que atenúan la frecuencia de resonancia.

Estos embalajes deben de proteger contra los impactos provenientes de la manipulación, caídas y golpes. Asimismo, son diseñados para evitar la deformación o aplastamiento del producto.

5.3 ANÁLISIS DE VIBRACIÓN EN TRANSPORTES REALES (CASO DE ESTUDIO, PROTECCIÓN DE ARTE PLUMARIO)

El análisis realizado para el control de las vibraciones mostrado en este trabajo se enfoco en la protección de arte plumario que data de la época prehispánica, este análisis surgió de la necesidad del gobierno federal de transportar una obra de gran valor histórico de Europa a México, cabe resaltar que este estudio también es aplicable para el transporte de distintas obras históricas (pinturas, esculturas, momias, documentos, etc.) ya que por la naturaleza y el grado de sensibilidad de las plumas antiguas el sistema propuesto para su protección es fácilmente adaptable a cualquier obra que se quiera transportar por aire, tierra o mar y la metodología para realizar las distintas mediciones es igualmente valida.

El objetivo es implementar una tecnología basada en el análisis de las vibraciones que permita obtener un perfil de la respuesta dinámica y su influencia en los componentes críticos del cuerpo a transportar, con la particularidad de la detección preventiva de daño potencial.

El control de vibraciones establece que existen tres maneras de aplicación, que son las siguientes:

1. Control de vibración en la fuente
2. Control de vibración en el receptor
3. Control de vibración durante el camino de la transmisión

Cualquiera de las tres formas de control implica costos altos que deben de considerar. Por eso el esfuerzo de este estudio se concentra en la separación en el análisis de las señales vibratorias relacionadas con la fuerza excitadora de las frecuencias de resonancias de la estructura del sistema en este caso los medios de transporte. Logrado esto se puede obtener la excitación de la estructura del vehículo de transporte lo cual nos ayuda a tener la información necesaria para controlar la vibración en el receptor, de tal manera que no se dañe en el transcurso de su viaje aplicando diferentes formas de amortiguamiento.

5.3.1 OBJETIVOS DE LAS MEDICIONES DE VIBRACIONES

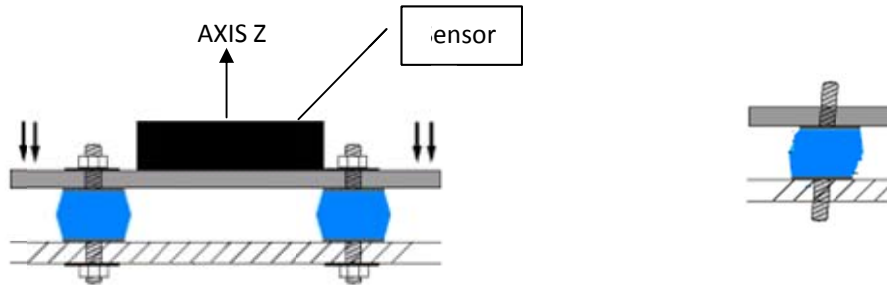
- a) Conocer y determinar los espectros de frecuencia de los distintos atenuadores de vibraciones.
- b) Conocer y determinar los espectros de frecuencia y niveles de vibraciones en el compartimiento de transporte.

5.3.2 DESARROLLO DEL TRABAJO

1. Se montó un banco de ensayos de vibraciones para analizar el comportamiento dinámico en distintos medios de transporte.
2. Se midió la vibración con un sensor de aceleración.

3. Se elaboró una configuración con los amortiguadores seleccionados, como propuesta para el sistema de amortiguamiento.

El arreglo del sistema de amortiguamiento consistió en una plataforma soportada por amortiguadores de gel de silicona.



5.3.2.1 ADQUISICIÓN DE VIBRACIONES MEDIANTE IDEF0

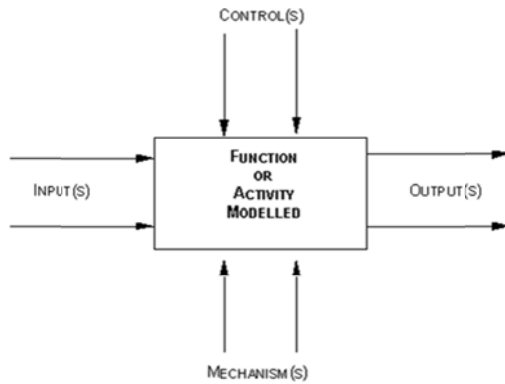
Con el fin de agilizar y analizar la adquisición de las mediciones de vibraciones mediante un sensor MEMS, se modeló mediante la metodología IDEF0 todos los procesos que se llevan a cabo para la adquisición de vibraciones en cualquier medio de transporte. La traducción de las siglas IDEF es Integration Definition for Function Modeling el cual es un método diseñado para modelar las decisiones, acciones y actividades de un sistema.

Se derivó, de un lenguaje gráfico bien establecido, la Técnica de Análisis y Diseño Técnico (SADT). La Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrollo el SADT como un método para analizar y modelar funciones y poder describir la función de un sistema. Los IDEF0 ayudan a organizar el análisis de un sistema y ayudan en la comunicación entre el analista y el usuario, para identificar qué funciones se llevan a cabo y qué se necesita para realizarlas.

En IDEF0 se emplea la representación gráfica mediante diagrama de cajas y flechas; las cajas son las funciones y las flechas indican el flujo del proceso, señalan las entradas, mecanismos, controles y salidas del sistema.

La comunicación de IDEF0 se realiza con los siguientes conceptos:

- Diagramas basados en cajas y flechas.
- Etiquetas en las cajas, flechas y textos para definir el significado preciso de los elementos de los diagramas.
- Presenta gradualmente los detalles de una manera jerárquica, teniendo a la función principal como primer nivel y con niveles sucesivos de sub-funciones relacionadas entre sí.
- Un diagrama nodal que da referencia para localizar los detalles en la estructura jerárquica.
- Limitación a un máximo de seis sub-funciones para cada función.



Las reglas del IDEF0 tienen el suficiente orden y precisión para tener un sistema coherente. Las reglas son:

- Control de los conceptos conectados en cada nivel (de tres a seis cajas en cada nivel).
 - Contexto de conexión (no omitir o incluir datos fuera de contexto).
 - Conectividad en el diagrama (números de nodo, cajas numeradas y referencias detalladas).
 - Conectividad Estructurada (códigos ICOM, I-entradas, C-controles, O-salidas, M-mecanismos).
 - Etiquetas y títulos únicos.
 - Reglas de Sintaxis para cajas y flechas.
 - Todas las funciones requieren, por lo menos, un control.
 - Claridad entre entradas y controles.
 - Etiqueta de requerimientos en las flechas.
 - Propósito y Objetivo (todos los modelos tienen un propósito y un objetivo establecido)
- [v3].

Siguiendo el método, lo primero para modelar el sistema de adquisición de datos es la identificación de los ICOMs, los cuales muestran las principales entradas, salidas, controles y mecanismos que afectan su funcionamiento.

En este caso, el sistema fue llamado “Análisis de la Adquisición de Datos generados por un sensor de Vibración en Transporte”.

I – Entradas

- Señal Física

C – Controles

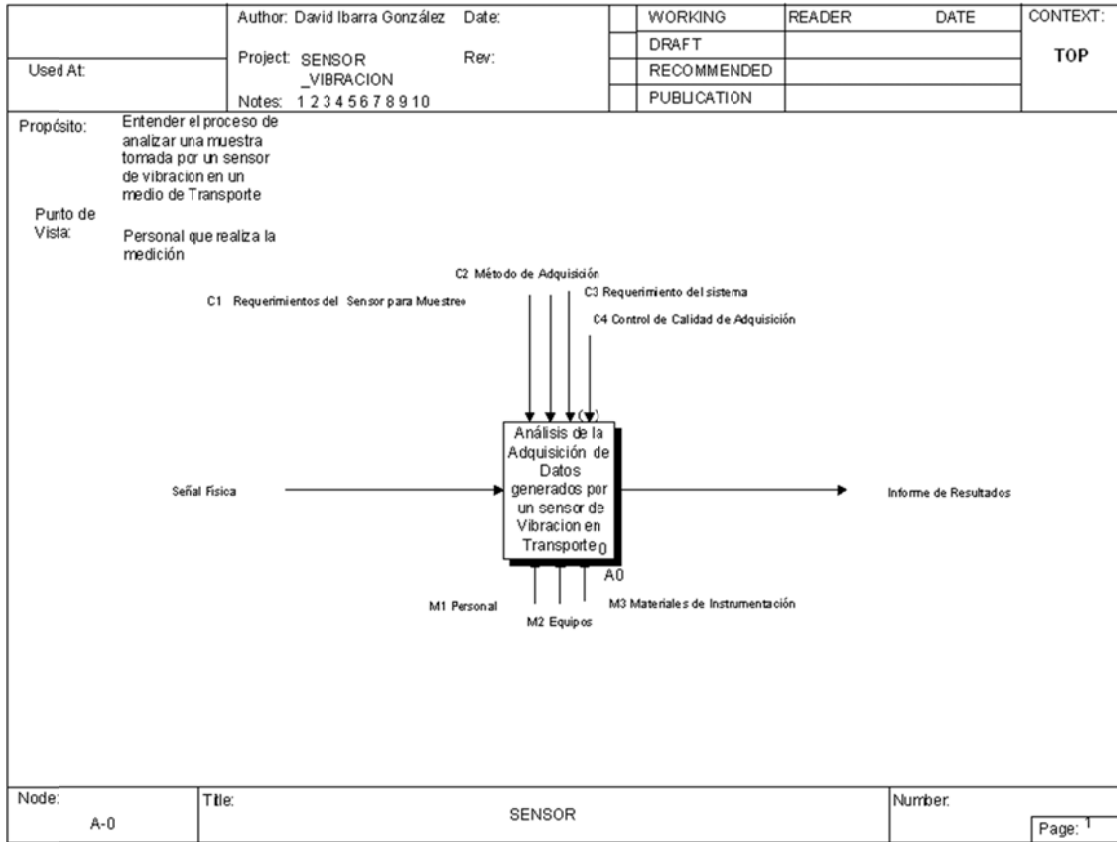
- Requerimientos del sensor para muestreo
- Método de adquisición
- Requerimientos del sistema
- Control de calidad de adquisición

O – Salidas

- Informe de Resultados

M – Mecanismos

- Personal
- Equipos
- Materiales de Instrumentación



Enumerando las actividades principales de A0 “Análisis de la Adquisición de Datos generados por un sensor de vibración en Transporte”

5.3.2.2 Actividades del Proceso A0

A1 Ejecutar Muestreo

Se lleva a cabo la explicación del muestreo en diferentes fases: Recolección de datos de sitio de muestreo, realización del muestreo y condiciones de muestreo para posterior análisis en laboratorio.

A2 Recepción de Muestra

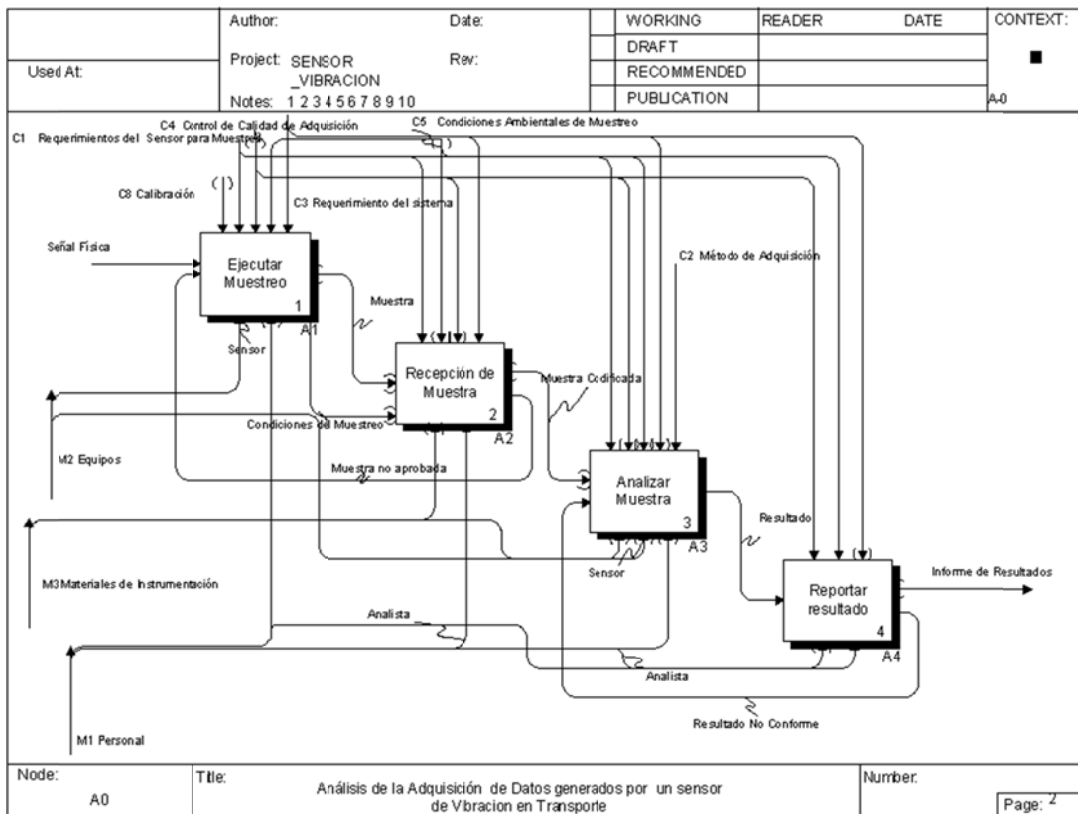
Se asegura el manejo y protección de la muestra, de tal manera que se proteja su integridad y no se afecten los datos obtenidos.

A3 Análisis de Muestra

Se realiza el estudio técnico de la muestra por parte del analista siguiendo los procedimientos adecuados para su análisis. Se aseguran los procedimientos y validez del análisis.

A4 Reportar los Resultados

Se procesan los datos y resultados del análisis obtenido por el analista, los cuales entran en un proceso de transcripción y revisión de datos hasta obtener el informe final de resultados.



El diagrama muestra las cuatro actividades principales con la entrada principal de “Señal Física” la cual provee de información para la realización del análisis de esa señal que en este caso proviene de un sensor MEMS el cual es excitado por la vibración de un medio de transporte y con la ayuda de los controles y mecanismos nos genera un “Informe de Resultados”

A continuación se mostrarán las actividades de cada caja (A1, A2, A3, y A4) con sus respectivas sub actividades y descripción.

5.3.2.3 Actividades de Proceso A1

A11 Recolectar Datos para análisis

Se revisa la señal física que se quiere adquirir y se coordina con el el analista la capacidad de muestreo, posibilidad del mismo así como datos del sitio donde se realizara. Tomando como base la teoría necesaria del sensor destinado para el experimento y la correcta calibración del mismo.

A12 Coordinar Muestreo

Una vez obtenido los datos para realizar el muestreo, se coordina con el personal (analistas) y se proporcionan los recursos necesarios tales como: equipo de adquisición de datos, datos del lugar del muestreo, para la correcta toma de muestras.

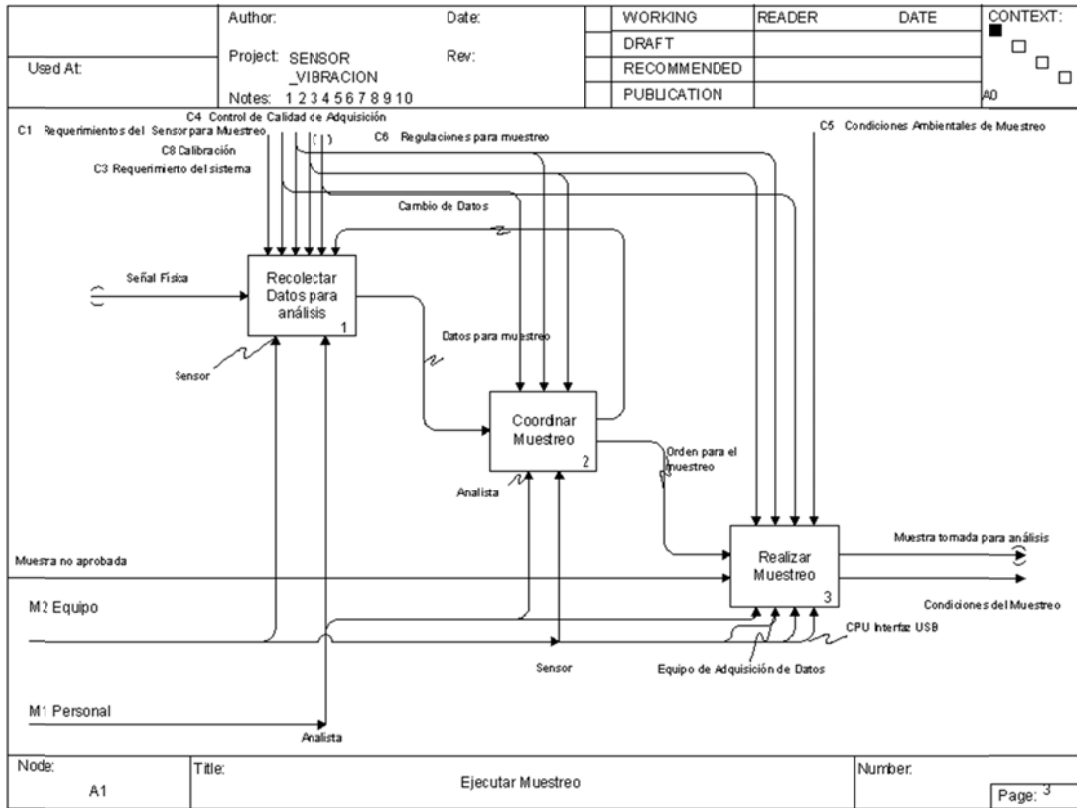
A13 Realizar muestreo

El muestreo se realiza por los Analistas respetando la tabla de requerimientos del Sensor. El el analista confirmara la correcta implementación tanto del sensor y del equipo de adquisición de señales tomando en cuenta las características y parámetros de los mismos.

REQUERIMIENTOS DEL SENSOR PARA MUESTREO:

- El sensor debe aplicarse de manera no invasiva.
- La señal de salida deberá conservar todas las características de la señal censada.
- La señal de salida del sensor deberá poder ser acondicionada a un nivel de voltaje compatible con el sistema de adquisición de datos.

Las señales son llevadas a un CAS (Circuito Acondicionador de Señal) para su acondicionamiento de manera que puedan ser digitalizadas por la tarjeta de adquisición de datos y subidas al computador para su análisis.



5.3.2.4 Actividades de Proceso A2

A21 Inspeccionar Muestra

Se recibe y verifica que la muestra cumpla con lo señalado en los criterios de aceptación y con lo especificado en el experimento. Se inspecciona que la muestra de los datos obtenidos se encuentre en condiciones de ser analizadas, detectando posibles deterioros en la adquisición de datos o fallas en la conexión del sensor.

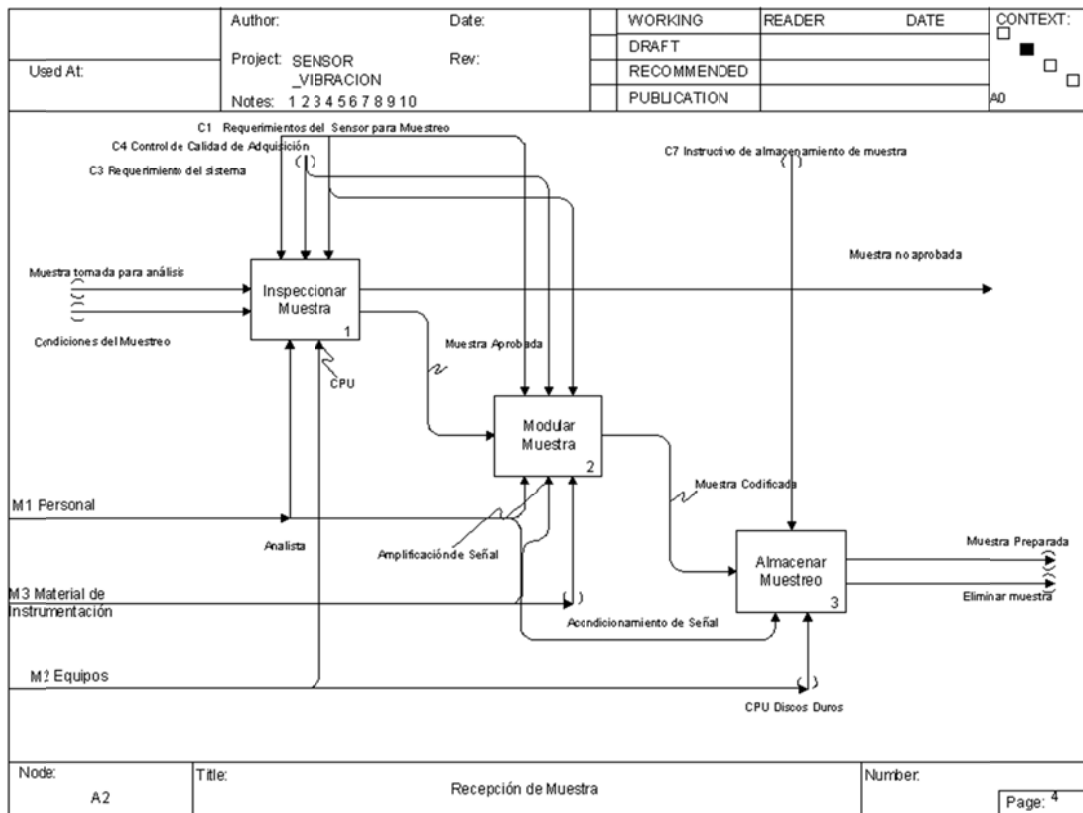
A22 Modular Muestra

Se codifica de forma única la muestra para ser identificada y analizada dentro del laboratorio mediante la amplificación y acondicionamiento de la muestra con el objetivo de llevar dicha muestra a un CPU de Registro en donde se procesa para que los analistas lo puedan interpretar.

A23 Almacenar Muestreo

Se procede al almacenamiento del registro y procesamiento en el CPU (Controlador del Sistema) siguiendo los lineamientos que el analista y el laboratorio recomienden para un mejor control de los datos.

Para almacenar las muestras, los auxiliares controlan que se encuentren en buenas condiciones. En caso contrario, cuando las muestras no estén en buenas condiciones éstas se eliminarán con el fin de optimizar espacio en disco duro.



5.3.2.5 Actividades de Proceso A3

A31 Seleccionar Método

Se selecciona el método de adquisición adecuado, asegurando que todas las instrucciones, normas, manuales y datos de referencia para el trabajo del laboratorio se mantengan vigentes y estén fácilmente disponibles para el personal de análisis; En este caso el método seleccionado fue el de Instrumentos Virtuales de Adquisición de Datos.

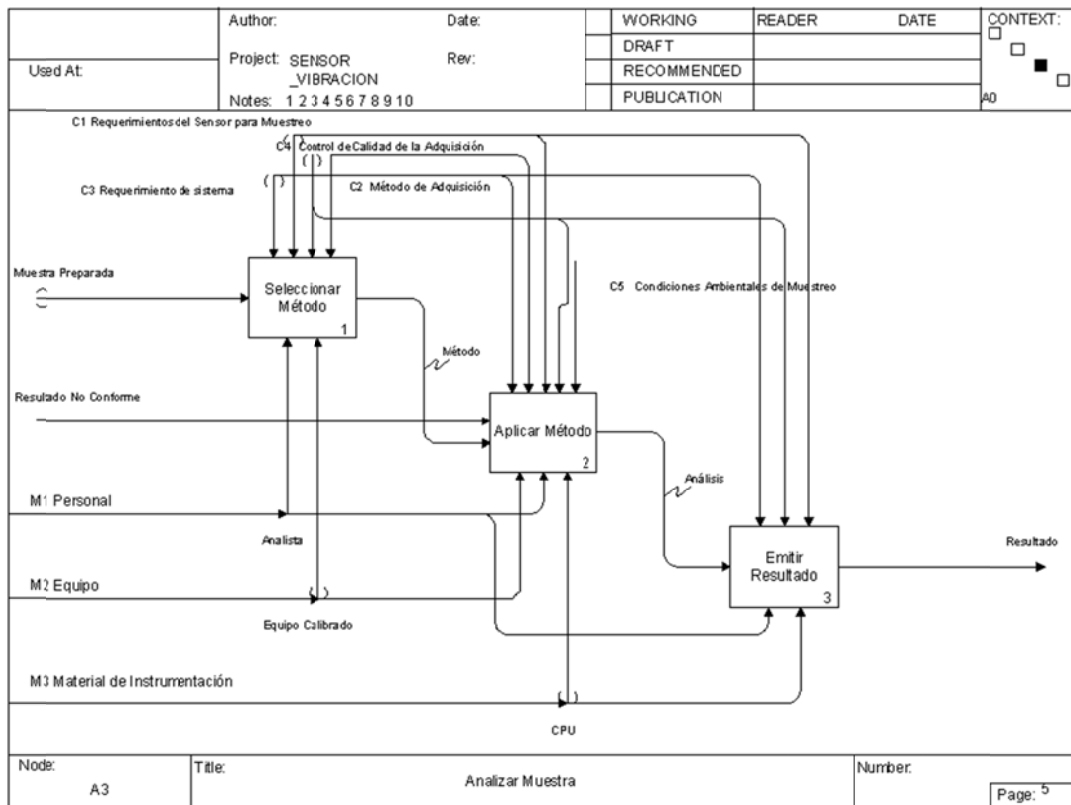
A32 Aplicar Método

Se verifica que los materiales y equipos que se describen en el método seleccionado estén listos para la ejecución del análisis, así como la muestra y condiciones ambientales requeridas para ejecutarlo; dicho método se aplica con la ayuda de un software especializado (Omega Engineering 2.03) que tiene por objeto la integración de hardware y software para la adquisición y procesamiento de datos en tiempo casi real a menor costo en comparación con equipos comerciales que miden el mismo fenómeno físico.

A grandes rasgos Omega Engineering 2.03 es un software gráfico, que permite desarrollar aplicaciones de monitoreo y registro de datos así como también de realizar cálculos complejos de señales analógicas digitalizadas por medio de funciones matemáticas integradas.

A33 Emitir Resultado

Se registran los datos resultantes del análisis, de tal manera que se puedan detectar tendencias y se aplican técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. El analista interpreta y reporta el resultado del análisis.



5.3.2.6 Actividades de Proceso A4

A41 Verificar Resultados

Se verifica por parte del analista que los resultados obtenidos tengan coherencia con el fenómeno físico estudiado. Así como los datos de: Tipo de muestra, fecha de análisis, fecha final de análisis y numero de muestras.

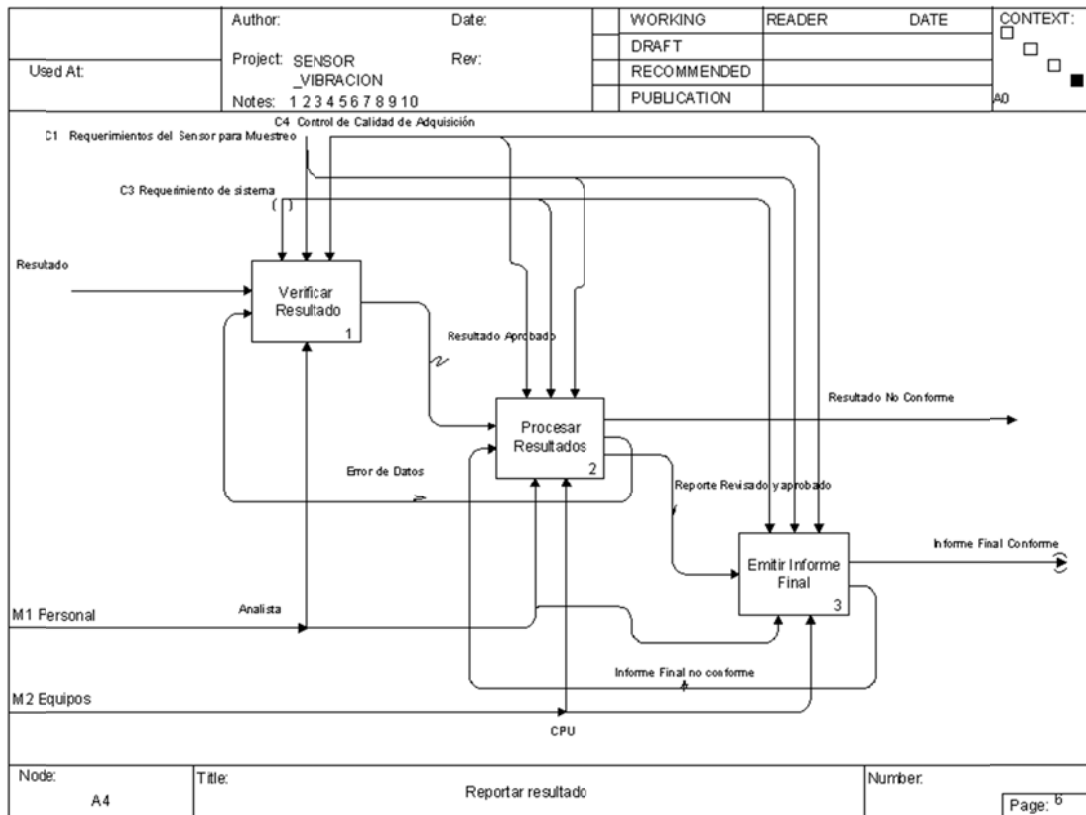
A42 Procesar Resultados

Se obtienen los resultados del Controlador del Sistema en un formato determinado de Excel y la persona que elabora el informe realiza un borrador preliminar. De no encontrarse

conforme se realizan las correcciones y se elabora un nuevo borrador, de lo contrario pasa la aprobación.
 Este preliminar contiene los resultados de los análisis, valores de referencia y la información del muestreo.

A43 Emisión del Informe Final

Se elabora el informe con las correcciones realizadas, se imprime como informe final el cual es aprobado por el analista. En caso del que el informe final aun contenga errores se declara no conforme este retornara a un proceso de datos.



5.3.2.7 Controles de los procesos.

(C1) Requerimientos del sensor para muestreo: Son las necesidades básicas del sensor para su correcto funcionamiento.

(C2) Método de Adquisición: Son los métodos y procedimientos operativos estandarizados donde consta la forma de manejo y preparación de la muestra, los equipos utilizados y desarrollo del análisis; los cuales son seleccionados según las necesidades del sistema y el tipo de muestra a analizar.

(C3) Requerimientos del sistema: Son todas las restricciones, soluciones y necesidades que controlan las etapas de los procesos.

(C4) Control de Calidad de Adquisición: Es el método diseñado para dirigir las actividades y gestión del laboratorio basado en la implementación de una secuencia óptima para la adquisición de muestras que garantiza al sistema resultados seguros y confiables.

(C5) Condiciones ambientales de Muestreo: Es la infraestructura física adecuada para el desarrollo de los trabajos. Entorno en que se realizan las mediciones, con precauciones y medidas especiales controladas según lo requiera la actividad.

(C6) Regulaciones para muestreo: Son los procedimientos y reglas establecidas para la correcta ejecución de muestreo.

(C7) Instructivo de almacenamiento de muestra: Es el documento establecido y diseñado para el correcto tratamiento y almacenamiento de las muestras siguiendo los parámetros del software Omega Engineering 2.03.

(C8) Calibración: Es la utilización de rangos preestablecidos por Omega Engineering para una óptima medición.

5.4 RESULTADOS EN MEDIO DE TRANSPORTE TERRESTRE

Se presentan los resultados obtenidos mostrando la gráfica de los impactos en gravedades (g) en el tiempo y los análisis de las frecuencias encontradas en el medio terrestre en camino empedrado y liso.



5.4.1 RUTA EMPEDRADA

5.4.1.1 GRÁFICA EN EL TIEMPO SIN AMORTIGUADORES

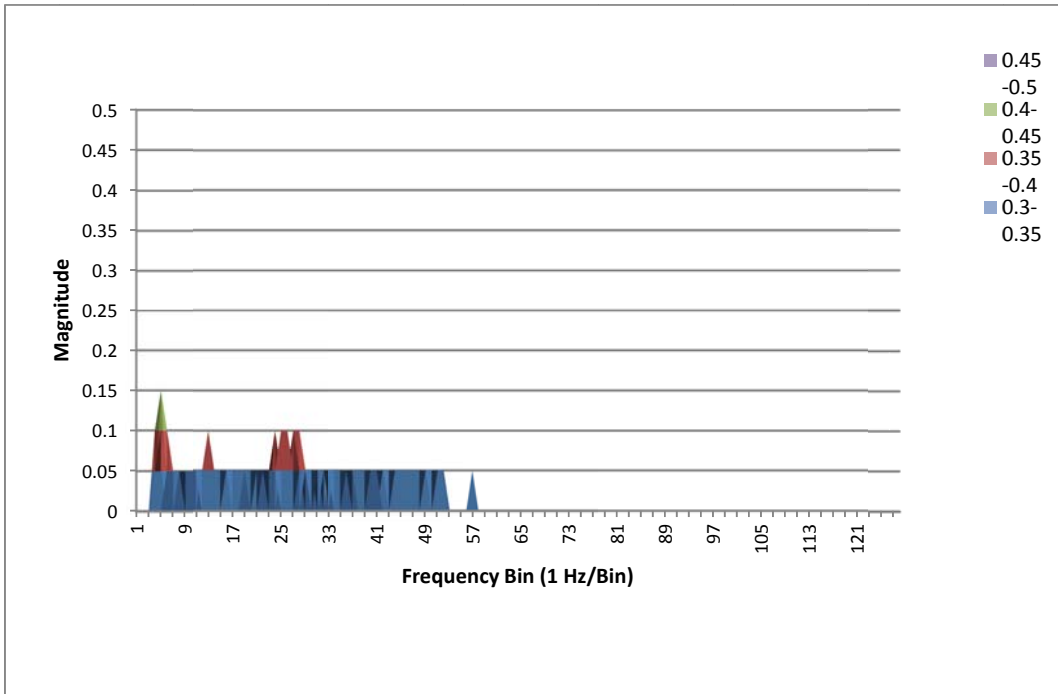


La Gráfica muestra los impactos en gravedades (g) a los que se somete una carga en el camino empedrado.

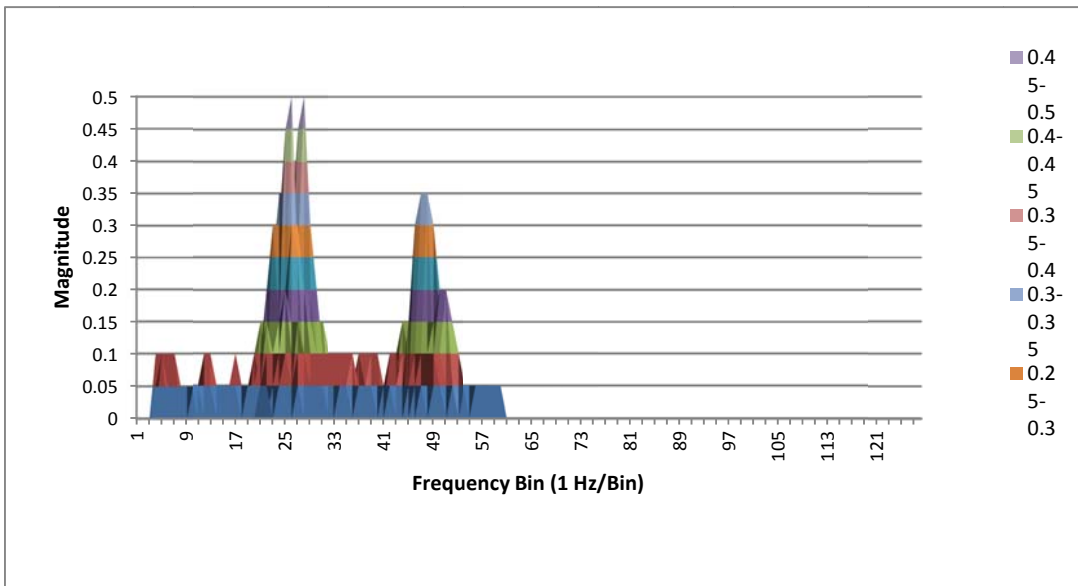
5.4.1.2 ANALISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA DE LA RUTA

En primer lugar se hizo una medición en tierra sin amortiguadores a 20 km/h. en terreno empedrado con una distancia 2.2 Km, obteniéndose el espectro que se observa en la figura. Se observa la presencia de tres resonancias:

- entre los 3 y 7 Hz
- aproximadamente 12Hz
- entre los 21 y 31 Hz



En la siguiente figura se muestra el espectro que se obtuvo para aproximadamente 20 km/h en el mismo camino y la misma distancia pero con los amortiguadores sin carga. Se observa la presencia de tres picos que toman importancia a los 25, 28 y 49 Hz.



Con los amortiguadores cargados con 4 kg a 20 km/h, mismo camino y distancia, se puede ver un pico en el espectro a 15 hz y con una marcada reducción de resonancias.

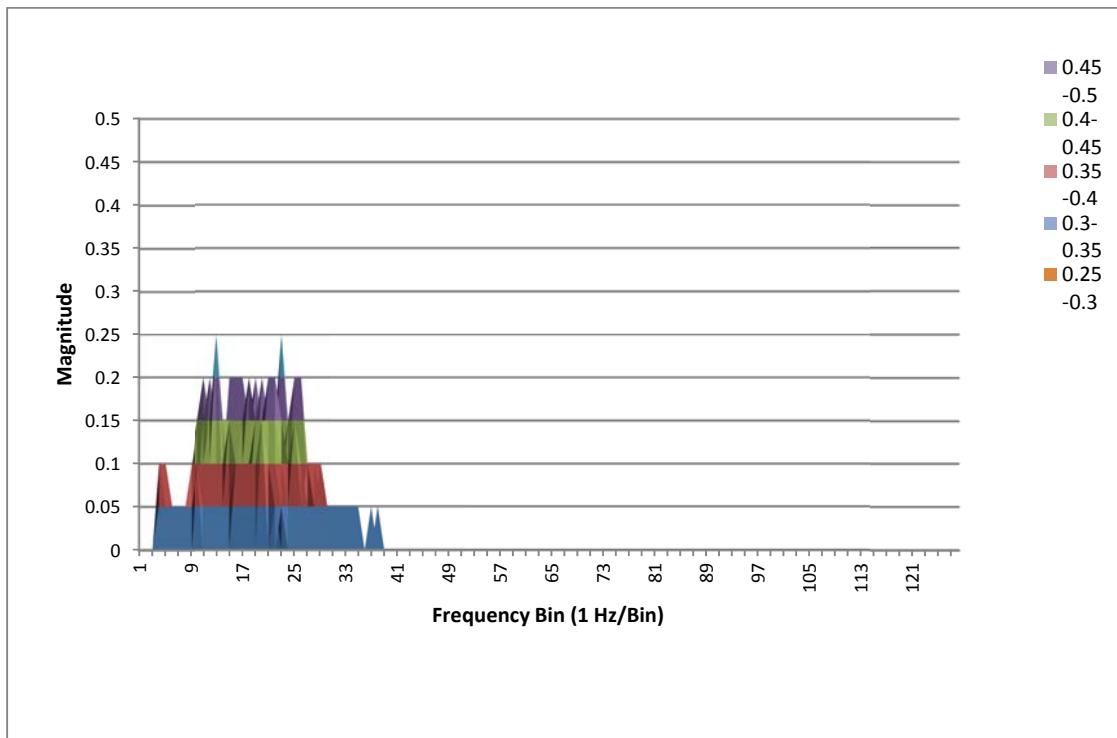
5.4.1.3 PRUEBAS CON SISTEMA DE EMBALAJE RUTA EMPEDRADA

5.4.1.4 ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA

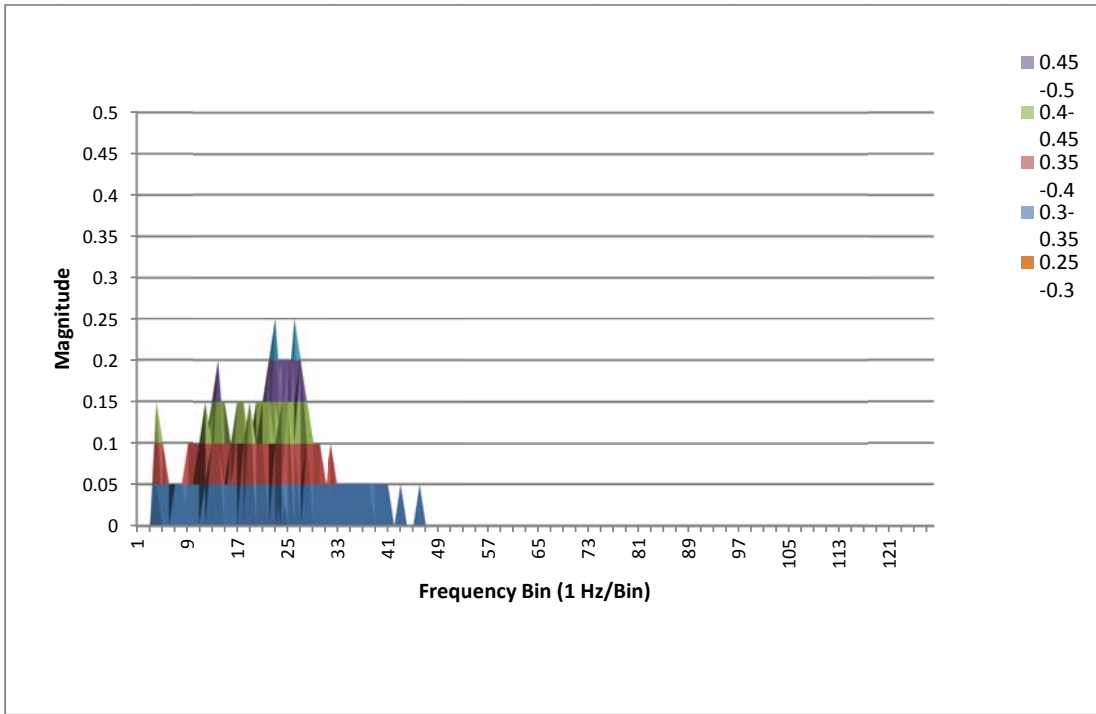
Se realizó una segunda ronda de pruebas en el mismo banco de ensayos de vibraciones, montándolo dentro de una caja de embalaje. La primera prueba fue realizada sin amortiguadores, rodeando el banco de ensayos con material de embalaje en la misma ruta empedrada y a la misma velocidad (a 20 km/h. en terreno empedrado con una distancia 2.2 Km), se presentan 2 resonancias:

La primera a 2 Hz

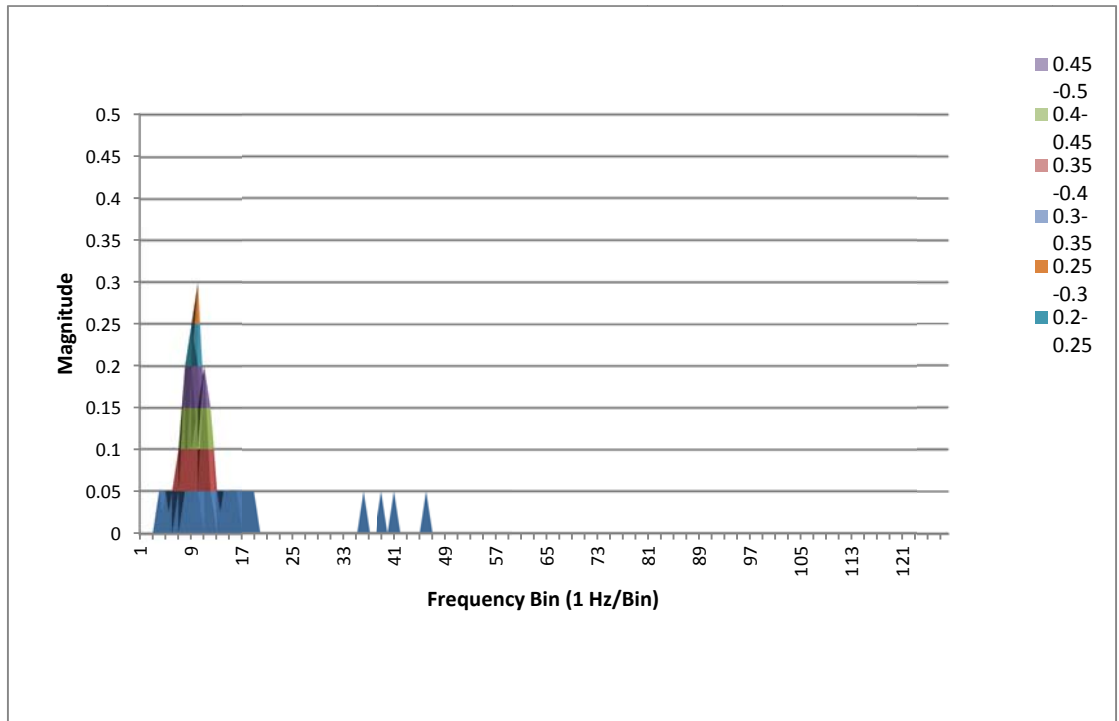
Y la segunda a 22Hz



En la siguiente figura se muestra el espectro que se obtuvo para aproximadamente 20 km/h, en el mismo camino y la misma distancia que la anterior prueba pero con los amortiguadores sin carga rodeados de embalaje. Se observa la presencia de 4 picos que toman importancia a los 3, 13, 22 y 25 Hz, pero con la diferencia de que la amplitud se redujo a la mitad.



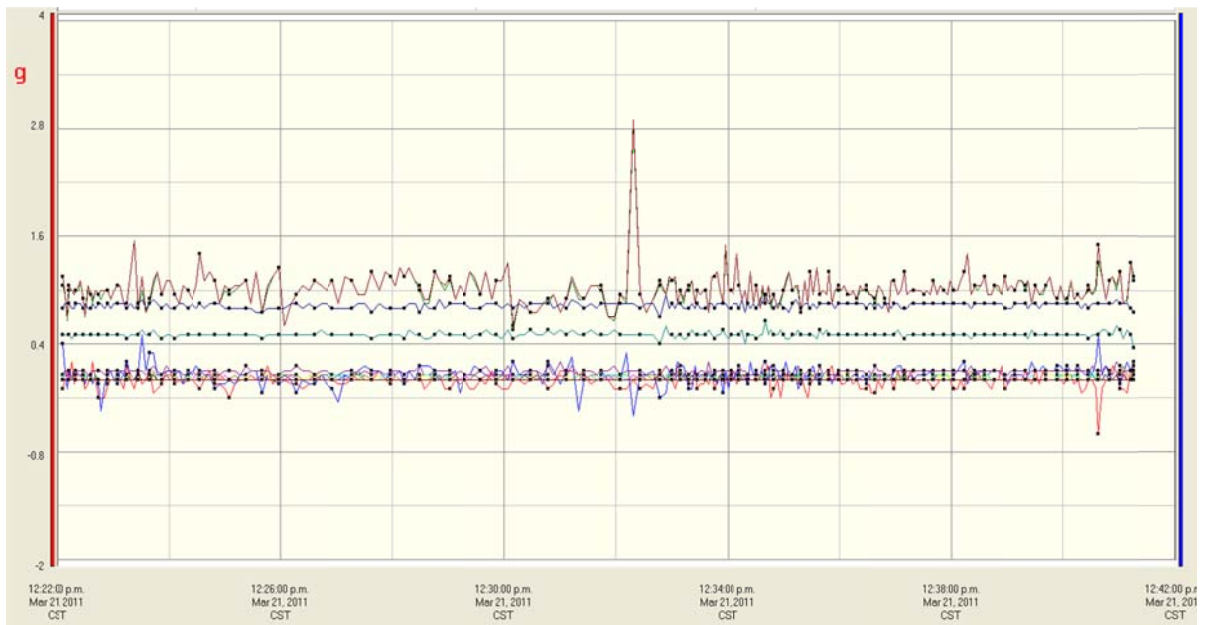
Con una carga de 9 kg en las mismas condiciones se observan valores significativos en el espectros de 9Hz con una reducción de resonancias secundarias.



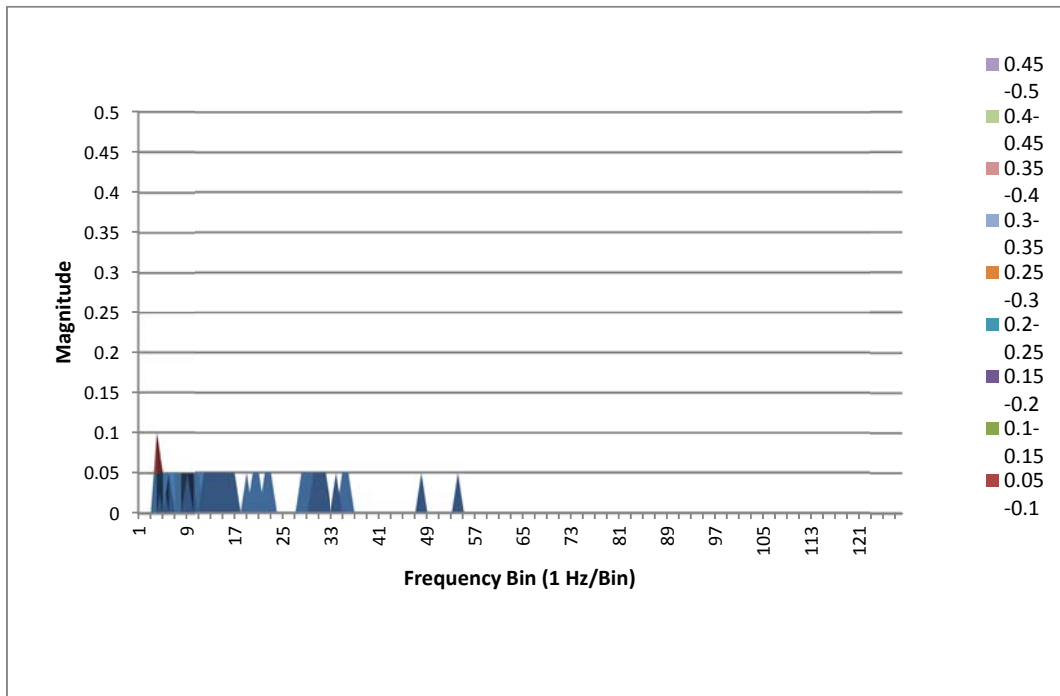
5.4.2 RUTA CON PAVIMENTADO DE BAJA RUGOSIDAD



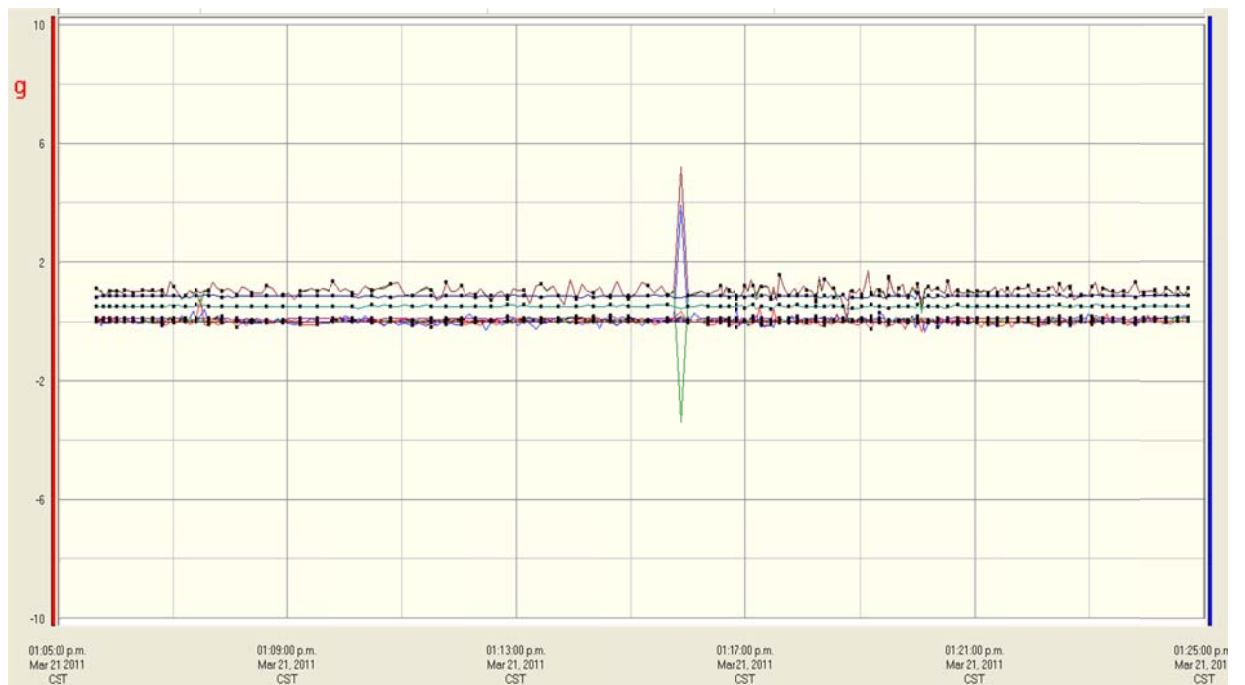
5.4.2.1 GRÁFICA DE VIBRACIÓN EN EL TIEMPO SIN AMORTIGUADORES



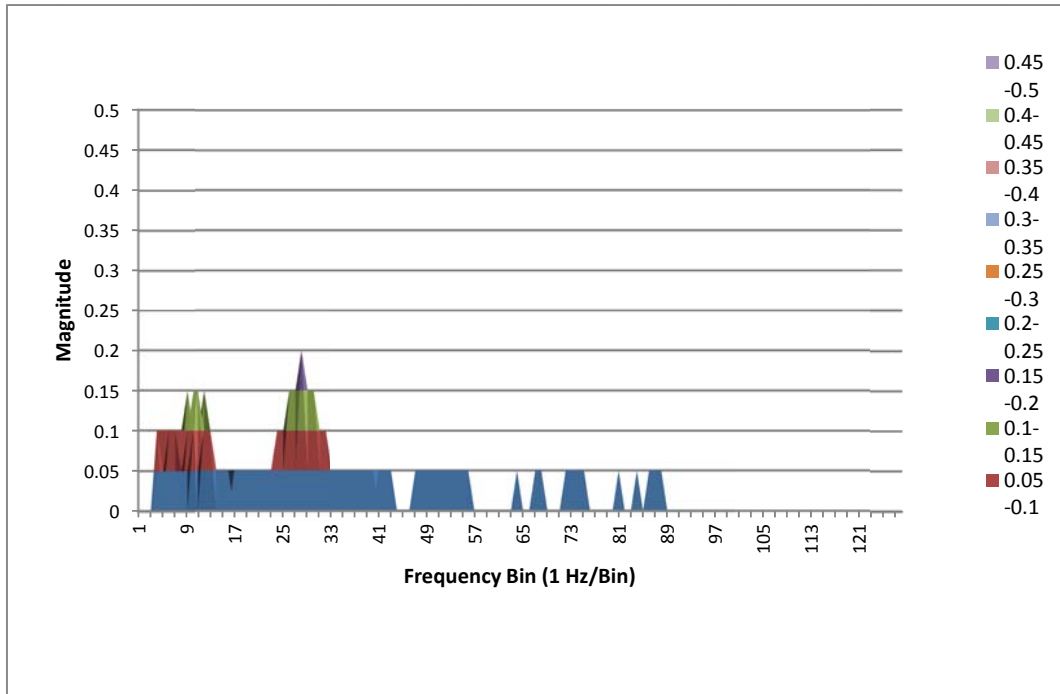
5.4.2.2 ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA SIN AMORTIGUADORES. PRESENTA UN PICO EN 2 HZ



5.4.2.3 GRÁFICA DE VIBRACIÓN CON AMORTIGUADORES EN EL TIEMPO



5.4.2.4 ANÁLISIS EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA CON AMORTIGUADORES. PRESENTA FRECUENCIA CON PICO MAX DE 25 – 28 HZ



Se realizó la medición de vibraciones en transporte real, con una propuesta de sistema de amortiguamiento. La cual tuvo como finalidad encontrar los valores máximos de impacto y frecuencia, a fin de corroborar la eficacia de dicho sistema. Para obtener tales valores se utiliza un acelerómetro MEMS (Anexo 6).

El sensor consiste en un transductor que registra la onda vibratoria y suministra una salida eléctrica que es proporcional a la aceleración aplicada. A partir de la aceleración se puede establecer la intensidad de la vibración y la frecuencia.

La medición de la vibración transmitida al cuerpo se lleva a cabo teniendo en cuenta el punto de contacto entre el elemento vibrante y el cuerpo (asiento o piso).

Las pruebas se realizaron en transporte terrestre, bajo condiciones de camino liso y empedrado, y utilizando tres tipos diferentes de protección: sin embalaje, con embalaje convencional y con los amortiguadores.

5.5 RESULTADOS EN MEDIO DE TRANSPORTE AÉREO

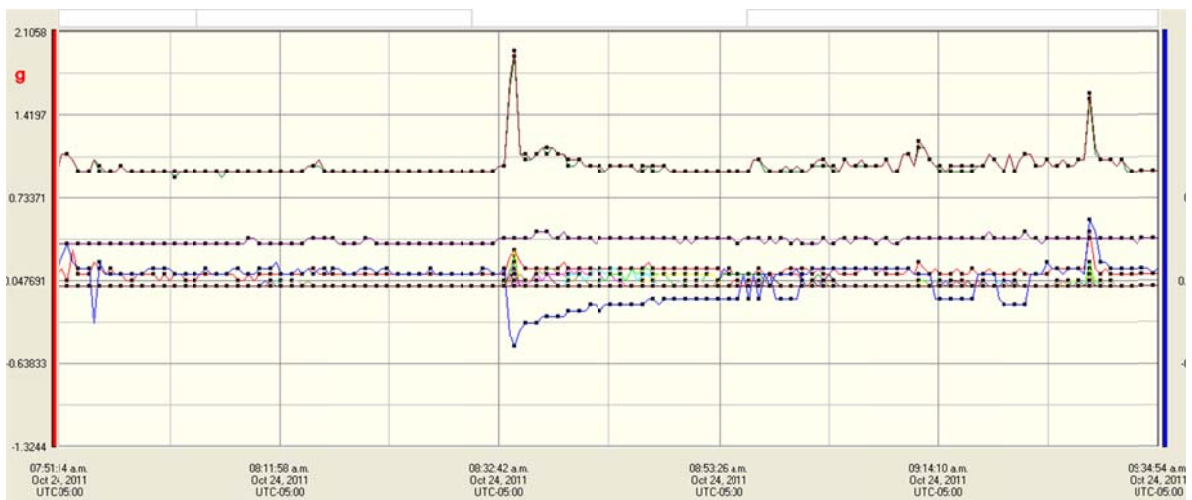


5.5.1 REGISTRO DE VIBRACIONES VUELO EN CABINA

Se presentan los resultados obtenidos mostrando la gráfica de los impactos, en gravedades (g), en el tiempo y los análisis de las frecuencias encontradas en el medio aéreo sin amortiguamiento.

5.5.1.1 GRÁFICAS DE VIBRACIÓN EN EL TIEMPO

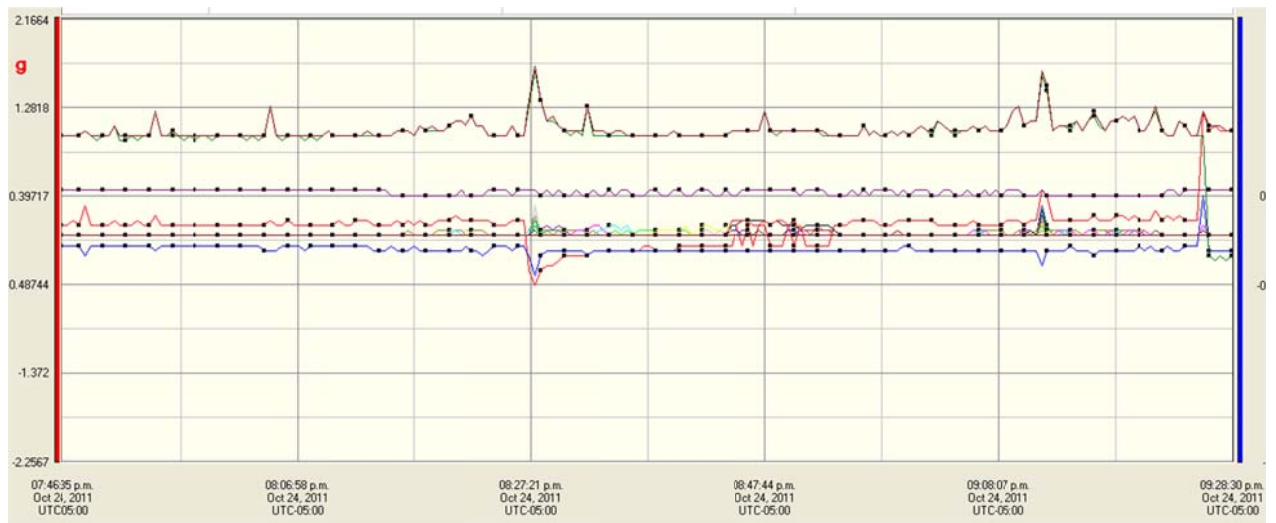
5.5.1.2 VUELO MÉXICO-GUADALAJARA



GRÁFICA EN G'S DE LOS VALORES X,Y ,Z

MÁXIMO EN X= 0.45 g	4.41 m/sec ²	MÍNIMO EN X= 0.05 g	0.49 m/sec ²
MÁXIMO EN Y= 0.55 g	5.39 m/sec ²	MÍNIMO EN Y= -0.5 g	4.9 m/sec ²
MÁXIMO EN Z= 1.9 g	18.63 m/sec ²	MÍNIMO EN Z= 0.9 g	8.82 m/sec ²

5.5.1.3 VUELO GUADALAJARA –MÉXICO

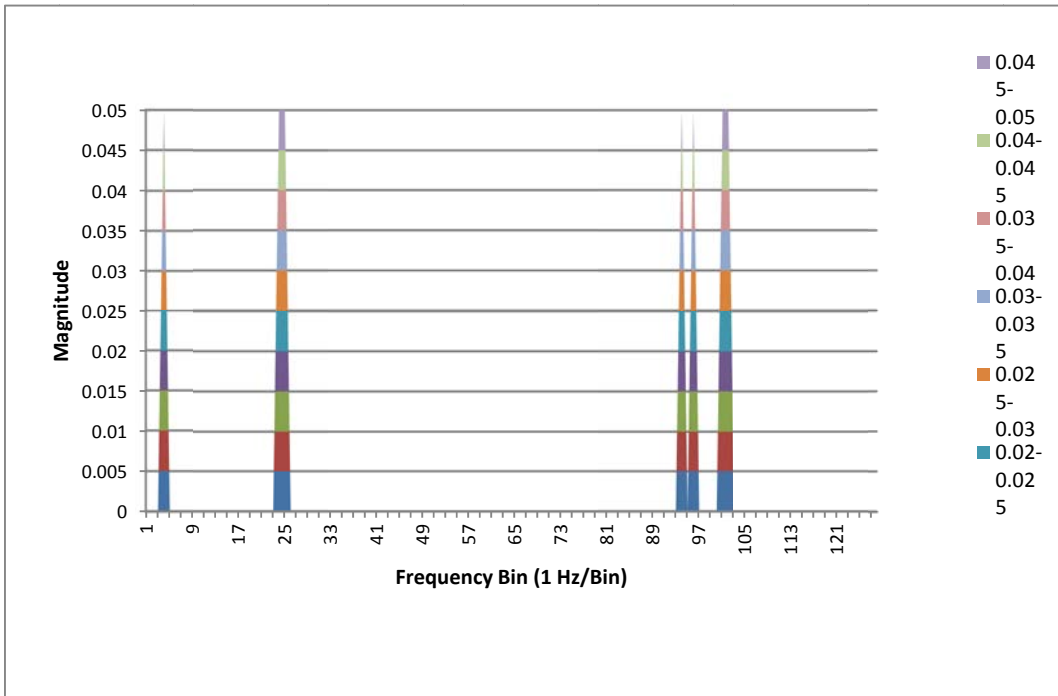


GRÁFICA EN G'S EN X Y Z

MÁXIMO EN X= 0.45g	4.41 m/sec ²	MÍNIMO EN X= -0.5 g	4.90 m/sec ²
MÁXIMO EN Y= -0.1 g	.98 m/sec ²	MÍNIMO EN Y= -0.4 g	3.92 m/sec ²
MÁXIMO EN Z= 1.65g	16.18 m/sec ²	MÍNIMO EN Z= 0.95g	9.31 m/sec ²

5.5.2 ANÁLISIS DE FRECUENCIAS ENCONTRADAS EN VUELO

GRÁFICA DE LAS FRECUENCIAS ENCONTRADAS EN EL TRANSCURSO DEL VUELO



5.5.2.1 GRÁFICA DE VIBRACIÓN EN EL TIEMPO VUELO TRASATLÁNTICO

VUELO MÉXICO-EUROPA. CABINA



Peak Acceleration - X Axis

Mínimo:	-0.15 g
Máximo:	0.45 g
Valor Promedio:	0.100925 g
Desviación Estándar:	0.07306606 g

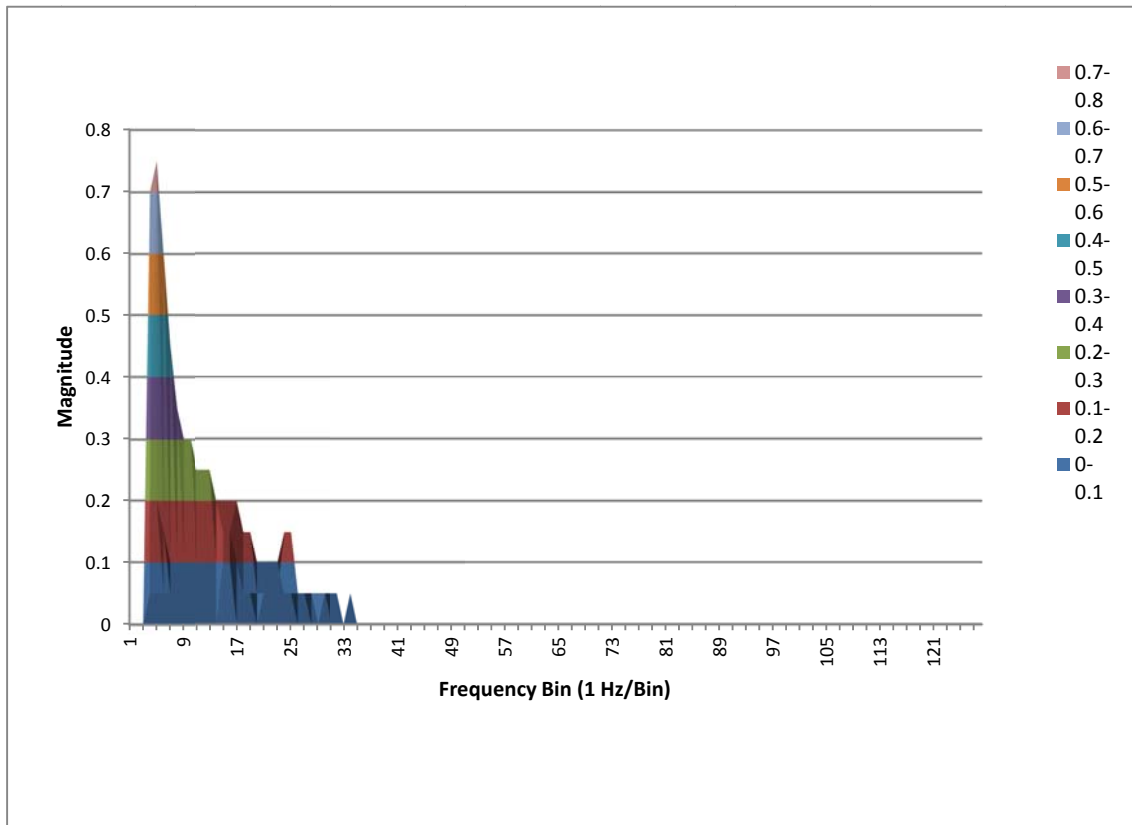
Peak Acceleration - Y Axis

Mínimo:	1 g
Máximo:	1.9 g
Valor Promedio:	1.005601 g
Desviación Estándar:	0.04053365 g

Peak Acceleration - Z Axis

Mínimo:	-0.6 g
Máximo:	-0.15 g
Valor Promedio:	-0.206629 g
Desviación Estándar:	0.07236271 g

5.5.2.2 ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DEL VUELO TRASATLÁNTICO



Se encontró que vibra a 3 Hz por ser una aeronave de mayor capacidad.

Con las mediciones del transporte terrestre y aéreo se pudo caracterizar la ruta de transporte cuyo origen es Europa y su destino es la Ciudad de México y viceversa, con el fin de tener toda la información pertinente para poder dar protección ante cualquier tipo de vibraciones dañinas que se pueden presentar en el trayecto para productos que tienen alta sensibilidad a las mismas.

Como parte del desarrollo del sistema de amortiguamiento que dará la protección necesaria ante vibraciones destructivas, se realizaron las siguientes pruebas con material altamente sensible, particularmente muestras de arte plumario que datan de la época prehispánica.

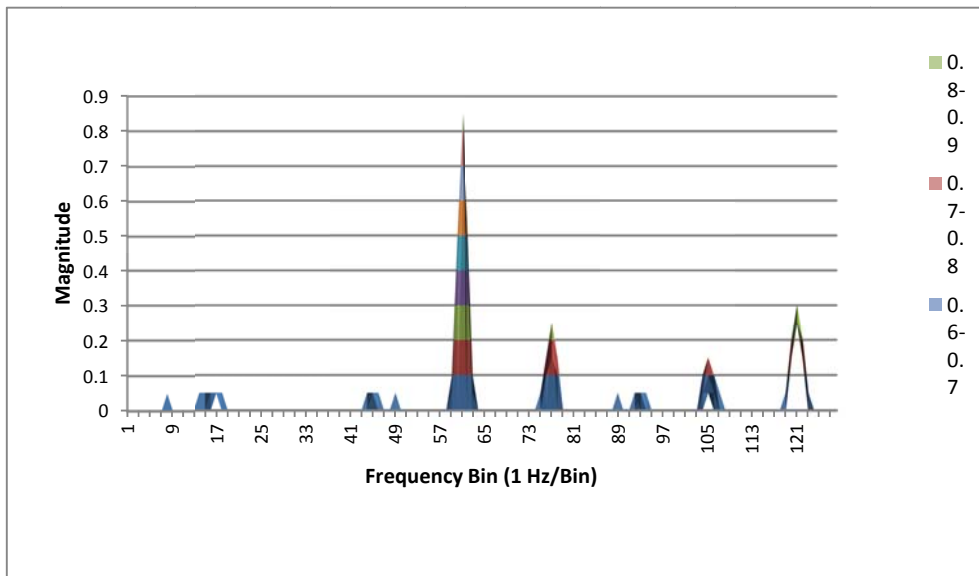
5.6 PRUEBAS DE LAS MUESTRAS DE ARTE PLUMARIO A VIBRACIONES DESTRUCTIVAS

Las pruebas consistieron en poner las muestras arriba del banco de ensayos con geles de amortiguamiento y se hace vibrar a 60 Hz lo que da como resultado un cambio drástico en la frecuencia debido al amortiguamiento instalado, dicho cambio depende del tipo de amortiguadores que se usen, en este caso se logro que la frecuencia bajara hasta 4hz reduciendo el daño al máximo de las muestras sometidas a la prueba.

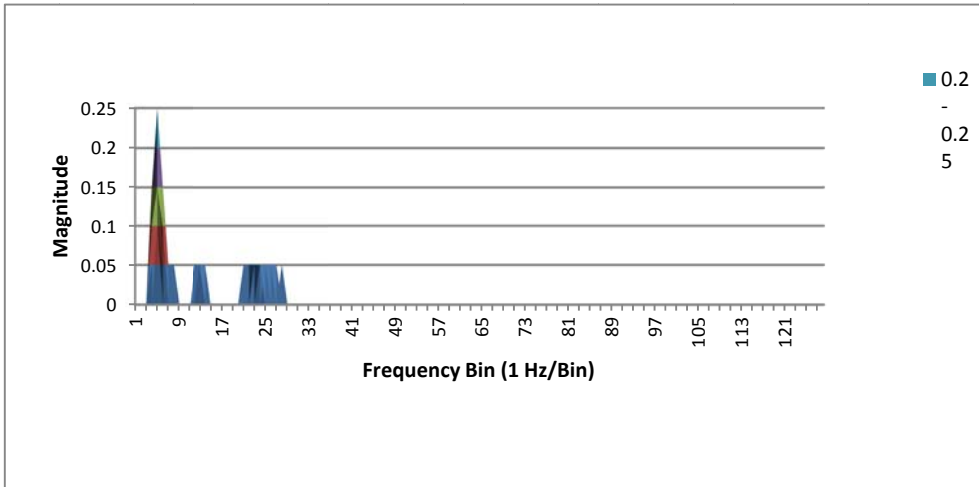
Como se puede observar en las siguientes gráficas y fotografías, antes y después de la prueba, lo que se puede concluir después de realizar estas pruebas es que los componentes del amortiguamiento que hemos estudiado nos ayudan a evitar que partes críticas del producto a transportar, en este caso plumas antiguas, entren en resonancia y con ello que se destruyan en cualquier medio de transporte que se use.

Dependiendo del material el amortiguamiento cambia, con base en la frecuencia natural de dicho material, pero gracias a los resultados que anteriormente se obtuvieron de las vibraciones en el tiempo los amortiguadores se pueden configurar de manera que no entre en resonancia con el medio de transporte.

GRÁFICA CUANDO SE HACE VIBRAR A 60 HZ



GRÁFICA CON EL AMORTIGUAMIENTO



5.6.1 MUESTRA 1 DE 500 AÑOS DE ANTIGÜEDAD

ANTES



DESPUES



5.6.2 MUESTRA 2 DE 500 AÑOS DE ANTIGÜEDAD

ANTES



DESPUES



5.6.3 MUESTRA DE 100 AÑOS DE ANTIGÜEDAD

ANTES



DESPUES



5.6.4 BARBA 500 AÑOS DE ANTIGÜEDAD

ANTES



DESPUES



6 Mejoras a futuro del sistema de monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación de documentos históricos

Las mejoras a corto plazo en el sistema de monitoreo y adquisición de datos del sistema de preservación está enfocadas, principalmente, en el mejoramiento del hardware, ya que con el avance tecnológico se puede mejorar la recolección de información que proviene del sistema de preservación.

A mediano plazo, el objetivo es hacer un estudio detallado de la cantidad de luz visible y otras ondas electromagnéticas entrantes a la obra a través de la atmósfera de gas inerte, para conocer el comportamiento óptico de dicha atmósfera y el grado de protección de la pieza resguardada.

Estas mejoras se enumeran de la siguiente manera:

- Sistemas no invasivos (sistema de visión térmico y estudio de óptica visible de la atmósfera interior basada en humedad y gas inerte).
- Sistemas invasivos (nuevos sensores y sistemas de detección de movimiento).

6.1 SISTEMA DE VISIÓN TÉRMICA

Con el fin de realizar mejoras a corto plazo se llevó a cabo un estudio de luz respecto al número de luxes (intensidad luminosa) que llegan a la obra resguardada (Anexo 7), utilizando mediciones indirectas de campo (con un luxómetro) y con el objetivo de que los procedimientos que se siguieron para saber el grado de luxes que alcanzan a la obra se utilicen para implementar un sensor no invasivo para detección térmica, que mostrará si existe algún cambio en la temperatura de la obra. A corto plazo el visor térmico será parte del sistema de adquisición de datos en tiempo casi real para mejorar la vigilancia de las obras a resguardo.

6.2 ÓPTICA DE LA ATMÓSFERA INERTE

A mediano plazo se quiere hacer un estudio sobre las características ópticas de la atmósfera que contiene a la obra en preservación, con el fin de caracterizar la incidencia de los rayos de luz visible y otras ondas que pueden ser dañinas (rayos uv, infrarrojos, etc) y prevenir la afectación que estos pueden o no tener a la obra.

Esta caracterización se realizará mediante experimentos en laboratorio, imitando las características de preservación atmosférica (40% de Humedad Relativa en un gas inerte, en este caso Argón) exponiendo a diferentes tipos de luz e intensidades distintos testigos de papel durante tiempos prolongados, igualando los lapsos de las exposiciones temporales. La

forma de medir el grado de afectación en los testigos de papel por la luz es con la realización de colorimetrías antes y después de la exposición luminosa.

La colocación de distintos sensores para medir la cantidad de radiación que incide hacia los testigos de papel inmersos en la atmósfera de protección y sometidos a distintos tipos de luz, en especial la radiación UV-A y UV-B la cual se mide con un radiómetro RB, radiación infrarroja con un fotodiodo y el nivel de luxes el cual se mide con un luxómetro de alta sensibilidad, se realizará con el objeto de determinar el grado en que la atmósfera de preservación absorbe o deja pasar luz y/o radiación y crear una nueva investigación sobre los posibles procesos fotoquímicos y ópticos que dicha atmósfera genera.

6.3 NUEVOS SENSORES

Como parte de la modernización del hardware del sistema de monitoreo se plantea, gracias a las recomendaciones de distintos conservadores, integrar dos nuevos sensores que adquieran información en tiempo casi real para ampliar la gama de variables de preservación. El primero es un sensor de radiación UV instalado en la parte interior del sistema de preservación, a la misma altura de la obra expuesta; El segundo sensor es de detección de niveles de Oxígeno durante el tiempo de exposición y resguardo este sensor tiene la finalidad de determinar si el porcentaje de Oxígeno dentro del sistema de preservación entra en niveles que puedan ser peligrosos para la buena conservación (mayores a 0.5% de Oxígeno), y en combinación con el visor térmico permitirá determinar si existe alguna fuga y/o proliferación de bacterias que afecten obra. El nuevo hardware (sensores y módulos de adquisición) sumará parámetros de vigilancia que aportarán nuevas alarmas al sistema de adquisición para prevenir daños en el mediano y largo plazo.

6.4 SISTEMA DE DETECCIÓN DE MOVIMIENTO DE MATERIALES HIGROSCÓPICOS

El conocer el comportamiento que tienen los documentos históricos dentro del sistema de preservación es de vital importancia, en especial los movimientos de contracción/dilatación que son ocasionados por la humedad ambiental y por la excesiva rigidez que puede tener la obra en los marcos de sujeción. Para prevenir posibles daños en su estructura se propone hacer un monitoreo de dicho movimiento con el fin de caracterizar, mediante extensometría, los cambios que pueden tener los materiales higroscópicos en exposición y resguardo hermético.

CONCLUSIONES

En relación con los objetivos planteados para la realización de este proyecto:

- Se cumplió con el objetivo de diseñar, construir y poner en marcha un sistema para monitorear las variables críticas de preservación de obras históricas.
- El sistema de monitoreo desarrollado cumple con la entrega de información confiable, comparable, representativa y en tiempo casi inmediato.
- Se identificaron las frecuencias de trabajo en el transporte terrestre y aéreo que pueden poner en riesgo la integridad física de obras históricas. A partir de ello, se propuso un método de evaluación del daño posible durante el traslado.
- Se propuso un sistema de amortiguamiento mediante geles de silicona para la protección durante el transporte, que reduce los riesgos con respecto a métodos convencionales de embalaje.

El trabajo realizado servirá como base para futuras investigaciones ya que, al no existir ningún sistema de preservación parecido en nuestro país tiene un gran potencial para que sea aprovechado por diversos grupos de investigadores.

REFERENCIAS

- Alarcón Daniela, Diagnostico del estado de conservación de materiales bibliográficos de la biblioteca Franciscana del convento de San Gabriel en Cholula, México, UDLA-P, 2004.
- Ogden Shelyn, El Manual de Preservación de Bibliotecas y archivos del Northeast Document Conservation Center, Santiago de Chile, Centro Nacional de Conservación y Restauración, 2000.
- Maekawa Shin, Oxygen-Free Museum Cases, United States of America, The Getty Conservation Institute, 1998.
- Vaughn Durand Keith, Hermetically Sealed Encasements for Historic Document Display and Preservation, United States of America, MIT, 2011.
- Calderón Delgado Marco, Conservación Preventiva de Documentos,
- Himmelblau David, Balances de materia y energía, México, Prentice Hall, Hispanoamericana, 1988.
- Paper: Sistema de control de Humedad y Temperatura para Invernaderos, Ing. Libardo Hernández, Ing. Wilman Pineda, Ing. Dariel Bayona, Colombia
- http://www.wikilearning.com/articulo/la_conservacion_de_documentos_en_la_biblioteca_medica_nacional_de_cuba-medio_ambiente_y_almacenamiento/8147-3
.antecedentes
- Bruce Mayer, "Transient analysis of carrier gas saturation in liquid source vapor generators", 2001 American Vacuum Society.
- Sontang D., "The history of formulation and measurements of saturation water vapour pressure", Third International Symposium of Humidity and Moisture; 1, 1998, pp 93-120.
- Jesús Dávila, Enrique Martínez, "Propagación de incertidumbre en la conversión de algunas magnitudes de humedad", Simposio de Metrología 2006
- <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208804> ni 9217
- <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208805> ni 9203
- <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/208793> ni 9215
- http://www.omega.com/ppt/pptsc.asp?ref=P-ULTRA_RTU omega
- <http://www2.udec.cl/~webergon/informes/c04-01.htm> [v1]
- <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/higiene/vibraciones.pdf>
[v2]
- Tesis de Maestría: "Estudio Exploratorio de Sistemas de Conservación de Alimentos para la etapa de Diseño conceptual de un nuevo producto", José de Jesús Martínez López, Posgrado de la Facultad de Ingeniería UNAM pp13-20 [v3]

GE
Sensing & Inspection Technologies

MG101

Panometrics Hygrometer Calibration System

The MG101 hygrometer calibration system is used to generate precise, repeatable levels of water vapor in a carrier gas stream. This primary dew/frost point generation system achieves an accuracy of $\pm 1.8^\circ\text{F}$ ($\pm 1^\circ\text{C}$) within a continuously adjustable range.

The MG101 employs the elementary principle of gas dilution. Dry gas is piped into the system, where it is divided into two streams. One stream is saturated with water vapor at a known temperature, while the other stream remains dry (see flow schematic on next page). The two streams are then mixed. The saturated stream is diluted with varying amounts of the dry gas to produce the desired gas/water vapor mixture.

The MG101 employs either single stage or two stage dilution to generate gas with a dew/frost point range of -103°F (-75°C) to 18°F (10°C) at 20°C ambient temperature. The MG101 may be used to verify a wide variety of instruments, including GE Sensing aluminum oxide moisture probes. When used with a chilled mirror reference, the system provides an economical calibration system.



Features

- Generates precise, repeatable levels of water vapor in a carrier gas
- Generation range is -103°F to 50°F (-75°C to 10°C) frost/dew point (at typical ambient temperatures)
- Accurate field calibration/verification of moisture sensors
- No power required to operate
- Requires dry nitrogen source gas

Applications

Portable field calibration system for verifying moisture and humidity sensors



MG101 Specifications

Generated Dew/Frost Point Temperature Range
-103°F to 50°F (-75°C up to 10°C) below ambient temperature (equivalent to 1.2 ppmv to 12,120 ppmv in gases at one atm at 68°F (20°C) ambient temperature)

Accuracy
±1.8°F (±1°C) dew/frost point temperature

Inlet Gas Supply
Nitrogen preferred, supply gas must be 45°F (25°C) drier than driest dew/frost point temperature to be generated

Maximum Flow Rate
19.5 SCFH (9.2 Liters/minute)

Inert Gas Supply Pressure
55 psig to 60 psig (4 bar to 5 bar)

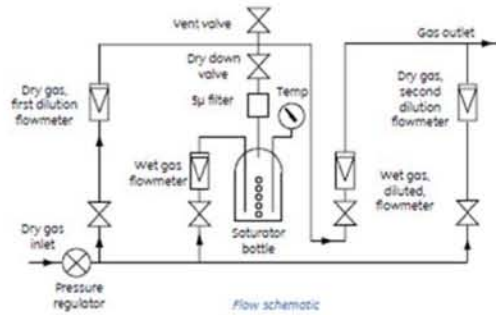
Outlet Pressure
Ambient to 10 psig (1 bar), adjustable

Power Requirements
None

Dimensions (w x h x d)
12 in x 18 in x 6 in
(304.8 mm x 457.2 mm x 152.4 mm)

Weight (Dry)
25 lb (11.3 kg)

Inlet and Outlet Connections
1/4 in Swagelok® tube fitting



MG101 with Moisture Image® Series 1 analyzer to demonstrate moisture sensor calibration




www.gesensinginspection.com

920-018C

MODEL XPDM



High-Speed Portable Dewpoint Meter

APPLICATIONS

- Industry Leader in Electrical Insulating Gases, SF₆ Measurements
- Key Supplier to Largest Natural Gas Pipeline System
- Exclusive Supplier to Leading Cryogenic and Specialty Gases Producers
- Petrochemical Industry's Choice for Portable Measurement
- Recommended by the Leading Military Research Institutes for Welding and Joining Gases Measurement
- Aerospace
- Heat treating
- Medical & Breathing Air
- LNG, LPG
- Many Others

ACCESSORIES

Carrying Case

Pressure Regulator and/or Filter

**QUICK AND PRECISE
SPOT CHECKS OF MOISTURE**
-100°C to +20°C (-148°F to +68°F)

www.xentaur.com

CE

Ex II 1 G Ex ia IIC T4 Ta = -10°C to 40°C
FM09ATEX0029X

FM
APPROVED

INTRINSICALLY SAFE FOR
CLASS I, DIV1, GROUPS A, B, C, & D
T4 at 40

PCF



OVERVIEW

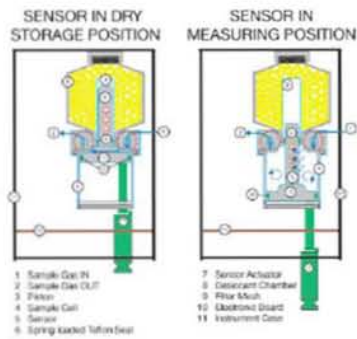
The portable Dewpoint Meter Model XPDM is a battery operated, hand-held instrument, designed for applications where quick and accurate dewpoint measurements have to be made. With the XPDM, accurate spot-checks of moisture in gases can be made faster and easier than ever, over the range of -100°C to $+20^{\circ}\text{C}$ (-148°F to $+68^{\circ}\text{F}$) dewpoint.

APPLICATIONS

Important uses of the XPDM include: petrochemical, feedstock gases, instrument air, transformer and switch gear insulating gases, gas cylinders and air separation plants, welding gases, shipboard LNG and aviation oxygen, transfer standard, custody transfer and others.

OPERATING PRINCIPLE

Aluminum oxide sensors adsorb much faster than they desorb water molecules. It is therefore an advantage, if at the beginning of the measurement the sensor is dryer than the sample to be measured. The XPDM keeps the sensor in dry storage until the measurement is taken. The sensor slides directly from the dry storage into the sample cell, without ever coming in contact with ambient air. After the measurement is completed, the sensor slides back into the dry storage, where it is dried down for the next sample.



DRY STORAGE SYSTEM

The diagram above shows the mechanical design of the XPDM dry storage sample cell system. The picture on the left shows the sensor immersed into the desiccant for dry storage. The sensor is separated from the desiccant by a very fine stainless steel mesh with a thickness of approximately 5 mm. Close proximity of the sensor to the desiccant is crucial for fast dry down. With the sensor in the dry storage position, the sample flows through the head space between the bottom of the sample cell and the sensor piston. In order to take a measurement, the gas outlet is blocked temporarily. The pressure of the sample flow pushes the piston and pulls the sensor into the sample cell, where it wets up quickly to the moisture content in the sample flow. An accurate reading can be taken within 1 to 2 minutes. Afterwards, the sensor is pushed back into the dry storage position by means of the sensor actuator which protrudes through the front of the instrument.

SAMPLE CELL DESIGN

All surfaces in contact with the sample are made from 316 stainless steel and are electropolished to assure rapid equilibrium with the sample. Sensor and piston slide through spring-loaded PTFE seals protecting the sample cell as well as the desiccant cartridge from intrusion of wet air or gas.

The sample cell can measure gas flows of up to 20 liters per minute. The flow rate has no effect on the measurement. The pressure in the sample cell is near atmospheric and should not exceed 2 bar (29 psi).

The instrument computer gives a read out at sensor pressure as well as at any line pressure the user enters for the particular sample. No correction is needed for different gases.

SAMPLE CONNECTIONS

Sample connections can be made by means of a variety of different fittings, depending on the application. The primary port fittings are 1/4" VCO. The following table shows the recommended fittings for different dewpoint ranges and instrument uses:

Type of Adapter	Range	Remarks
VCO to berbed hose	Used above -65°C (-85°F)	Make sure sample flow rate is sufficient. Use PTFE hoses only.
VCO to VCO	All ranges	Where flexible connection is required, use flexible stainless steel hoses.
VCO to Swagelok	All ranges	Where rigid connections are acceptable.

FIELD EXCHANGEABLE DESICCANT CARTRIDGE

The desiccant cartridge and its connection to the sample cell have been designed for maximum gas tightness. The sensor movement between desiccant chamber and sample cell occurs with a minimum amount of gas transfer. Thus, the desiccant life is prolonged. The desiccant can be replaced in the field in a matter of minutes, by simply exchanging the cartridge.



SPAN CHECK WITHOUT REFERENCE STANDARDS

Xentaur HTF™ high capacitance sensors have a very low residual capacitance when dry, and saturate at a predesigned level of humidity above $+20^{\circ}\text{C}$ ($+68^{\circ}\text{F}$). This allows a span check of the sensor by cupping the sensor in the palm of one's hand for one minute, and adjusting the instrument to its upper range limit.

The advantages of this span check system are obvious: Xentaur sensors can be field calibrated anywhere, anytime without using expensive and cumbersome calibration standards. Sensors do not have to be returned to the factory for recalibration, which also eliminates the need for a second stand-by sensor.

USER INTERFACE

The instrument is operated through a simple user interface consisting of a digital LCD display, and four push buttons.

The user can select from the following engineering units:

- dewpoint in °C or °F
- ppmv
- lbs H₂O/ million scf. (Natural Gas)
- grams of H₂O/m³ (Natural Gas)

Results are displayed at sensor pressure (atmospheric) or by pushing the Pressure Correct key at a user selectable alternative pressure, such as the line pressure.

POWER SUPPLY AND SIGNAL OUTPUTS OPTION

The instrument is powered by a 9V battery which lasts for 100 hours of continuous operation. An automatic shut-off feature makes sure that the battery is not kept in use unnecessarily.

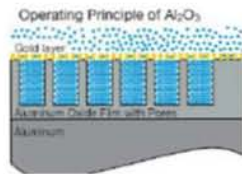
Optionally, the instrument can be equipped with an external power supply jack and signal output board. The instrument can then operate from 15 - 20 V AC or DC, or from a car battery adapter. All signal outputs are isolated from the sensor. The analog output can be current or voltage. The RS-232 output can be easily connected to a PC or a modem.



Faceplate Actual Size

XENTAUR HYPER-THIN-FILM (HTF™) Al₂O₃ MOISTURE SENSOR TECHNOLOGY

The HTF™ aluminum oxide sensor installed in the model XPDM is the product of years of intensive research at the laboratories of Xentaur Corporation. It offers significant performance advantages over all other aluminum oxide moisture sensors.



The operating principle is similar to that of other aluminum oxide sensors: a hygroscopic layer of aluminum oxide adsorbs or releases water molecules within

its pores, depending on the water vapor pressure in its environment. Thus, the electrical capacitance of the aluminum oxide layer changes with the surrounding water vapor pressure. The electrical capacitance is measured between the aluminum core of the sensor and a porous conductive gold layer on the outside.

The advantage of the Xentaur sensor is a proprietary manufacturing method in which the aluminum oxide layer is made to be hyper-thin as well as extremely hygroscopic. This results in a very sensitive sensor with fast response.

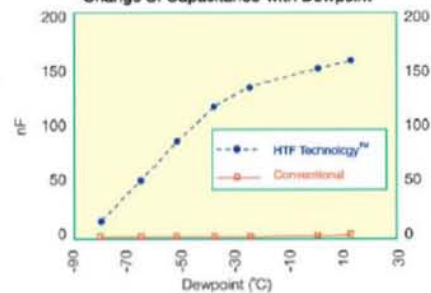


HIGH CAPACITANCE RESPONSE

Due to the HTF™ Hyper-Thin-Film and a special pore geometry, Xentaur sensors have a capacitance change over their full range, several orders of magnitude larger than that of conventional aluminum oxide sensors. Additionally, this change is quasi-linear and its sensitivity to temperature is negligible.

The advantages of a linear high capacitance response are: better sensitivity, better repeatability and faster response times. Also, the measurement system is less prone to noise and drift, and signal conditioning is kept to a minimum.

Hyper-Thin-Film vs. Conventional Al₂O₃ Sensor
Change of Capacitance with Dewpoint



TECHNICAL SPECIFICATIONS

DEWPOINT SENSOR ELEMENT

Type: Hyper-Thin-Film high capacitance Al_2O_3
Dewpoint range: -100°C to +20°C (-148°F to +68°F)
Accuracy: $\pm 3^\circ C$ ($\pm 5.5^\circ F$)
Repeatability: $\pm 0.5^\circ C$ ($\pm 0.9^\circ F$)
Response time*: For a step change from -40°C to -60°C: 63% in 90 seconds; 90% in 450 seconds

TEMPERATURE RANGE

Sensor: -30°C to +50°C (-22°F to 120°F)
Electronics: -10°C to +50°C (14°F to 120°F)
Storage temperature: -20°C to +60°C (-4°F to +140°F)
Sample flow range: Static to 100 m/s (linear velocity @ 1atm)
Calibration method: This field calibration procedure is fully automated and the user is prompted through a simple one minute procedure, which requires no additional equipment. NIST traceable factory calibration optionally available.

TEMPERATURE AND PRESSURE MEASUREMENTS

The sample temperature is measured with a precision integrated circuit temperature sensor.
Units may be optionally fitted with a pressure sensor.

MECHANICAL

Enclosure: Anodized Aluminum, Dimensions: 6.4 cm x 10.8 cm x 19.1 cm. Regulator and Filter mounting facilities.
Sampling chamber: Electropolished 316 stainless steel
Moving parts seals: Spring energized PTFE seals
Pressure operating range: Standard: 2 bar (29 psig)
..... Absolute max.: 6.8 bar (100 psig)
Gas sample connections: 1/4" VCO input and output ports
Electrical connections: Optional 2mm DC power jack, 9 pin "D" for analog & RS-232.
Power requirements: 9v battery and optional 15-25V AC or DC wall transformer.

* These response times are not directly comparable to competitors data, because of differences in measurement methodology and data presentation. Please inquire for detailed comparisons between Xentaur and other major sensor manufacturers.

FEATURES

Sensor storage: When not in use the sensor is retracted in a molecular sieve container and kept at an approximate dewpoint of -80°C. The sample gas pressure activates a piston which automatically moves the sensor into the sampling chamber, thus even low dewpoints can be measured extremely quickly.
Area classification: Approved for use in hazardous (classified) areas Class I, Div. 1, Groups A, B, C & D. Available as an option.
Input resolution: 0.1°C dew point.
Indicators: LCD with backlight, 3.5 digits and custom legends for units and mode, audio alert.
Engineering units: °C, °F, PPM, lbs H_2O /mm scf, g H_2O /m³
Controls: 5 push buttons, all settings stored in EEPROM. Manual Sensor Actuator.
Outputs: Optional 4/20mA or 0/24mA and RS-232.
Isolation: Sensor and case are isolated from the power supply, analog output and RS-232.
Battery saver: Auto power off after 6 minutes.
Pressure correct: Programmable pressure correction button.

For more detailed technical comparisons
with other technologies visit:
<http://www.xentaur.com>

XENTAUR CORPORATION

84F Horseblock Road
Yaphank, NY 11980
Phone: (631) 345-3434
Fax: (631) 345-5349

email: xentaur@xentaur.com
www.xentaur.com

REPRESENTED BY:

Mission Critical
Process Moisture Analyzer
MODEL ESS-SCVP



Taking advantage of the uniquely strong and quasi-linear response characteristics of its HTF™ aluminum oxide moisture sensors, Xentaur has developed a cost effective solution for demanding and mission critical moisture monitoring applications.

The system has an integrated, fully automatic self-calibration procedure, in which the sensor is periodically exposed to a NIST certified calibration gas and recalibrated. Thus, there can be high NIST traceable confidence in the measurement and sensors do not need to be returned to the factory for calibration.

This system has proven to produce consistently accurate monitoring results in natural gas and hydrocarbon processing applications, where conventional analyzers have failed.

Advantages:

- High confidence in measurement
- Automatic Field-Calibration/Validation
- NIST Traceability
- Long Sensor Life
- Low Maintenance
- Low Installation Cost
- Never Return Sensors To the Factory

Applications:

- Natural Gas
- Hydrocarbon Processing
- Catalyst Protection
- Heat Treating
- Industrial Gases
- Dryer Control

www.cosa-instrument.com

Mission-Critical Moisture Applications

In many applications, where control of moisture concentration has mission-critical character, industry has struggled with finding a stable, reliable and cost-effective measurement solution. Conventional sensors drift, vary with temperature or fall asleep even when measuring clean, inert gases, but when measuring in the presence of contaminants or corrosive constituents, most measurements have failed completely or sensor life is prohibitively short.

Consequently, moisture measurements are used in most cases to provide a general indication only, but not for actual process control and if used for alarming, large safety margins are applied. Thus, large potential savings that could result from true process optimization based on a reliable moisture measurement, had to be foregone.

HTF™ moisture sensors have proven already to provide stable and reliable measurements in many applications where other technologies have failed. Now, with the Moisture Analyzer Model ESS-SCVP, Xentaur is offering a tool for true process control with integrated field calibration and validation capabilities.

Sensor Calibration Using a Traceable Standard

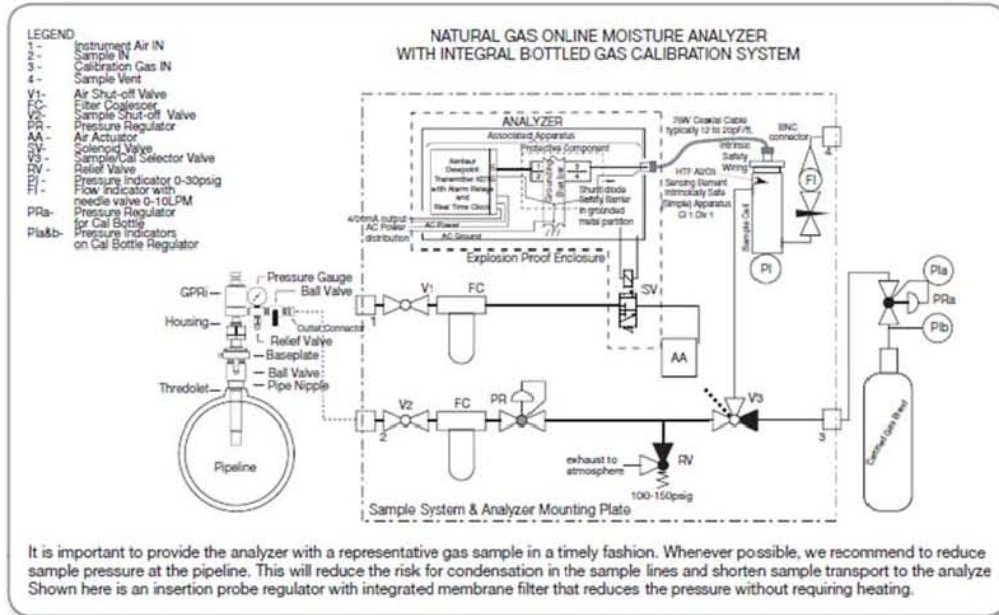
Borrowing from a calibration procedure that is standard to many other process measurement technolo-

gies, Xentaur has developed a self-calibrating moisture system that periodically exposes the sensor to a NIST certified calibrating gas and automatically adjusts for observed deviations.

To perform the calibration procedure, a valve is included in the sample system, such that under the instrument's control, the sensor can be switched from the process gas to a NIST traceable Nitrogen/Water blend bottle. The known water content of the bottle is pre-entered into the instrument's memory together with a time schedule of verification/recalibration.

The unattended instrument follows the schedule and performs the pre-programmed task of recalibrating. Thus the measurement near the water content of the bottle is essential with NIST traceable accuracy even if the contaminants in the process gas have caused the sensing element to drift. As the measurements get further and further from the calibration point, the accuracy diminishes slightly but, because of Xentaur's high capacitance, the measurement can be easily kept within the specified tolerance of the instrument.

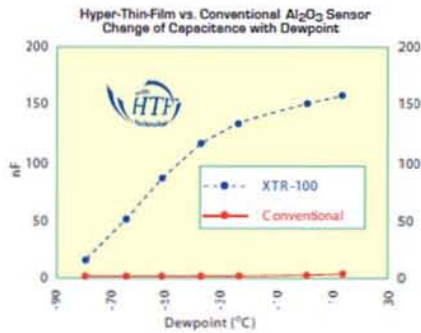
This method is particularly attractive for uses where there is an accepted alarm point. E.g. for Natural Gas - seven (7) pound of water per million standard cubic feet (lbsH₂O/mmscf) - the calibration bottle can be ordered to contain 143 parts per million by volume (ppmV) of water which corresponds to 7 lbsH₂O/



mmscf. When an alarm is generated, one can have an extremely high confidence in the measurement near that point, and suspicions can quickly be settled with a verification/recalibration against the traceable bottled standard.

HTF™ Technology

The success of this approach in moisture measurement is centered on the high sensitivity HTF™ sensor, which has set new standards for moisture measurement. HTF™ sensors provide a very large and quasi-linear response to changes in moisture, which is an absolute requirement for adjusted moisture computations based on a single point calibration.



Additionally, HTF™ sensors can tolerate many contaminants commonly found in hydrocarbon processing and natural gas applications, such as H₂S, HCl, glycol, mercaptans, mercury, etc., and which cause other sensors to deteriorate quickly and fail. HTF™ sensors will provide many years of useful life, even in the presence of such contaminants.

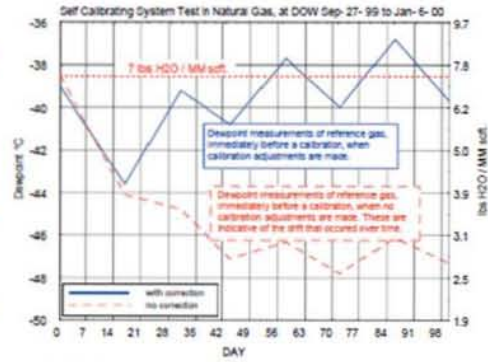
Certified Calibration Gas



The calibration gas is supplied in specifically lined high pressure aluminum cylinders, which will discharge a constant water concentration from 1800 psi to 200 psi for nitrogen/water blends from 1 to 150 ppmv. Blending accuracy is ±10% and analytical accuracy is ±2%. The concentration is guaranteed for two years. One 152 cylinder will typically provide over 30 calibrations and last for over one year, based on two-week calibration intervals.

Field Proven in Challenging Applications

Model ESS-SCVP is field proven to work in



challenging applications. The graph above shows 90 days of dewpoint monitoring data with calibration adjustment in an applications where glycol carry-overs have prevented conventional systems from performing. After a settling period of two weeks, the system has reliably provided accurate results.

ESS-SCVP Div1

System with air actuated valve in stainless steel enclosure with window. Certified for Class1 Div1 Grps ABCD, T4 hazardous areas.



ESS-SCVP Div2

System with electrically actuated calibration valve in stainless steel enclosure, certified for Class1 Div2, Grps ABCD, T4 hazardous areas.



ESS-MCVP Div2

System with manually actuated calibration valve for 19" rack mounting, certified for Class1 Div2 Grps ABCD, T4 hazardous areas.



SPECIFICATIONS:

Sensor type High capacitance H1F™ Al₂O₃

Measurement Range:
with X1H-100 -100°C(dp) to +20°C(dp) / 0.014 ppmv to 23700 ppmv / 0.0009 lbs to 1105 lbs.
with XTR-65 -65°C(dp) to +20°C(dp) / 5.400 ppmv to 23700 ppmv / 0.2747 lbs to 1105 lbs

Capacitance 15nf to 200nf

Accuracy ±0.5°C(dp) at -100°C(t); ±1°C(dp) at -20°C(dp) / ±10% of reading in ppmv, lbs H₂O

Repeatability ±0.3°C(dp) at -100°C(t); ±0.6°C(dp) at -20°C(dp) / ±5% of reading in ppmv, lbs H₂O

Response Time For a step change from -40°C(dp) to -60°C(dp) / from 120 ppmv to 10 ppmv / from 4.6 lbs to 0.4 lbs:
63% in 90 seconds, 90% in 450 seconds

Input Resolution 0.1°C(dp)

Indicators LCU with backlight, 3.5 digits and custom legends for units and mode, audio alert

Engineering units °C(dp), °F(dp), ppmv, g H₂O/m³, lbs H₂O/mm scf

Controls 4 push buttons, all settings stored in EEPROM

Output options 4-20 mA or 0-24mA outputs, linear to selected engineering units, programmable span and range, 0.1°C(dp) resolution; HS-232 or HS-485, baud rate 9600

Isolation Sensor is isolated from the power supply, analog output and digital outputs

Alarm relays option: Two programmable alarm relays with programmable variable hysteresis, rated at 10A@240V failure indication programmable to trigger alarm relays.

Power requirements: 100-250 VAC, 50 or 60 Hz, autoranging, 24 VDC optional

Electrical connections pluggable screw terminal optional DIN rail

Gas connections 1/4" Swagelock, heat tracing entries optional

System enclosure Polycarbonate or stainless steel, W-17½" H-21½", D-8", optional thermostatically controlled heater, cooler, sunshade

Materials 316 or 316L stainless steel for all wetted parts

Transmitter enclosure:
Class1 Div2 Polycarbonate, NEMA 4/4X, W-4.7", H-6.3", D-3.5" (can be mounted remotely with sensor output for Class1 Div1 output)
Class1 Div1 Explosion proof box

Temperature range
of electronics 14°F to 122°F (-10°C to +50°C); temperature coefficient of electronics: negligible
of sensor -22°F to 104°F (-30°C to +50°C); temperature coefficient of sensor: negligible
storage 40°F to 120°F (-40°C to +50°C)

Allowable pressure input
at ambient 5-5000 psig

Outlet pressure Limited to 250 psi if there is an exhaust flow meter
Up to maximum of inlet pressure possible (consult your sales representative)

Calibration:
Factory NIST/NPL traceable multipoint table
Field Fully automatic at user programmable intervals, using NIST certified gas standard

Calibration gas data:
Gas Nitrogen/Water blend
Water concentration 1 ppmv to 150 ppmv
blending accuracy ±10%
Analytical accuracy ±2%
Certification NIST
Cylinder 152 passivated aluminum cylinder at 1800 psi

Sample conditioning options:
Pressure regulator Maximum inlet pressure 3000 psi, outlet 1-30 psi adjustable (higher optional)
Coalescing filter Borosilicate glass microbber and fluorocarbon binder, efficiency rating of 99.99% against 0.1 micron particles and aerosols. Optional drain valve for fast loop and self-cleaning action
Particulate filter Stainless steel mesh with 1 micron efficiency

COSA INSTRUMENT CORPORATION

Texas Office: 7125 North Loop East, Houston, TX 77028
Tel: 713-947-9591, Fax: 713-947-7549

New Jersey Office: 55 Oak Street, Norwood, NJ 07648
Tel: 201-767-6600, Fax: 201-767-6804

email: cosa@cosaic.com
www.cosa-instrument.com

Represented by:

rev 2.704

Thunder Scientific Corporation



Model 2500
Benchtop / Mobile "Two-Pressure"
Humidity Generator

Humidity Generation,
Calibration and Measurement



Model 2500 Benchtop / Mobile "Two-Pressure" Humidity Generator

FEATURES

- ± 0.5 %RH Uncertainty¹
- Traceable to NIST
- Self Contained and Mobile
- Automated Control of User Setpoints
- 2500 ControlLog™ Automation Software
- HumiCalc® with Uncertainty Software
- Computerized Internal Transducer Calibration
- Low Noise Air Compressor with Air Dryer
- RS-232C Serial Interface

DESCRIPTION

The Model 2500 Benchtop Humidity Generator is a self contained system capable of producing atmospheres of known humidities using the fundamental, NIST proven, "two-pressure" principle. This system is capable of continuously supplying accurately known humidity values for instrument calibration, evaluation, and verification, as well as for environmental testing.

Simply apply power and the 2500 will power-up ready to generate. Humidity setpoint values are input by the operator from the front panel keypad and are limited only by the range of the 2500 humidity generator.

Relative humidities are calculated from the measurements of pressure and temperature with the formula:

$$\%RH = \frac{f_s}{f_c} \cdot \frac{e_s}{e_c} \cdot \frac{P_c}{P_s} \cdot 100$$

To generate a known humidity, the computer controls the pressure ratio P_c/P_s , utilizing the enhancement factor ratio f_s/f_c and the effective degree of saturation e_s/e_c . Humidity produced is solely dependent on the measurement of pressures and temperatures and does not rely on any other device (such as a dew point hygrometer, psychrometer, or humidity sensor) for the measurement of water vapor content. Precision humidity generation is determined by the accuracy of the pressure measurements and on the accuracy and uniformity of temperature throughout the generating system.



PRINCIPLE OF OPERATION

The Model 2500 Benchtop Humidity Generator operates using an on board multifunction CPU in conjunction with other peripheral cards to perform calculation and control functions. The embedded computer control system allows the 2500 to generate known humidity levels unattended, freeing the operating technician from the task of system monitoring and adjustment. A computer and/or printer may be connected via the bidirectional RS-232C interface ports allowing remote setpoint control and continuous acquisition of system data.

Humidity and temperature setpoint values are input by the operator from the front panel keypad while visual indications of system status are displayed in real time on the liquid crystal display.

	SetPt	Actual	Unit
SetPt	20.00	20.00	°C
Actual	20.00	20.00	°C
SetPt	45.00	45.00	%RH
Actual	45.00	45.00	%RH
Flow	20.00	20.00	l/min
Pressure	101.325	101.325	kPa

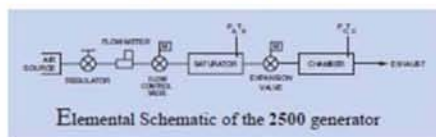
Control Display

All control and measurement parameters critical to the operation of the humidity generator are displayed on this screen. Each parameter in the leftmost column is identified with a brief title and corresponding units. The generator operates

in a variety of user selectable pressure, temperature, and flow units. Some of these are °C, °F, psi, "Hg, Tor, mbar, kPa, l/m, l/h, cfm and cfh. Humidity is calculated and displayed in percent relative humidity (%RH). The asterisk in the left most column indicates the active humidity control parameter. The "SetPt" column lists control setpoints and the "Actual" column lists all of the measured data and calculated parameters of the generator.

Temperature Control: The system utilizes a fluid jacketed test chamber for extremely stable temperature control. Temperature setpoint control is attained by controlling the temperature of the circulating fluid medium that jackets the test chamber and associated humidity generation components. Chamber and saturation temperatures are governed by this medium and are digitally controlled by the computer at any value between 0 °C and 70 °C using PID (proportional-integral-derivative) algorithms.

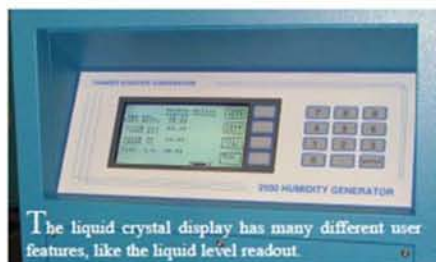
Pressure And Flow Control: Pressure control and mass flow control are accomplished through computer actuation of electromechanical valve assemblies. Pressure and flow are measured continuously and controlled using PID algorithms similar to those employed in temperature control.



Calibration: The 2500 humidity generator employs an integral programmatic calibration scheme allowing the temperature and pressure transducers to be calibrated while they are electrically connected to the humidity generator.



Coefficients for each transducer are calculated by the computer and stored in the system's nonvolatile memory until the next calibration is performed.



The liquid crystal display has many different user features, like the liquid level readout.

APPLICATIONS

The fluid jacketed test chamber can accommodate humidity sensors, hygrothermographs, chilled mirror hygrometers, and various material samples for environmental testing.



Virtually any humidity and temperature point may be generated, for any length of time, within the operational limits of the generator. The output of the device under test may then be compared with the generator's printed data for analysis.

Humidity Sensors And Chart Recorders: Insert humidity probes through the two inch port in the side of the chamber or place hygrothermographs into the chamber and you can: determine humidity calibration accuracy and characterize humidity sensitivity by subjecting the sensing system to a variety of humidity levels; perform operational checks such as the sensing systems capability to correctly calculate and display other humidity parameters; determine the repeatability, stability, hysteresis, and drift characteristics of various humidity sensing systems.

Chilled Mirror Hygrometers: Install the actual chilled mirror head into the chamber or insert a sample tube through the test port and draw a sample through the chilled mirror head and you can: verify mirror temperature measurement accuracy (calibration) when the hygrometer is in thermal equilibrium with its environment; perform operational checks of the heat pump and optical components before and after mirror cleaning and balancing; determine whether the hygrometer is controlling the mirror deposit in the liquid phase or ice phase when operating at dew and frost points below 0°C; determine if the hygrometer is correctly calculating other humidity parameters; determine the hygrometer's repeatability, stability, and drift characteristics.

Environmental Testing: The 2500 can serve as a test bed for evaluation and R&D of humidity sensors, humidity sensing systems, and humidity sensitive products, e.g., polymers, composites, film, magnetic medium, blood gas analysis, pharmaceuticals, soil hydrology, consumables, electronics, optics, etc. Depending on the temperature and humidity being generated, the 2500 may operate continuously from hours to months. With continuous generation of a nominal 50 %RH at 21°C, the reservoir will last about two weeks between refills.

Model 2500 Benchtop / Mobile "Two-Pressure" Humidity Generator

SPECIFICATIONS

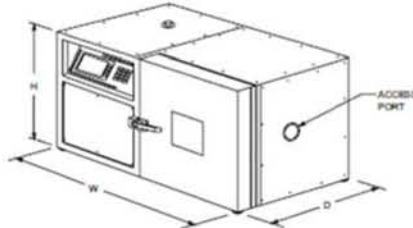
Relative Humidity Range:	10 to 95%
Relative Humidity Resolution:	0.02%
Relative Humidity Uncertainty @ $P_c T_c$:	$\pm 0.5\%$
Chamber Temperature Range:	0 to 70 °C
Chamber Temperature Range: (Optional)	-10 to +70 °C
Chamber Temperature Resolution:	0.02 °C
Chamber Temperature Uniformity:	± 0.1 °C
Chamber Temperature Uncertainty:	± 0.06 °C
Chamber Pressure Range:	Ambient
Gas Flow Rate Range:	5 to 20 l/m
Gas Type:	Air or Nitrogen
Gas Pressure Rating (MAWP):	175 psiG
Heating/Cooling Rate:	2.5 Minutes Per °C Average
Chamber Window:	6" x 6" (152 mm x 152 mm)
Physical Dimensions:	Table A
Physical Dimensions With Cart:	Table B
Chamber Dimensions:	Table C
Access Port:	Table D

UTILITIES

Electrical Power:	100/120 V~, 15 A, 50/60 Hz
(Optional)	200/240 V~, 8 A, 50/60 Hz
Air Compressor:	100/120 V~, 5 A, 50/60 Hz
(Optional)	200/240 V~, 2.5 A, 50/60 Hz
Air Supply (External):	Clean Oil Free Instrument Air @ 175 psiG & 20 slpm

ENVIRONMENTAL

Operating Temperature:	15 to 30 °C
Storage Temperature:	0 to 50 °C
Humidity:	5 to 95% RH Non-condensing



¹ Represents an expanded uncertainty using a coverage factor, k=2, at an approximate level of confidence of 95%.
² When operated at temperatures within 10 °C of room ambient temperature.

TABLE A
Physical Dimensions

Model	H	W	D
2500	19.00" (483 mm)	33.00" (838 mm)	20.00" (508 mm)
2500ST	22.00" (559 mm)	36.00" (914 mm)	23.00" (584 mm)

Not including feet, handle, or other protrusions.

TABLE B
Overall Dimensions With Cart

Model	H	W	D
2500	53.00" (1.35 m)	40.00" (1.02 m)	23.00" (584 mm)
2500ST	56.00" (1.42 m)	43.00" (1.09 m)	26.00" (660 mm)

TABLE C
Chamber Dimensions

Model	H	W	D
2500	12.00" (305 mm)	12.00" (305 mm)	10.00" (254 mm)
2500ST	15.00" (381 mm)	15.00" (381 mm)	12.00" (305 mm)

TABLE D
Access Port Dimensions

Option	# Ports	Port Diameter	Location
Standard	1	1.9" (48 mm)	Right Side
-TPA	2	1.9" (48 mm)	Right Side
	1	1/4" Swagelok	Right Side
-MPD	6	1.1" (28 mm)	In Door
-QPW	4	1.1" (28 mm)	Window Door

Other custom options are available.

For More Information or to Place an Order Contact:



Thunder Scientific

623 Wyoming Blvd. SE \nearrow Albuquerque, New Mexico 87123-3198
 Ordering: 800.872.7728 \nearrow Tel: 505.265.8701 \nearrow FAX: 505.266.6203

www.thunderscientific.com

1110-2500

LI-610 Portable Dew Point Generator



*A Precision
Water Vapor Source
For Field or Laboratory Use*

LI-COR[®]
Biosciences



FEATURES

- Generates stable dew points from 0 to 50°C.
- Accuracy of $\pm 0.2^\circ\text{C}$ dew point.
- Completely portable and self-contained (battery or AC operated).
- No need for gas tanks and mixing systems.
- Millivolt output of dew point temperature for data acquisition.
- External control by a 0-5V input signal.

The LI-610 Portable Dew Point Generator is a rugged, portable instrument that provides a stream of gas with a precisely controlled dew point. High accuracy and stability make the LI-610 an ideal water vapor source for field or laboratory use.

Applications

- Calibrating $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ analyzers.
- Calibrating solid state relative humidity sensors.
- Verifying calibration of dew point hygrometers.
- Precise control of the water vapor mole fraction in environmentally regulated chambers.

Water vapor is commonly measured in industrial processes by humidity sensing instruments. Often, on-line sensors directly affect process control, efficiency, and product quality. The LI-610 provides the capability to calibrate these sensors to ensure measurements with high accuracy and repeatability.

LCD Display

The LI-610 has an easy-to-read 4 1/2-digit display with 0.01°C display resolution. Coarse and fine adjustment knobs allow dew point temperature to be set precisely. Actual dew point temperature and battery voltage can also be displayed.



Easy Flow Adjustments

A valve on the front panel adjusts the flow rate through two gas exit ports (typically, combined total of 2.0 liters per minute). Rotameters monitor, adjust, or equalize the flow through each exit port.

Voltage Output

A linear analog output allows a data acquisition system to measure dew point temperature. The LI-610's 0 to 50°C dew point range is scaled over a 0 to 5-volt output range (100 mV/°C).

External Control

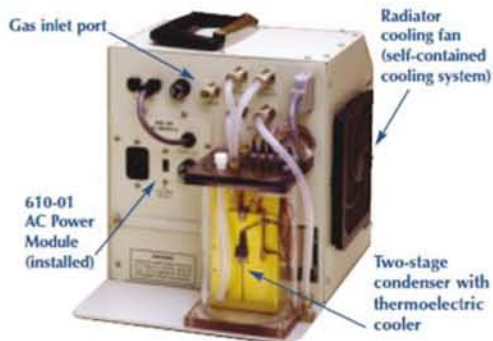
In addition to front panel controls, dew point temperature can be set by connecting a linear 0 to 5-volt signal to the Command Input connector on the front panel. By using an input signal to control the LI-610, an automated calibration system can cycle through a range of dew points while calibrating humidity measurement instruments. The LI-610 measures the input voltage and sets the dew point accordingly (100 mV/°C).

Low Maintenance

Routine maintenance consists only of changing the water in the condenser block (weekly under normal operating conditions).

Portability

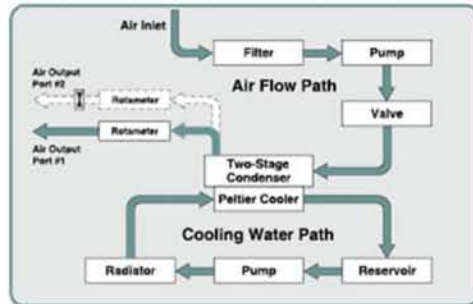
The LI-610 is completely portable with the 6200B Rechargeable Battery (optional), or any 12V battery. For laboratory use, it is powered by line voltage using the 610-01 AC Module (standard).



OPERATION

Air is bubbled through water reservoirs in two nickel-plated condensers to completely saturate the air stream with water vapor. The temperature of each condenser is precisely controlled to the dew point target by Peltier thermoelectric coolers. An internal radiator with a cooling fan dissipates heat from the coolers, providing a completely self-contained cooling system.

The water vapor stream exits the condensers via a port on the front panel (designed for 1/8" or 4 mm ID tubing) or can be split to a second port. An internal pump provides typical flow rates of 0 to 2.0 liters per minute.



LI-610 Operational Schematic

Instrument Calibrations

The high accuracy and stability of the LI-610 make it an excellent instrument to calibrate relative humidity sensors and to check the calibration of dew point hygrometers. An equation is provided to convert dew point temperature to relative humidity, assuming that temperature is accurately measured. A chart is also provided for quick conversions in the field.

The LI-610 can be used to calibrate CO₂/H₂O analyzers. An air stream from the LI-610 is directed through a desiccant to set the analyzer's zero, and the second airstream is used to set the span.



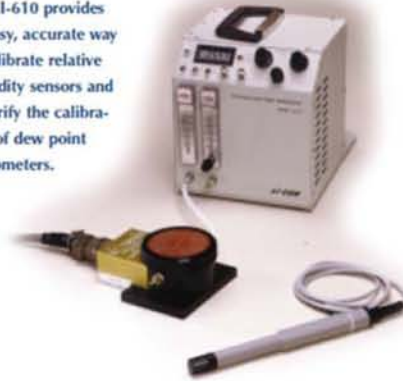
LI-610 with
LI-6400 Sensor Head

Continuous Operation

The LI-610 can provide a continuous air stream of known dew point to photosynthesis and stomatal conductance measurement chambers, or for other applications where a known supply of water vapor is required.

Under typical operating conditions, the LI-610 can provide 4 to 8 hours of continuous operation before the condenser needs to be refilled.

The LI-610 provides an easy, accurate way to calibrate relative humidity sensors and to verify the calibration of dew point hygrometers.



Calibration

Condenser temperature is precisely measured by a Platinum Resistance Temperature Detector (RTD). Temperature calibration accuracy is assured through transfer calibrations using National Institute for Standards and Technology (NIST) recommended methods and NIST-traceable devices. The resulting dew point measurement accuracy is 0.2°C.

Power Requirements

The LI-610 is powered by line voltage (108-126 or 216-252 VAC) using the 610-01 AC Module.

The optional 6200B Rechargeable Battery provides approximately 4 hours of continuous battery powered operation at 25°C ambient air temperature and 10°C dew point. The 6200B requires the LI-6020 Battery Charger for recharging.*

* A 12V battery can also be used.



SPECIFICATIONS

Dew Point Range: 0 to 50°C (limited to 35°C below the cooling water temperature)

Accuracy: $\pm 0.2^\circ\text{C}$ (0–50°C)

Stability: $< 0.02^\circ\text{C}$ per day at 25°C typical; $< 0.04^\circ\text{C}$ per day at 25°C maximum

Noise Level: 0.01°C peak-to-peak

Repeatability: $\pm 0.01^\circ\text{C}$

Response Time: Typically 15 seconds per °C when changing from ambient to a higher dew point; 30 seconds per °C for dew points lower than ambient

Temperature Sensor: Platinum resistance temperature detector (RTD)

Flow

Flow Rate: Adjustable; typically 2.0 liters per minute

Flow Meter Type: Dwyer series RMA. 2.5 liters min^{-1} full scale

Flow Meter Accuracy: $\pm 4\%$ of full scale reading

Flow Outputs: Two rapid connect hose fittings for 4 mm ID by 6 mm OD plastic tubing. Accepts 1/4" OD tubing with 1/8 to 3/16" ID

Maximum Input Flow: 2 liters min^{-1} . Contact LI-COR about using higher input flow rates

Analog Output: 0–5 Volts, 100 mV per °C

Command Input: 0–5 Volts, 100 mV per °C

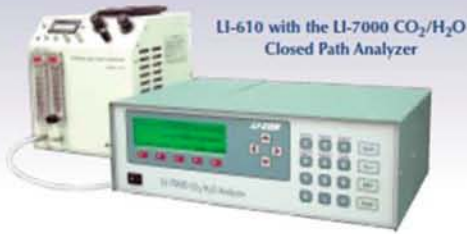
Display: 4 1/2 digit LCD for displaying dew point set temp (°C), actual dew point temp (°C), or battery voltage

Display Resolution: 0.01°C

Operating Range: 0 to 50°C, 0 to 100% RH

Weight: 7.86 kg (17.4 lb)

Size: 23.5H x 21W x 28.5D cm (9 x 8.1 x 11")



LI-610 with the LI-7000 CO₂/H₂O Closed Path Analyzer

Ordering Information

LI-610 Portable Dew Point Generator

Includes 610-01 AC Module and 610-04 BNC to mV Recorder Leads

Accessories

610-02 RH Calibration Accessory

For calibrating humidity sensors in the LI-6200 and LI-1600

610-04 BNC to mV Recorder Leads

For mV input or output. One included with the LI-610; for both millivolt input and output, order a second 610-04

6200B Rechargeable Battery

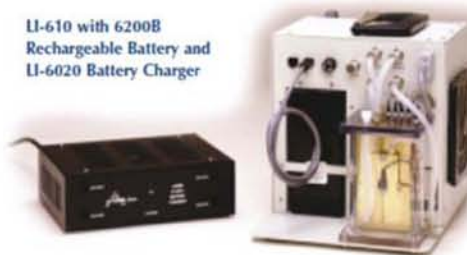
4 hour battery life at 25°C and 10°C dew point

LI-6020 Battery Charger

92-138/184-276 VAC, 47-63 Hz
Charges up to four 6200B batteries



LI-610 with the LI-7500 CO₂/H₂O Open Path Analyzer



LI-610 with 6200B Rechargeable Battery and LI-6020 Battery Charger

LI-COR[®]

Biosciences

4421 Superior Street • P.O. Box 4425 • Lincoln, Nebraska 68504 USA

North America: 800-447-3576 • International: 402-467-3576

FAX: 402-467-2819 • www.licor.com • envsales@licor.com

LI-COR is an ISO 9001 Registered Company.

Doc #980-06604
0103

Heavy Duty Pressure Sensors/ Transducers Line Guide



Heavy Duty products. Built for the toughest applications.

Honeywell Sensing and Control (S&C) offers decades of experience in the heavy duty pressure products industry. That's why, industry-wide, our heavy duty pressure sensors and transducers are known for enhanced quality, reliability, and service – which adds up to outstanding value for your applications.

Heavy Duty Pressure Sensors are small, allowing them to be used on their own in tight packages or as the building block for a complete transducer. The 13 mm Series and the 19 mm Series were developed for potential use in pressure applications that involve measurement of hostile media in harsh environments

compatible with 316 stainless steel, a type of steel that increases corrosion resistance, improves resistance to pitting from chloride ion solutions, and provides increased strength at high temperatures.

Heavy Duty Pressure Transducers are complete amplified and compensated pressure measurement solutions. With a choice of ports, connectors, outputs and pressure ranges, the PX2 Series, MLH Series and SPT Series transducers can be configured to meet the needs of the application. They are engineered to be resistant to a wide variety of media for use in most harsh environments.

FEATURES

HEAVY DUTY PRESSURE SENSORS

13 mm Series.

Features: Rugged, isolated stainless steel package • Accommodates media that will not adversely affect 316L stainless steel • Based on reliable semiconductor technology • Calibrated and temperature compensated • Voltage or current supply options • Absolute and sealed gage pressures • For potential applications from 500 psi to 5,000 psi

Benefits: Used in high pressure potential applications involving measurement of hostile media in harsh environments. Piezoresistive semiconductor sensor chip in oil-isolated housing with or without an integral ceramic for temperature compensation and calibration is designed to provide reliable, stable, and accurate performance. Weld-ring collar and special back support ring for enhanced cycle life capability as well as further package integration in OEM applications. Potential applications include industrial and

hydraulic controls, tank pressure, pressure transmitters, and process control systems.

19 mm Series.

Features: Rugged, isolated stainless steel package • Accommodates media that will not adversely affect 316L stainless steel • Small size • Based on reliable semiconductor technology • Absolute and gage pressures • Vacuum compatible, isolated sensors • Calibrated and temperature compensated (some listings) • For potential applications up to 500 psi

Benefits: Variety of pressure connections allow use in wide range of OEM equipment. Uncompensated version for use in potential applications using specialized circuit designs. Rugged for use in potential applications where corrosive liquids or gases are monitored and may also be exposed to a vacuum such as industrial controls, process control systems, industrial automation and flow control, and pressure calibrators.

HEAVY DUTY PRESSURE TRANSDUCERS

PX2 Series.

Features: Designed for configurability • Cost-effective • Application expertise • Global support • Industry-leading Total Error Band (TEB) • Durable • Designed to Six Sigma standards • Energy efficient • Broad compensated temperature range • Good EMC protection

Benefits: Numerous standard or custom connectors, ports, pressure types and ranges, and output options allow configuration to meet specific application needs, quick availability of product samples, and reduce design and implementation costs of the end product. Honeywell's knowledgeable application engineers are available to answer specific design questions during the development, launch, and production of the customers' product. Honeywell's global presence offers immediate product and application support throughout the

continued on page 4

Heavy Duty Pressure Sensors/Transducers Line Guide

When reliability is demanded, Honeywell delivers.

Heavy Duty Pressure Sensors and Transducers are found in applications where they cannot be easily replaced — where supreme durability is a top priority. That's why you'll find Honeywell S&C heavy duty pressure products performing expertly in many potential applications, such as compressors and hydraulic controls, and in industries as diverse as aerospace, medical, transportation, agriculture, refrigeration, and industrial. Our full line of products deliver enhanced performance and reliability, plus: absolute, gage and sealed-gage measurement; a wide array of pressure ranges, port styles, termination types, and outputs; package types from miniature surface mount sensors to high-end stainless steel isolated (for stringent process control); pressure ranges from 3 psi to 8,000 psi; and corrosion resistance.



Heavy Duty Pressure Sensors	13 mm Series	19 mm Series
Pressure connection	weld ring with back support, 1/8-27 NPT, 1/4-18 NPT, 7/16 UNF	weld ring with body O-ring, flush mount, flush mount with flange, 1/4-18 NPT, 1/8-27 NPT, 7/16 UNF, 1/4 BSPP, Euro O-ring, 1/4 VCR (female nut)
Measurement type	absolute, sealed gage	absolute, gage, vacuum gage
Construction	wetted parts 316L SS	wetted parts 316L SS
Pressure range	0 psi to 500 psi through 0 psi to 5000 psi	0 psi to 3 psi through 0 psi to 500 psi
Output	0 mV to 100 mV (nominal)	0 mV to 100 mV (nominal)
Linearity	±0.25 %BFSL max.	±0.25 %BFSL max.
Amplified	no	no
Compensated temperature range	0 °C to 82 °C [32 °F to 180 °F]	0 °C to 82 °C [32 °F to 180 °F]
Termination	ribbon cable	ribbon cable



Heavy Duty Pressure Transducers	PX2 Series
Pressure connection	NPT 1/4-18, NPT 1/8-27, 9/16-18 UNF SAE J1926-3, 7/16-20 UNF SAE J1926-3, 1/4 45° Flare Female Schrader, M12 X 1.5 ISO 6149-3, G1/4 ISO 1179-3, G1/8 ISO 1179-3
Measurement type	absolute, sealed gage
Construction	port and housing: 304 stainless steel; connector: PBT 30% GF
Pressure range	7 bar to 34 bar [100 psi to 500 psi]
Output	ratiometric: 5.0 V, 10 %Vs to 90 %Vs; 5.0 V, 5 %Vs to 95 %Vs; 3.3 V, 10 %Vs to 90 %Vs; 3.3 V, 5 %Vs to 95 %Vs regulated: 1 Vdc to 6 Vdc, 0.25 Vdc to 10.25 Vdc, 0.5 Vdc to 4.5 Vdc, 1 Vdc to 5 Vdc current: 4 mA to 20 mA
Accuracy	±0.25 %FSS
Total Error Band	±2 %FSS at -40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]
Amplified	yes
Compensated temperature range	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]
Termination	Packard Metrizek 150



Heavy Duty Pressure Transducers

MLH Series

Pressure connection	1/4-18 NPT, M12 x 1.5 (ISO 6149), M14 x 1.5 (ISO 6149), 3/8-24 UNF (SAE-3 O-ring boss), M18 x 1.5 (ISO 6149), 1/8 in-27 NPT, 1/2 in-20 UNF (SAE-5 O-ring boss), M10 x 1 (ISO 6149), 1/4 in SAE female Schrader (7/16-20 UNF-2B internal thread), 7/16-20 UNF (SAE-4 O-ring boss), 1/2 in NPT, 9/16-18 UNF (SAE-6 O-ring boss), R 1/4-19 BSPT (ISO 7-1 tapered thread), G 1/4-19 (DIN 3852-2), G 1/8 with O-ring groove, M16 x 1.5 (ISO 6149), G 1/4 with O-ring groove, G 1/8 (DIN 3852-2), R 1/8-28 BSPT (ISO 7-1 tapered thread), M20 x 1.5 (ISO 6149), 1/2-20 (SAE J514)
Measurement type	gage, sealed gage
Construction	port: 304L stainless steel, diaphragm: Haynes 214 alloy
Pressure range	0 psi to 50 psi through 0 psi to 8000 psi
Output	ratiometric (from 5 Vdc excitation): 0.5 Vdc to 4.5 Vdc regulated: 1 Vdc to 6 Vdc, 0.25 Vdc to 10.25 Vdc, 0.5 Vdc to 4.5 Vdc, 1 Vdc to 5 Vdc current: 4 mA to 20 mA
Accuracy	±0.25 %FSS (±0.5 %FSS on ranges below 100 psi)
Amplified	yes
Compensated temperature range	ratiometric output: -40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F] regulated and current outputs: -40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F] (See product literature for operating and temperature compensated area graphics.)
Termination	Delphi Metri-Pack 150, Hirschmann (mates with G4W1F), M12 x 1 (Brad Harrison micro), DIN 43650-C, 8 mm-male, Amp Superseal 1.5; cable (1 m), cable (3 m), flying leads (20 AWG - 6 in), Deutsch DTM04-3P (integral)



Heavy Duty Pressure Transducers

SPT Series

Pressure connection	1/8-27 NPT, 1/4-18 NPT, 7/16-20 UNF, 1/4-19 BSPP, 1/4 VCR gland
Measurement type	absolute, gage, sealed gage, vacuum gage pressures
Construction	wetted parts 316L SS
Pressure range	0 psi to 3 psi through 0 psi to 5000 psi
Output	4 mA to 20 mA, 0 mV to 100 mV, 1 Vdc to 5 Vdc
Linearity	±0.25 %BFSL max
Amplified	yes, amplified and unamplified
Compensated temperature range	-10 °C to 85 °C [14 °F to 185 °F]
Termination	bayonet connector, cable

development cycle. Industry-leading Total Error Band of $\pm 2\%$ over a compensated temperature range of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ [$-40\text{ }^{\circ}\text{F}$ to $257\text{ }^{\circ}\text{F}$] provides excellent interchangeability due to minimal part-to-part variation in accuracy, eliminates individual transducer testing and calibration, and supports system accuracy and warranty requirements. Compatible with a wide variety of harsh media (brake fluid, refrigerants, engine oil, tap water, hydraulic fluids, and compressed air), wide operating temperature range, up to IP69K sealing, and CE compliance allow for use in tough environments. Designed to Six Sigma standards, providing the highest level of product quality, performance, and consistency. Broad compensated temperature range allows the same transducer to be designed into a broad set of applications. Good EMC protection means that the transducer will not be damaged by environmental electromagnetic interference. Potential applications include industrial HVAC/R and air compressors; general system and factory automation pump, valve and fluid pressure; and transportation (heavy equipment and alternative fuel vehicles) system, pneumatics, light hydraulics, brake and engine oil pressure.

MLH Series.

Features: All-metal wetted parts • No internal elastomeric seals • Stable and creep free • Input reverse voltage protection • Less than 2 ms response time • Easy customization • Rated IP65 or better • Exceeds CE heavy industrial EMC for use in areas of high RF/EMI

- Amplified and temperature compensated
- Wide choice of connections and terminations
- Calibration for special pressure ranges

Benefits: Combines ASIC technology with media isolated, metal diaphragm. All-metal wetted parts for use in a variety of potential fluid applications. Amplified outputs often eliminate cost of external amplifiers. Wide selection of industry-standard connectors and process ports for enhanced reliability and user flexibility. Potential applications include compressors, refrigeration and HVAC/R, general industrial and hydraulics, multiple transportation applications including braking and alternate fuels, medical.

SPT Series.

Features: Based on reliable semiconductor technology • Rugged, 316L stainless steel wetted parts

- Calibrated and temperature compensated
- Absolute, gage, sealed gage, and vacuum gage pressures
- For use in potential medical applications where compatibility is a problem.

Benefits: Variety of pressure connections allows use in wide range of OEM equipment. For use in potential applications where corrosive liquids and gases are monitored such as industrial automation and flow control, pressure instrumentation, hydraulic systems, and process control.

Warranty. Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Honeywell's standard product warranty applies unless agreed to otherwise by Honeywell in writing; please refer to your order acknowledgement or consult your local sales office for specific warranty details. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace, at its option, without charge those items it finds defective. **The foregoing is buyer's sole remedy and is in lieu of all warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose. In no event shall Honeywell be liable for consequential, special, or indirect damages.**

While we provide application assistance personally, through our literature and the Honeywell web site, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

Specifications may change without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

For more information about Sensing and Control products, visit www.honeywell.com/sensing or call +1-815-235-6847. Email inquiries to info.sc@honeywell.com

Sensing and Control
Honeywell
1985 Douglas Drive North
Golden Valley, MN 55422 USA
+1-815-235-6847
www.honeywell.com/sensing

008154-7-EN IL50 QL0
July 2012
Copyright © 2012 Honeywell International Inc. All rights reserved.

Honeywell

RUGGED SOLID STATE TRANSDUCERS WITH AMPLIFIED OUTPUTS STANDARD AND METRIC MODELS

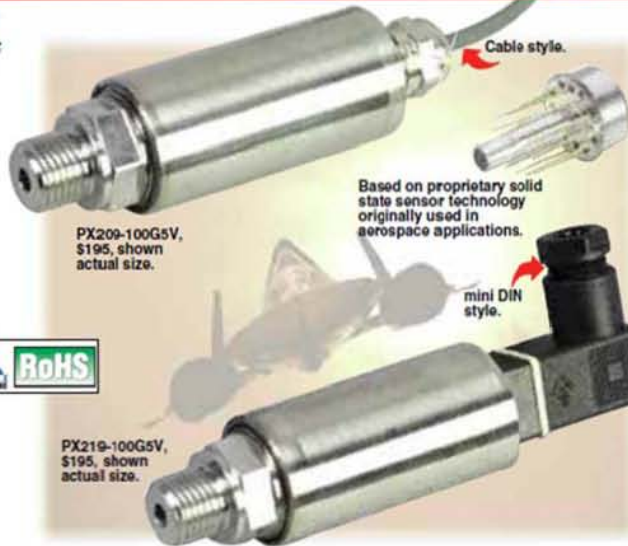
PX209/PXM209 Series
0-15 to 0-300 psi-Standard Units
0-1 to 0-20 bar-Metric Units
Gage, Absolute, and
Compound Ranges

Starts at
\$195



- ✓ Stainless Steel Fitting and Body
- ✓ 5-Point NIST-Traceable Calibration Included
- ✓ Solid State Media Isolation (Suitable for Use with Many Industrial Liquids and Gases)
- ✓ Broad Temperature-Compensated Range of -20 to 80°C (-4 to 176°F) Yields High Stability with Changing Temperatures
- ✓ Electrical Isolation to 100 MΩ Ensures Long-Term Reliability
- ✓ Rugged High Shock and Vibration Design for Tough OEM Applications
- ✓ 100,000 Hr MTBF Typical

Based on proprietary sensor technology developed by OMEGA to meet the high reliability and accuracy demanded by aerospace applications, the PX209/PXM209 Series voltage and current output pressure transducer offers superior performance in non-corrosive applications, including: engine/powertrain testing, well monitoring, and ground and race water monitoring. The transducer uses a 4-active-arm bridge sensor



PX209-100G5V,
\$195, shown
actual size.

PX219-100G5V,
\$195, shown
actual size.

EXCLUSIVE!

Cable style.

mini DIN style.

Based on proprietary solid state sensor technology originally used in aerospace applications.

with a micro-machined diffused silicon diaphragm and proprietary thin-film media, plus dielectric isolation barriers.

This same core sensing element technology, which includes multiple types of signal conditioning and the ability to survive extremes of shock and vibration, provides a modular building block for OMEGA's revolutionary family of pressure-sensing instruments.

SPECIFICATIONS

Voltage Output

Excitation: 24 Vdc @ 15 mA
5 Vdc Output: 7 to 35 Vdc
10 Vdc Output: 12 to 35 Vdc
Output: 0 to 5 Vdc or 0 to 10 Vdc, ±1.5% FSO, 3-wire
Zero Balance: 0 Vdc ±2% FSO

4 to 20 mA Output

Excitation: 24 Vdc (7 to 35 Vdc) reverse polarity protected
Output: 4 to 20 mA (2-wire) ±1% FSO
Zero Balance: 4 mA ±2% FSO
Max Loop Resistance: 50 x (supply voltage - 10) Ω

Common Specifications

Accuracy: 0.25% FS (including linearity, hysteresis and repeatability)

Operating Temperature:

-54 to 121°C (-65 to 250°F)

Compensated Temperature:

-20 to 80°C (-4 to 176°F)

Thermal Effects:

0.04% FS/°C (0.02% FS/°F)

Proof Pressure:

150%

Burst Pressure:

300% range max

Response Time:

2 ms typical

Vibration Sensitivity:

At 20 g peak sinusoidal vibration from 10 Hz to 2000 Hz (1/2" D.A.), the output shall not exceed 0.04% FS/g for 15 psi range to 0.005% FS/g for 100 psi and above

Natural Frequency:

>35 kHz for 100 psi range

Gage Type:

Diffused silicon strain gages

Wetted Parts:

316 SS, borosilicate glass, silicon nitride, epoxy

Pressure Port:

See dimensional drawing on page B-91

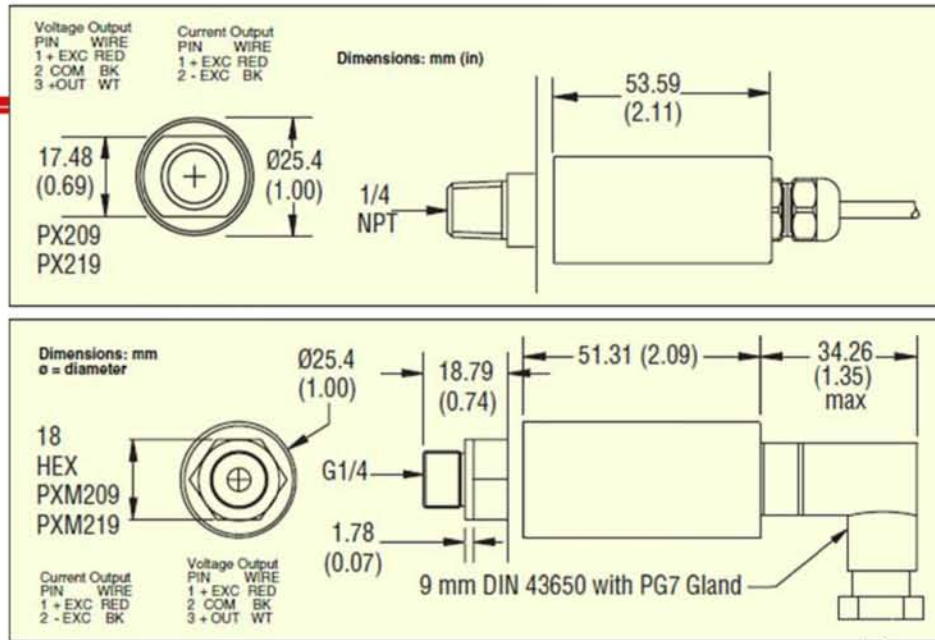
Electrical Connections:

PX209/PXM209: 1 m (36") shielded 4-conductor cable

PX219/PXM219: DIN 43650 plug connector supplied

Weight: 128 g (4.5 oz)

VOLTAGE OUTPUT
PRESSURE TRANSDUCERS
B



MAKE IT WIRELESS! ADD WIRELESS CAPABILITY TO YOUR PROCESS MEASUREMENT SYSTEM!

Wireless Connections From
Your Sensor to Your
Instrumentation:

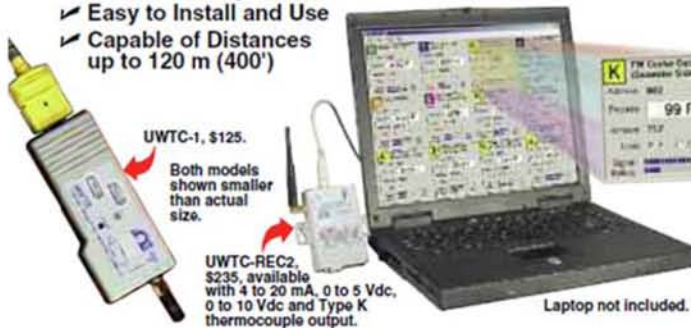
- ✓ Thermocouple, RTD, Infrared Temperature, Humidity, pH, as well as Process Voltage/Current
- ✓ Easy to Install and Use
- ✓ Capable of Distances up to 120 m (400')



For Complete
Details See
Wireless
Section W



WRS232-USB wireless transmitter, \$159, shown close to actual size.



UWTC-1, \$125.

Both models shown smaller than actual size.

UWTC-REC2, \$235, available with 4 to 20 mA, 0 to 5 Vdc, 0 to 10 Vdc and Type K thermocouple output.

Laptop not included.

Wireless Communications From Your Instrument to a PC:

- ✓ Convert the RS232 Signal on Your Meter, Controller or PLC
- ✓ Works with any PC with a USB Port
- ✓ Easy to Install with Seamless Operation
- ✓ Capable of Distances up to 120 m (400')

STANDARD MODELS

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify Model Number)						
psi	bar	CABLE STYLE	PRICE	CONN. STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS*
GAGE PRESSURE RANGES (psig) WITH 0 TO 5 Vdc OUTPUT						
0 to 15	0 to 1.0	PX209-015G5V	\$195	PX219-015G5V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 30	0 to 2.1	PX209-030G5V	195	PX219-030G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 60	0 to 4.1	PX209-060G5V	195	PX219-060G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 100	0 to 6.9	PX209-100G5V	195	PX219-100G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 200	0 to 13.8	PX209-200G5V	195	PX219-200G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 300	0 to 20.7	PX209-300G5V	195	PX219-300G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
ABSOLUTE PRESSURE RANGES (psia) WITH 0 TO 5 Vdc OUTPUT						
0 to 15	0 to 1.0	PX209-015A5V	\$195	PX219-015A5V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 30	0 to 2.1	PX209-030A5V	195	PX219-030A5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 60	0 to 4.1	PX209-060A5V	195	PX219-060A5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 100	0 to 6.9	PX209-100A5V	195	PX219-100A5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 200	0 to 13.8	PX209-200A5V	195	PX219-200A5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
0 to 300	0 to 20.7	PX209-300A5V	195	PX219-300A5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
VACUUM AND COMPOUND RANGES WITH 0 TO 5 Vdc OUTPUT						
-14.7 to 0	-1 to 0	PX209-30VAC5V	\$195	PX219-30VAC5V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 15	-1 to 1.0	PX209-30V15G5V	195	PX219-30V15G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 45	-1 to 3.1	PX209-30V45G5V	195	PX219-30V45G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 85	-1 to 5.9	PX209-30V85G5V	195	PX219-30V85G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 135	-1 to 9.3	PX209-30V135G5V	195	PX219-30V135G5V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E

Comes complete with 5-point NIST calibration certificate. * See section D for compatible meters.
 See pages B-149 and B-150 for PX209 units with 4 to 20 mA output.
 Note: To order 0 to 10 Vdc output, replace "5V" suffix with "10V" (no extra charge).
 Ordering Example: PX219-015A5V, 0 to 5 Vdc output transducer for absolute pressure with a 0 to 15 psia range, PS-4G snubber for gasses and TX4-100 shielded wire, \$195 + 12.75 + 35.00 = \$242.75.

STANDARD ACCESSORIES

MODEL	PRICE	DESCRIPTION
PS-4G	\$12.75	¼ NPT pressure snubber for gaseous media
PS-4E	12.75	¼ NPT pressure snubber for water and light oils
PS-4D	12.75	¼ NPT pressure snubber for dense liquids (motor oil)
TX4-100	35.00	30 m (100') of 4-conductor shielded wire

METRIC ACCESSORIES

MODEL	PRICE	DESCRIPTION
PS-4G-MG	\$12.75	¼ NPT pressure snubber for gaseous media
PS-4E-MG	12.75	¼ NPT pressure snubber for water and light oils
PS-4D-MG	12.75	¼ NPT pressure snubber for dense liquids (motor oil)
TX4-100	35.00	30 m (100') of 4-conductor shielded wire

Order a snubber to protect your pressure transducer!



PS-4G, \$12.75, shown smaller than actual size.

METRIC MODELS

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify PXM209 for Cable or PXM219 for DIN Connector)							
bar	psi	CABLE STYLE	PRICE	CONN. STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS*	
GAGE PRESSURE RANGES (bar) WITH 0 to 10 Vdc OUTPUT							
0 to 1.0	0 to 15	PXM209-001G10V	\$195	PXM219-001G10V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 1.6	0 to 23	PXM209-1.60G10V	195	PXM219-1.60G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 2.5	0 to 36	PXM209-2.50G10V	195	PXM219-2.50G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 4.0	0 to 58	PXM209-004G10V	195	PXM219-004G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 6.0	0 to 87	PXM209-006G10V	195	PXM219-006G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 10.0	0 to 145	PXM209-010G10V	195	PXM219-010G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 16.0	0 to 232	PXM209-016G10V	195	PXM219-016G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 20.0	0 to 290	PXM209-020G10V	195	PXM219-020G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
ABSOLUTE PRESSURE RANGES (bar) WITH 0 to 10 Vdc OUTPUT							
0 to 1.0	0 to 15	PXM209-001A10V	\$195	PXM219-001A10V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 1.6	0 to 23	PXM209-1.60A10V	195	PXM219-1.60A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 2.5	0 to 36	PXM209-2.50A10V	195	PXM219-2.50A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 4.0	0 to 58	PXM209-004A10V	195	PXM219-004A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 6.0	0 to 87	PXM209-006A10V	195	PXM219-006A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 10.0	0 to 145	PXM209-010A10V	195	PXM219-010A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 16.0	0 to 232	PXM209-016A10V	195	PXM219-016A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
0 to 20.0	0 to 290	PXM209-020A10V	195	PXM219-020A10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
VACUUM AND COMPOUND RANGES (bar) WITH 0 to 10 Vdc OUTPUT							
VAC to 0	VAC to 0	PXM209-VAC000G10V	\$195	PXM219-VAC000G10V	\$195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
VAC to 1	VAC to 15	PXM209-VAC001G10V	195	PXM219-VAC001G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
VAC to 3	VAC to 45	PXM209-VAC003G10V	195	PXM219-VAC003G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
VAC to 6	VAC to 87	PXM209-VAC006G10V	195	PXM219-VAC006G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	
VAC to 9	VAC to 131	PXM209-VAC009G10V	195	PXM219-VAC009G10V	195	DPi8, DP41-E, DP25B-E	

Comes complete with 5-point calibration. * See section D for compatible meters.
 Note: The voltage output versions of the vacuum and compound sensors generate 0 Vdc at vacuum and 10 Vdc at full scale.
 Ordering Example: PXM219-001A10V, 0 to 10 Vdc output transducer for absolute pressure with a 0 to 1 bar range, PS-4G-MG snubber and TX4-100 shielded wire, \$195 + 12.75 + 35 = \$242.75.

VOLTAGE OUTPUT
PRESSURE TRANSDUCERS



STANDARD
PX209-100GI,
\$215, shown
smaller than
actual size.

Order a snubber
to protect your
pressure transducer!



PS-4G, \$12.75, shown actual size.

STANDARD ACCESSORIES

MODEL	PRICE	DESCRIPTION
PS-4G	\$12.75	1/4 NPT pressure snubber for gaseous media
PS-4E	12.75	1/4 NPT pressure snubber for water and light oils
PS-4D	12.75	1/4 NPT pressure snubber for dense liquids (motor oil)
TX4-100	35.00	30 m (100') of 4-conductor shielded wire

METRIC ACCESSORIES

MODEL	PRICE	DESCRIPTION
PS-4G-MG	\$12.75	3/8 pressure snubber for gaseous media
PS-4E-MG	12.75	3/8 pressure snubber for water and light oils
PS-4D-MG	12.75	3/8 pressure snubber for dense liquids (motor oil)
TX4-100	35.00	30 m (100') of 4-conductor shielded wire

Recommended Reference Video:
Pressure, Industrial Measurement
Series, VT-1005-DVD, \$100.
See Section Y For
Additional Books.

STANDARD MODELS

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify PX209 for Cable or PX219 for DIN Connector)

psi	bar	CABLE STYLE	PRICE	CONN. STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS*
GAGE PRESSURE RANGES (psig) WITH 4 TO 20 mA OUTPUT						
0 to 15	0 to 1.0	PX209-015GI	\$215	PX219-015GI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 30	0 to 2.1	PX209-030GI	215	PX219-030GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 60	0 to 4.1	PX209-060GI	215	PX219-060GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 100	0 to 6.9	PX209-100GI	215	PX219-100GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 200	0 to 13.8	PX209-200GI	215	PX219-200GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 300	0 to 20.7	PX209-300GI	215	PX219-300GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
ABSOLUTE PRESSURE RANGES (psia) WITH 4 TO 20 mA OUTPUT						
0 to 15	0 to 1.0	PX209-015AI	\$215	PX219-015AI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 30	0 to 2.1	PX209-030AI	215	PX219-030AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 60	0 to 4.1	PX209-060AI	215	PX219-060AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 100	0 to 6.9	PX209-100AI	215	PX219-100AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 200	0 to 13.8	PX209-200AI	215	PX219-200AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 300	0 to 20.7	PX209-300AI	215	PX219-300AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VACUUM AND COMPOUND RANGES WITH 4 TO 20 mA OUTPUT						
-14.7 to 0	-1 to 0	PX209-30VACI	\$215	PX219-30VACI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 15	-1 to 1.0	PX209-30V15GI	215	PX219-30V15GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 45	-1 to 3.1	PX209-30V45GI	215	PX219-30V45GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 85	-1 to 5.9	PX209-30V85GI	215	PX219-30V85GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
-14.7 to 135	-1 to 9.3	PX209-30V135GI	215	PX219-30V135GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E

Comes complete with 5-point NIST traceable calibration. * See section D for compatible meters.
Ordering Example: PX219-015AI, 4 to 20 mA output transducer for absolute pressure with a 0 to 15 psia range, PS-4G snubber and TX4-100 shielded wire, \$215 + 12.75 + 35 = \$262.75.

METRIC MODELS

AVAILABLE FOR FAST DELIVERY!

To Order (Specify PXM209 for Cable or PXM219 for DIN Connector)

bar	CABLE STYLE	PRICE	CONN. STYLE	PRICE	COMPATIBLE METERS*
GAGE PRESSURE RANGES (bar) WITH 4 TO 20 mA OUTPUT					
0 to 1.0	PXM209-001GI	\$215	PXM219-001GI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 1.6	PXM209-1.60GI	215	PXM219-1.60GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 2.5	PXM209-2.50GI	215	PXM219-2.50GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 4.0	PXM209-004GI	215	PXM219-004GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 6.0	PXM209-006GI	215	PXM219-006GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 10.0	PXM209-010GI	215	PXM219-010GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 16.0	PXM209-016GI	215	PXM219-016GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 20.0	PXM209-020GI	215	PXM219-020GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
ABSOLUTE PRESSURE RANGES (bar) WITH 4 TO 20 mA OUTPUT					
0 to 1.0	PXM209-001AI	\$215	PXM219-001AI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 1.6	PXM209-1.60AI	215	PXM219-1.60AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 2.5	PXM209-2.50AI	215	PXM219-2.50AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 4.0	PXM209-004AI	215	PXM219-004AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 6.0	PXM209-006AI	215	PXM219-006AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 10.0	PXM209-010AI	215	PXM219-010AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 16.0	PXM209-016AI	215	PXM219-016AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
0 to 20.0	PXM209-020AI	215	PXM219-020AI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VACUUM AND COMPOUND RANGES (bar) WITH 4 TO 20 mA OUTPUT					
VAC to 0	PXM209-VAC000GI	\$215	PXM219-VAC000GI	\$215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VAC to 1	PXM209-VAC001GI	215	PXM219-VAC001GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VAC to 3	PXM209-VAC003GI	215	PXM219-VAC003GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VAC to 6	PXM209-VAC006GI	215	PXM219-VAC006GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E
VAC to 9	PXM209-VAC009GI	215	PXM219-VAC009GI	215	DP8, DP41-E, DP25B-E

Comes complete with 5-point NIST traceable calibration. * See section D for compatible meters.
Note: The current output versions of the vacuum and compound sensors generate 4 mA at vacuum and 20 mA at full scale.

Ordering Example: PXM219-001AI, 4 to 20 mA output transducer for absolute pressure with a 0 to 1 bar range, PS-4G-MG snubber and TX4-100 shielded wire, \$215 + 12.75 + 35 = \$262.75.

omega.com[®]

Your One-Stop Source for Process Measurement and Control!

One Omega Drive | Stamford, CT 06907 | 1-888-TC-OMEGA (1-888-826-6342) | info@omega.com

www.omega.com



UNITED STATES
www.omega.com
1-800-TC-OMEGA
Stamford, CT.

CANADA
www.omega.ca
Laval(Quebec)
1-800-TC-OMEGA

GERMANY
www.omega.de
Deckenfronn, Germany
0800-8266342

UNITED KINGDOM
www.omega.co.uk
Manchester, England
0800-488-488

FRANCE
www.omega.fr
Guyancourt, France
088-466-342

CZECH REPUBLIC
www.omega.cz
Karviná, Czech Republic
596-311-899

BENELUX
www.omega.nl
Amstelveen, NL
0800-099-33-44



More than 100,000 Products Available!

• **Temperature**

Calibrators, Connectors, General Test and Measurement Instruments, Glass Bulb Thermometers, Handheld Instruments for Temperature Measurement, Ice Point References, Indicating Labels, Crayons, Cements and Lacquers, Infrared Temperature Measurement Instruments, Recorders Relative Humidity Measurement Instruments, RTD Probes, Elements and Assemblies, Temperature & Process Meters, Timers and Counters, Temperature and Process Controllers and Power Switching Devices, Thermistor Elements, Probes and Assemblies, Thermocouples Thermowells and Head and Well Assemblies, Transmitters, Wire

• **Flow and Level**

Air Velocity Indicators, Doppler Flowmeters, Level Measurement, Magnetic Flowmeters, Mass Flowmeters, Pitot Tubes, Pumps, Rotameters, Turbine and Paddle Wheel Flowmeters, Ultrasonic Flowmeters, Valves, Variable Area Flowmeters, Vortex Shedding Flowmeters

• **pH and Conductivity**

Conductivity Instrumentation, Dissolved Oxygen Instrumentation, Environmental Instrumentation, pH Electrodes and Instruments, Water and Soil Analysis Instrumentation

• **Data Acquisition**

Auto-Dialers and Alarm Monitoring Systems, Communication Products and Converters, Data Acquisition and Analysis Software, Data Loggers Plug-in Cards, Signal Conditioners, USB, RS232, RS485 and Parallel Port Data Acquisition Systems, Wireless Transmitters and Receivers

• **Pressure, Strain and Force**

Displacement Transducers, Dynamic Measurement Force Sensors, Instrumentation for Pressure and Strain Measurements, Load Cells, Pressure Gauges, Pressure Reference Section, Pressure Switches, Pressure Transducers, Proximity Transducers, Regulators, Strain Gages, Torque Transducers, Valves

• **Heaters**

Band Heaters, Cartridge Heaters, Circulation Heaters, Comfort Heaters, Controllers, Meters and Switching Devices, Flexible Heaters, General Test and Measurement Instruments, Heater Hook-up Wire, Heating Cable Systems, Immersion Heaters, Process Air and Duct Heaters, Radiant Heaters, Strip Heaters, Tubular Heaters

• [click here to go to the omega.com home page](http://www.omega.com) •

Model 405 Air Temperature Probe



- 400 series nominal resistance response curve
- 2252.4 ohm Resistance @ 25°C (including lead wire resistance)
- Interchangeable $\pm 0.1^\circ\text{C}$, 0°C to 70°C
- Pressed Disk Ceramic Sensor
- High sensitivity
- $\frac{1}{4}$ " phone plug connector
- SS Cage protects sensor

DESCRIPTION

400-series air temperature probe

FEATURES

- Fast response
- Standard 400 series resistance response
- Standard $\frac{1}{4}$ " phone plug connector
- Short term exposure to 150°C (except cable)
- Physically protected sensor

APPLICATIONS

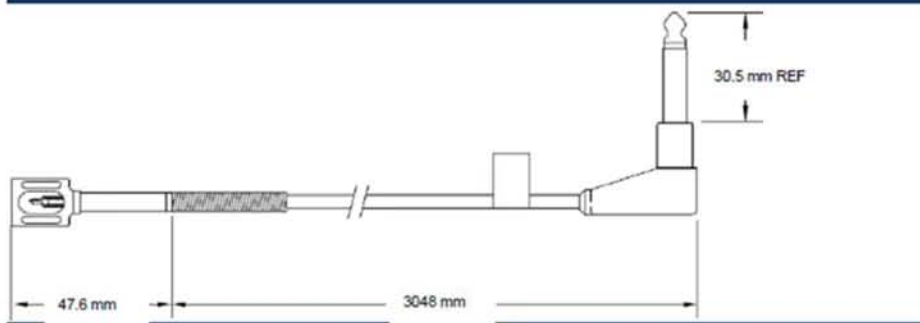
- Incubator temperature
- Test vessel temperature
- Laboratory room temperature
- Oven temperature
- Refrigerator temperature

PERFORMANCE SPECS

Parameter	Units	Value
Resistance @ 25°C (including lead resistance)	Ohms	2252.4
Tolerance 0°C to 70°C	$^\circ\text{C}$	± 0.1
Beta Value 25/85	K	3976
Tolerance on Beta Value	%	0.4
Typical response time in air	Seconds	< 10
Insulation Resistance (Min. of 100Mohms for 1 Sec.)	Volts	500
Liquid immersion with 15VDC applied	Ohms	> 15Meg

MECHANICAL DETAILS

Model 405 Air Temperature Probe



TYPICAL PERFORMANCE CURVES

Temp °C	K-Ohms	Temp °C	K-Ohms	Temp °C	K-Ohms
0	7.3554	25	2.2524	50	0.8117
1	6.9894	26	2.1564	51	0.7815
2	6.6444	27	2.0644	52	0.7526
3	6.3194	28	1.9774	53	0.7249
4	6.0114	29	1.8944	54	0.6983
5	5.7194	30	1.8154	55	0.6729
6	5.4444	31	1.7394	56	0.6485
7	5.1834	32	1.6674	57	0.6252
8	4.9374	33	1.5994	58	0.6028
9	4.7034	34	1.5334	59	0.5813
10	4.4824	35	1.4714	60	0.5607
11	4.2734	36	1.4124	61	0.5409
12	4.0744	37	1.3554	62	0.5219
13	3.8864	38	1.3014	63	0.5037
14	3.7084	39	1.2494	64	0.4862
15	3.5394	40	1.2004	65	0.4694
16	3.3784	41	1.1524	66	0.4533
17	3.2264	42	1.1074	67	0.4378
18	3.0814	43	1.0644	68	0.4229
19	2.9444	44	1.0234	69	0.4086
20	2.8144	45	0.9842	70	0.3949
21	2.6904	46	0.9466		
22	2.5724	47	0.9106		
23	2.4604	48	0.8762		
24	2.3544	49	0.8432		

Model 405 Air Temperature Probe

ORDERING INFORMATION

Part Number	Description	Ω @25°C	MOQ
081105	405 PROBE,THERM	2252.4	15

* For quantities less than Minimum Order Quantity – contact distribution

NORTH AMERICA

Measurement Specialties, Inc.
 910 Turnpike Road
 Shrewsbury, MA 01545
 Tel: 1-508-842-0516
 Fax: 1-508-842-0342
 Sales email:
temperature.sales.amer@meas-spec.com

EUROPE

Measurement Specialties, Inc
 Ballybrit Business Park
 Galway Ireland
 Tel: +353-91-753238
 Fax: +353-91-770789
 Sales email:
temperature.sales.emea@meas-spec.com

ASIA

Measurement Specialties (China) Ltd.
 No. 26 Langshan Road
 Shenzhen High-Tech Park (North)
 Nanshan District, Shenzhen 51807
 China
 Tel: +86 (0) 755 33305088
 Fax: +86 (0) 755 33305099
 Sales email:
temperature.sales.asia@meas-spec.com

The information in this sheet has been carefully reviewed and is believed to be accurate; however, no responsibility is assumed for inaccuracies. Furthermore, this information does not convey to the purchaser of such devices any license under the patent rights to the manufacturer. Measurement Specialties, Inc. reserves the right to make changes without further notice to any product herein. Measurement Specialties, Inc. makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its product for any particular purpose, nor does Measurement Specialties, Inc. assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. Typical parameters can and do vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by customer's technical experts. Measurement Specialties, Inc. does not convey any license under its patent rights nor the rights of others.

Temperature Sensors Line Guide



Accuracy and flexibility. Stability and speed. Honeywell Sensing and Control (S&C) offers an impressive array of temperature sensors, each designed to provide enhanced reliability, repeatability, precision, and responsiveness. These temperature sensors are designed to maximize your component and product performance for most any potential application.

That's why more customers worldwide call the industry's most trusted name for:

- Enhanced accuracy and stability
- Strong standard technology platforms
- A wide variety of housings and termination styles
- Easy-to-customize platforms
- High-temp product line expansion sensing capability
- Comprehensive technical support

FEATURES

PACKAGED TEMPERATURE PROBES

R300 Series.

Features: Wide temperature-range
 • Stainless steel construction • Enhanced response time • Enhanced accuracy
 • Enhanced reliability • Linear output
 • Extended life

Benefits: Robust, stainless steel closed-tip design for reliability in most aggressive environments, while still providing enhanced response time. One-piece sensor with integral connector for potential use in heavy duty vehicle engine exhaust gas recirculation systems, fluid or air temperature sensing within the engine environment or HVAC, or refrigeration compressor equipment.

500 Series.

Features: Choice of custom or existing designs • Wide selection of housing, resistance, and termination options • Wide operating temperature range

Benefits: Housing material ranges from all plastic to all-metal, and accommodates air/gas, fluid immersion or surface sensing requirements. Full range of custom or

off-the-shelf thermistor and RTD-based solutions for a wide variety of potential industrial, transportation, and aerospace applications.

ES110 Series.

Features: Exposed thermistor • Rugged design • Brass encapsulation • Plastic overmold • Enhanced response time
 • Wide operating temperature range

Benefits: Overmolded, hexagonal shape for easy installation. Two end configurations available, depending on response or degree of protection required. All-plastic design reduces heat loss through the sensor. Exposed thermistor offers fast response for air/gas sensing, especially for potential transportation engine management systems and industrial applications.

ES120 Series.

Features: Enclosed thermistor • Rugged design • Brass encapsulation • Plastic overmold • Wide operating temperature range

Benefits: Overmolded, hexagonal shape for easy installation. All-plastic design reduces heat loss through the sensor.

Enclosed thermistor may potentially be used for liquid temperature sensing in engine management systems and industrial applications.

6655 Series.

Features: Air/surface temperature sensing • NTC thermistor output • Low cost • Low, compact profile • Tight interchangeability • Enhanced accuracy
 • Enhanced response time • Wide operating temperature range • Variety of mounting brackets • Widely used sensor package footprint • Enhanced stability/low drift

Benefits: Offers temperature measurements with enhanced response and accuracy on most flat surfaces and pipes in non-condensing applications. Allows greater flexibility in temperature monitoring and controlling. Tight interchangeability eliminates or reduces need for calibration. A wide operating temperature range allows application flexibility. Potential applications include water heaters and boilers, industrial ovens and ranges, copier diffuser rollers, and HVAC compressor or duct temperature sensing.

DISCRETE RTD SENSORS HEL-700 Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Accurate and interchangeable • Enhanced stability • Teflon or fiberglass lead wires • Wide temperature range • Ceramic case material • Multiple sizes

Benefits: Fully assembled and ready to use without need for fragile splices to extension leads. Wide temperature range covers most potential applications such as HVAC, electronic assemblies and process control.

HEL-775 Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Accurate and interchangeable • Enhanced stability • Thin film platinum • Ceramic SIP package • Solderable leads • Small size

Benefits: Ceramic SIP package with solderable leads provides strong connections for wires or printed circuits. Ideal for PCBs, temperature probes and other lower temperature applications including HVAC, electronic assemblies and process control applications.

HEL-777/776 Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Accurate and interchangeable • Enhanced stability • Thin film platinum • Molded plastic SIP package • Solderable leads • Small size

Benefits: Molded plastic SIP package with solderable leads provides strong connections for wires or printed circuits. 1000 Ohm, 375 alpha version provides 10X greater sensitivity and signal to noise. Ideal for PCBs, temperature probes, or other potential applications including HVAC, electronic assemblies and process control.

700 Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Enhanced accuracy • Interchangeability • Surface mount versions • Enhanced stability • Enhanced time response • Wide temperature range • Cost effective

Benefits: Economical, miniature temperature sensors available in two

sizes each of leaded and surface mount configurations. Surface mount in industry-standard 0805 and 1206 packages. 100 Ohm and 1000 Ohm base resistance in both 3850 ppm/K and 3750 ppm/K temperature coefficients (385 and 375 alphas). Tolerances meet DIN class A, DIN class B and DIN class 2B industry standards. Wide temperature range covers most potential applications. Including HVAC, electronic assemblies, thermal management and process control.

HRTS Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Resistance interchangeable • Accurate • Fast • Laser trimmed • Wide temperature range

Benefits: Fully assembled and ready to use without need for fragile splices to extension leads. Wide temperature range covers most potential applications including HVAC, electronic assemblies and process control applications.

TD Series.

Features: Linear resistance vs. temperature • Interchangeable without recalibration • Thin film • Laser trimmed • Long term stability • Air or liquid temperature sensing • Cost effective

Benefits: Provide 8 Ohm/°C sensitivity with inherently near linear output. Completely interchangeable without sensor-to-sensor recalibration. Silicon chip sensing element with proven thin film processing reliability. Individually laser trimmed. TD4A environmentally sealed liquid temperature sensors simple to install. TD5A miniature temperature sensors used where space is at a premium. Very small thermal mass for rapid response to temperature changes in potential industrial applications including HVAC, semiconductor protection, and process control.

DISCRETE THERMISTORS

111 Series.

Features: Enhanced response time • Hermetically sealed in glass • Enhanced long-term stability • Micro size • Relatively uniform size • Weldable platinum iridium leads

Benefits: Highly sensitive to electric power. Potential for use in self-heat applications such as gas flow measurement and thermal conductivity analysis. Micro size for use in extremely small application spaces, such as medical assemblies.

112 Series.

Features: Enhanced response time • Hermetically sealed in glass • Enhanced long-term stability • Small size • Meets MIL-T-23648 • Weldable platinum iridium leads

Benefits: Small sensors designed to provide maximum stability for potential low cost, general purpose temperature measurement and control applications as well as most stringent military and aerospace applications.

115 Series.

Features: E-I matched in air or helium • Resistance matched at 25 °C [77 °F] • Interchangeable pairs • Extended life • Compression-type glass hermetic seal • High pressure solder seal

Benefits: Two beads, each bead mounted to a special hermetically-sealed header. Use higher resistance units at higher ambient temperatures for maximum sensitivity. Potential for use in gas chromatography, thermal conductivity gas analysis instruments, medical and military/aerospace applications.

120 Series.

Features: Hermetically sealed in glass • Enhanced reliability and stability • Weldable/solderable dumet leads

Benefits: Shock resistant, rugged, glass encapsulated units often ideal for immersion in fluid and convenient for mounting in air sensing assemblies. Extremely reliable. Wide variety of potential military and aerospace applications.

121 Series.

Features: Hermetically sealed in glass • Enhanced reliability and stability • Weldable/solderable dumet leads

TD Series

TEMPERATURE SENSORS

GENERAL INFORMATION

Each TD sensor includes a 0.040 x 0.050 in silicon sensing element. The element is a laser trimmed thin-film resistive network, calibrated for sensor-to-sensor interchangeability.

TD4 sensors are designed for liquid temperature sensing. TD4A is a two-terminal threaded anodized aluminum housing. TD5A is a miniature plastic package designed for small size and low cost.

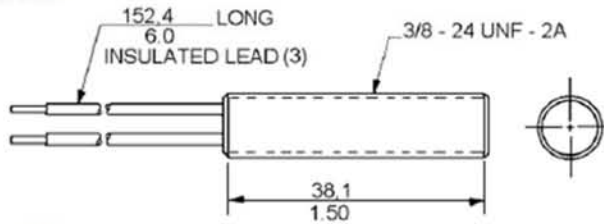
CAUTION

PRODUCT DAMAGE

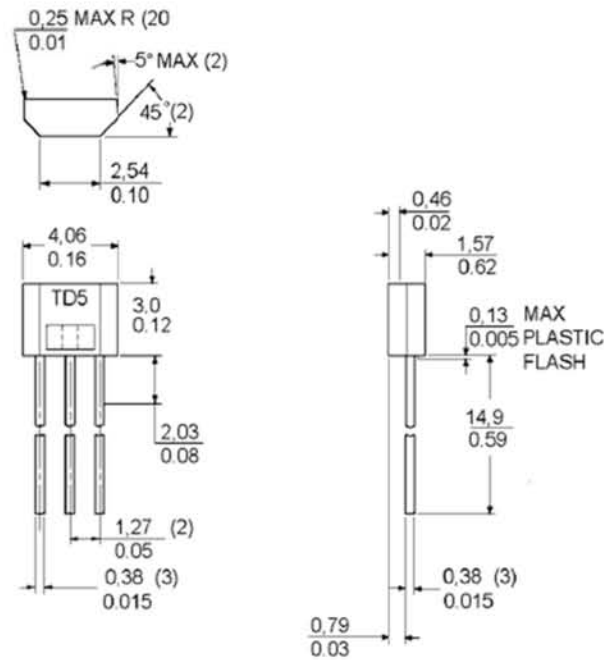
The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product.

MOUNTING DIMENSIONS (for reference only) mm/in

TD4A



TD5A



TEMPERATURE SENSORS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Operating Temperature	-40 to +150°C (-40 to +302°F)
Storage Temperature	-55 to +170°C (-67 to +338°F)
Voltage	10 VDC Continuous (24 hours)

INTERCHANGEABILITY (with 1 mA maximum current)

Temperature		Resistance (Ω)	Temperature		Resistance (Ω)
°C	°F		°C	°F	
-40	-40	1584 ± 12 (1.9°C)	+60	140	2314 ± 9 (1.1°C)
-30	-22	1649 ± 11 (1.7°C)	+70	158	2397 ± 10 (1.2°C)
-20	-4	1715 ± 10 (1.5°C)	+80	176	2482 ± 12 (1.4°C)
-10	14	1784 ± 9 (1.3°C)	+90	194	2569 ± 14 (1.6°C)
0	32	1854 ± 8 (1.1°C)	+100	212	2658 ± 16 (1.8°C)
+10	50	1926 ± 6 (0.8°C)	+110	230	2748 ± 18 (2.0°C)
+20	68	2000 ± 5 (0.7°C)	+120	248	2840 ± 19 (2.0°C)
+30	86	2076 ± 6 (0.8°C)	+130	266	2934 ± 21 (2.2°C)
+40	104	2153 ± 6 (0.8°C)	+140	284	3030 ± 23 (2.4°C)
+50	122	2233 ± 7 (0.9°C)	+150	302	3128 ± 25 (2.5°C)

It is recommended that resistance measurements be made of 1000 uA or less to minimize internal heating of the sensor. Measurements at currents up to 1 mA will not damage the sensor, but the resistance characteristics should be adjusted for internal heating.

Equation for computing resistance:

$$R_T = R_0 + (3.84 \times 10^{-3} \times R_0 \times T) + (4.94 \times 10^{-6} \times R_0 \times T^2)$$

R_T = Resistance at temperature R

R_0 = Resistance at 0°C

T = Temperature in °C

Figure 2. Linear Output Voltage Circuit

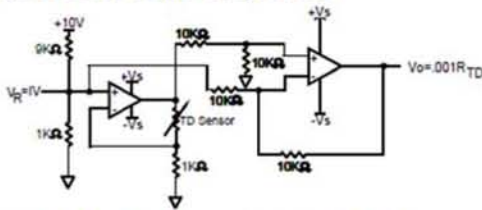
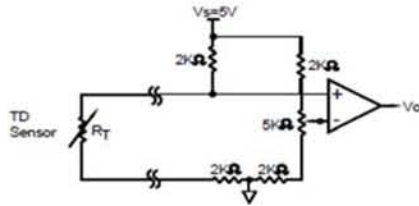


Figure 3. Adjustable Point (Comparator) Interface



TD Series

Linearity

± 2% (-25 °C to 85 °C)

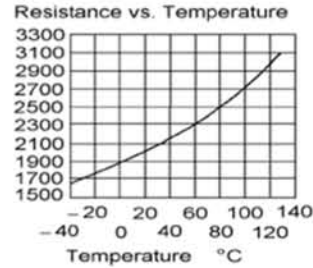
± 3% (-40 °C to 150 °C)

TD sensors can be linearized to within ± 0.2 %

Repeatability

± 1 Ohm

FIGURE 1. TD SERIES RESISTANCE VS TEMPERATURE CURVE



ELECTRICAL INTERFACING

The high nominal resistance, positive temperature coefficient and linear sensitivity characteristics of the TD Series temperature sensors simplifies the task of designing a simple circuit that can be used to linearize the voltage output to within 0.2% or a ± 0.4 °C error over a range of 40 to +150 °C (-40 to +302 °F).

Figure 2 is a simple circuit that can be used to linearize the voltage output to within 0.2% or a ± 0.4 °C error over a range of -40 to +150 °C (-40 to +302 °F).

Figure 3 illustrates one method of detecting one particular temperature. The potentiometer in the comparator circuit can be adjusted to correspond to the desired temperature.

Temperature Sensors HEL-700

PLATINUM RTDs

WARRANTY and REMEDY

Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Contact your local sales office for warranty information. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace without charge those items it finds defective. The foregoing is Buyer's sole remedy and is **in lieu of all other warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose.**

Specifications may change at any time without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

While we provide application assistance, personally, through our literature and the Honeywell website, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

For application assistance, current specifications, or name of the nearest Authorized Distributor, contact a nearby sales office. Or call:

1-800-537-6945 USA

1-800-737-3360 Canada

1-815-235-6847 International

FAX

1-815-235-6545

INTERNET

www.honeywell.com/sensing

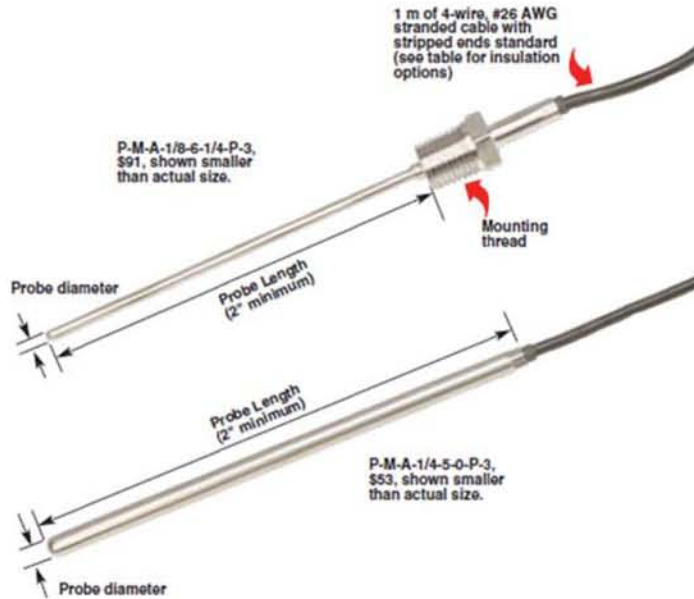
info@micro.honeywell.com

Ultra Precise Immersion RTD Sensors

Starts at
\$53



- ✓ 100 Ω Platinum RTDs with 1/10 DIN, 1/5 DIN, or Class "A" Accuracies
- ✓ Temperature Range -100 to 400°C (-148 to 752°F) Depending on Cable and Accuracy Selected
- ✓ 4-Wire Construction in 6 and 3 mm (1/4 and 1/8") Diameters
- ✓ A Range of Mounting Threads and Cable Materials are Available



Standard Dimensions

 MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!

To Order (Specify Model Number)								
Accuracy	Sensor Diameter	Mounting Thread	PVC Insulated Model Number 6" Probe Length	Price	PFA Insulated Model Number 6" Probe Length	Price	Fiberglass Insulated Model Number 6" Probe Length	Price
1/10 DIN	1/8"	None	P-M-1/10-1/8-6-0-P-3	\$105	P-M-1/10-1/8-6-0-T-3	\$107	P-M-1/10-1/8-6-0-G-3	\$109
		1/4 NPT	P-M-1/10-1/8-6-1/8-P-3	127	P-M-1/10-1/8-6-1/8-T-3	129	P-M-1/10-1/8-6-1/8-G-3	131
	1/4"	None	P-M-1/10-1/4-6-0-P-3	90	P-M-1/10-1/4-6-0-T-3	91	P-M-1/10-1/4-6-0-G-3	93
		1/4 NPT	P-M-1/10-1/4-6-1/8-P-3	111	P-M-1/10-1/4-6-1/8-T-3	113	P-M-1/10-1/4-6-1/8-G-3	115
1/5 DIN	1/8"	None	P-M-1/3-1/8-6-0-P-3	78	P-M-1/3-1/8-6-0-T-3	80	P-M-1/3-1/8-6-0-G-3	82
		1/4 NPT	P-M-1/3-1/8-1/8-P-3	100	P-M-1/3-1/8-6-1/8-T-3	101	P-M-1/3-1/8-6-1/8-G-3	103
	1/4"	None	P-M-1/3-1/4-6-0-P-3	62	P-M-1/3-1/4-6-0-T-3	64	P-M-1/3-1/4-6-0-G-3	66
		1/4 NPT	P-M-1/3-1/4-6-1/8-P-3	84	P-M-1/3-1/4-6-1/8-T-3	85	P-M-1/3-1/4-6-1/8-G-3	87
Class A	1/8"	None	P-M-A-1/8-6-0-P-3	69	P-M-A-1/8-6-0-T-3	71	P-M-A-1/8-6-0-G-3	73
		1/4 NPT	P-M-A-1/8-6-1/8-P-3	91	P-M-A-1/8-6-1/8-T-3	92	P-M-A-1/8-6-1/8-G-3	94
	1/4"	None	P-M-A-1/4-6-0-P-3	53	P-M-A-1/4-6-0-T-3	55	P-M-A-1/4-6-0-G-3	57
		1/4 NPT	P-M-A-1/4-6-1/8-P-3	75	P-M-A-1/4-6-1/8-T-3	76	P-M-A-1/4-6-1/8-G-3	78

For longer sheath length, change "6" in model to desired length in inches and add \$1 per inch to price when longer than 8". For Silicone Rubber insulated cable, change "P", "T" or "G" to "S" in the model number and use PFA pricing. For longer cable lengths, change "3" to desired length in feet and add \$0.40/foot for PVC, \$0.95/foot for PFA or Silicone Rubber and \$1.50/foot for fiberglass. For shielding on PVC, PFA or Fiberglass insulated cables, change "P", "T" or "G" to "PS", "TS" or "GS" and add \$0.25 per foot to the price. Mounting threads also available in 1/4 NPT, 3/8 NPT and 1/2 NPT at the same price. 1/8" diameter sensors without threaded fittings and with "P", "PS", "TS", "GS" and "S" cables include a transition fitting at the end of the sheath.

Ordering Examples: P-M-1/10-1/8-6-1/4-P-3, immersion sensor with 1/8" diameter sheath 6" long with 1/4 NPT mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-Wire PVC cable 3' long with stripped leads, \$127.

P-M-1/10-1/4-6-0-P-3, immersion sensor with 1/4" diameter sheath 6" long with no mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-Wire PVC cable 3' long with stripped leads, \$90.

Interchangeability in °C			
Temp °C	Class A	1/2 DIN	1/3 DIN
-100	0.35		
-50	0.25	0.18	
0	0.15	0.10	0.03
100	0.35	0.27	0.08
200	0.55	0.43	
250	0.65	0.52	
300	0.75		
350	0.85		
400	0.95		
450	1.05		

Cable Options Temperature Range	
PVC Insulated	-29 to 100°C (-20 to 212°F)
PFA Insulation	-100 to 250°C (-148 to 482°F)
Fiberglass Insulation	-73 to 400°C (-99 to 753°F)
Silicone Insulated	-50 to 200°C (-58 to 392°F)



Photo by Craig Terry, courtesy of Chemical Engineering Program at Rowan University

Omega's Ultra-Precise RTD sensors are used in a wide variety of applications where accuracy and precise temperature measurement means the difference between failure and success. Why not join the growing list of customers utilizing the best the market has to offer?

Metric Dimensions

MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!

To Order (Specify Model Number)								
Accuracy	Sensor Diameter	Mounting Thread	PVC Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price	PFA Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price	Fiberglass Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price
1/2 DIN	3 mm	None	P-M-1/10-M30-150-0-P-1	\$106	P-M-1/10-M30-150-0-T-1	\$108	P-M-1/10-M30-150-0-G-1	\$109
		M6x1	P-M-1/10-M30-150-M6-P-1	127	P-M-1/10-M30-150-M6-T-1	129	P-M-1/10-M30-150-M6-G-1	131
	6 mm	None	P-M-1/10-M60-150-0-P-1	90	P-M-1/10-M60-150-0-T-1	92	P-M-1/10-M60-150-0-G-1	93
		M6x1	P-M-1/10-M60-150-M8-P-1	111	P-M-1/10-M60-150-M8-T-1	113	P-M-1/10-M60-150-M8-G-1	115
1/3 DIN	3 mm	None	P-M-1/3-M30-150-0-P-1	78	P-M-1/3-M30-150-0-T-1	80	P-M-1/3-M30-150-0-G-1	82
		M6x1	P-M-1/3-M30-150-M6-P-1	100	P-M-1/3-M30-150-M6-T-1	108	P-M-1/3-M30-150-M6-G-1	103
	6 mm	None	P-M-1/3-M60-150-0-P-1	62	P-M-1/3-M60-150-0-T-1	64	P-M-1/3-M60-150-0-G-1	66
		M6x1	P-M-1/3-M60-150-M8-P-1	84	P-M-1/3-M60-150-M8-T-1	86	P-M-1/3-M60-150-M8-G-1	87
Class A	3 mm	None	P-M-A-M30-150-0-P-1	69	P-M-A-M30-150-0-T-1	71	P-M-A-M30-150-0-G-1	93
		M6x1	P-M-A-M30-150-M6-P-1	91	P-M-A-M30-150-M6-T-1	93	P-M-A-M30-150-M6-G-1	94
	6 mm	None	P-M-A-M60-150-0-P-1	53	P-M-A-M60-150-0-T-1	55	P-M-A-M60-150-0-G-1	57
		M6x1	P-M-A-M60-150-M8-P-1	75	P-M-A-M60-150-M8-T-1	77	P-M-A-M60-150-M8-G-1	78

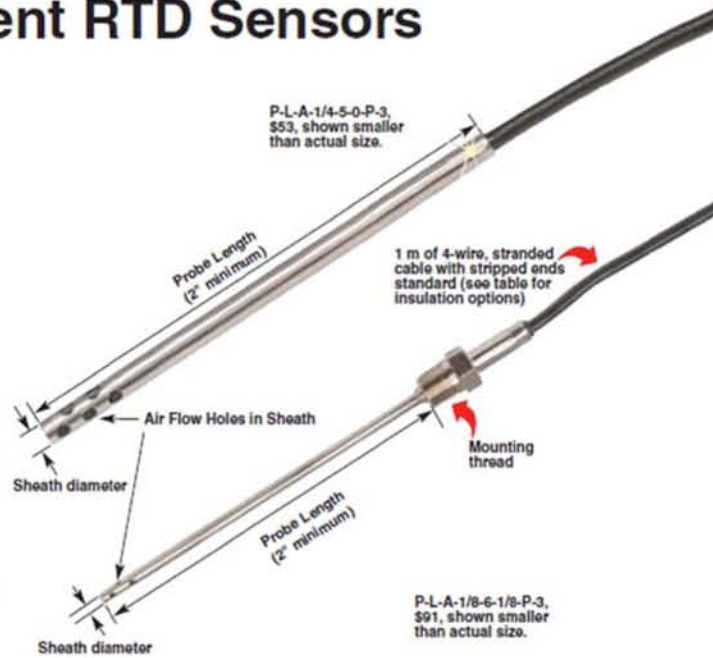
For longer sheath length, change "-150" in model number to desired length in millimeters and add \$1 per 25 mm to the price when longer than 200 mm. For Silicone Rubber insulated cable, change "-P", "-T" or "-G" to "-S" in the model number and use PFA pricing. For longer cable lengths, change "-1" to desired length in meters and add \$1.30/meter for PVC, \$3.10/meter for PFA or Silicone Rubber and \$4.90/meter for fiberglass. For shielding on PVC, PFA or Fiberglass insulated cables, change "P", "T" or "G" to "PS", "TS" or "GS" and add \$0.60 per meter to the price. Mounting threads also available in M8x1 and M10x1 at the same price (Note: M6 threads not available on 6 mm Dia probes). 3 mm diameter sensors without threaded fittings and with "P", "PS", "TS", "GS" and "S" cables include a transition fitting at the end of the sheath. **Ordering Examples:** P-M-1/10-M30-100-M6-P-1, immersion sensor with 3 mm diameter sheath 120 mm long with M6x1 mounting thread, 1/2 DIN accuracy, 4-Wire PVC cable 1 meter long with stripped leads, \$111. P-M-1/10-M60-125-0-P-1, immersion sensor with 6 mm diameter sheath 125 mm long with no mounting thread, 1/2 DIN accuracy, 4-Wire PVC cable 1 meter long with stripped leads, \$90.

Ultra Precise Air and Gas Measurement RTD Sensors

Starts at
\$53



- ✓ 100 Ω Platinum RTDs with Class "A", 1/2 DIN and 1/10 DIN Accuracies
- ✓ Temperature Range -100 to 400°C (Depending on Cable and Accuracy Selection)
- ✓ 4-Wire Construction in 6 and 3 mm (1/4 and 3/16") Diameters
- ✓ A Range of Mounting Threads and Cable Materials are Available



Standard Dimensions

 MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!

To Order (Specify Model Number)								
Accuracy	Sensor Diameter	Mounting Thread	PVC Insulated Model Number 6" Probe Length	Price	PFA Insulated Model Number 6" Probe Length	Price	Fiberglass Insulated Model Number 6" Probe Length	Price
1/10 DIN	1/8"	None	P-L-1/10-1/8-6-0-P-3	\$105	P-L-1/10-1/8-6-0-T-3	\$107	P-L-1/10-1/8-6-0-G-3	\$109
		1/8 NPT	P-L-1/10-1/8-6-1/8-P-3	127	P-L-1/10-1/8-6-1/8-T-3	129	P-L-1/10-1/8-6-1/8-G-3	131
	1/4"	None	P-L-1/10-1/4-6-0-P-3	90	P-L-1/10-1/4-6-0-T-3	91	P-L-1/10-1/4-6-0-G-3	93
		1/8 NPT	P-L-1/10-1/4-6-1/8-P-3	111	P-L-1/10-1/4-6-1/8-T-3	113	P-L-1/10-1/4-6-1/8-G-3	115
1/2 DIN	1/8"	None	P-L-1/3-1/8-6-0-P-3	78	P-L-1/3-1/8-6-0-T-3	80	P-L-1/3-1/8-6-0-G-3	82
		1/8 NPT	P-L-1/3-1/8-6-1/8-P-3	100	P-L-1/3-1/8-6-1/8-T-3	101	P-L-1/3-1/8-6-1/8-G-3	103
	1/4"	None	P-L-1/3-1/4-6-0-P-3	62	P-L-1/3-1/4-6-0-T-3	64	P-L-1/3-1/4-6-0-G-3	66
		1/8 NPT	P-L-1/3-1/4-6-1/8-P-3	84	P-L-1/3-1/4-6-1/8-T-3	85	P-L-1/3-1/4-6-1/8-G-3	87
Class A	1/8"	None	P-L-A-1/8-6-0-P-3	69	P-L-A-1/8-6-0-T-3	71	P-L-A-1/8-6-0-G-3	73
		1/8 NPT	P-L-A-1/8-6-1/8-P-3	91	P-L-A-1/8-6-1/8-T-3	92	P-L-A-1/8-6-1/8-G-3	94
	1/4"	None	P-L-A-1/4-6-0-P-3	53	P-L-A-1/4-6-0-T-3	55	P-L-A-1/4-6-0-G-3	57
		1/8 NPT	P-L-A-1/4-6-1/8-P-3	75	P-L-A-1/4-6-1/8-T-3	76	P-L-A-1/4-6-1/8-G-3	78

For longer sheath length, change "6" in model number to desired length in inches and add \$1 per inch to price when longer than 8". For Silicone Rubber insulated cable, change "P", "T" or "G" to "S" in the model number and use PFA pricing. For longer cable lengths, change "3" to desired length in feet and add \$0.40/foot for PVC, \$0.95/foot for PFA or silicone rubber and \$1.50/foot for fiberglass. For shielding on PVC, PFA or Fiberglass insulated cables, change "P", "T" or "G" to "PS", "TS" or "GS" and add \$0.25 per foot to the price. Mounting threads also available in 1/4 NPT, 3/8 NPT and 1/2 NPT at the same price. 1/8" diameter sensors without threaded fittings and with "P", "PS", "TS", "GS" and "S" cables include a transition fitting at the end of the sheath.

Ordering Examples: P-L-1/10-1/8-6-1/8-P-3, air sensor with 1/8" diameter sheath 6" long with 1/8 NPT mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-wire PVC cable 3' long with stripped leads, \$127.

P-L-1/10-1/4-6-0-P-3, air sensor with 1/4" diameter sheath 6" long with no mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-wire PVC cable 3' long with stripped leads, \$90.

These sensors are designed for use in air and gas applications. Vent holes at the tip of the sensor allow the air or gas to directly pass around the RTD element providing the fastest, most accurate measurement possible.

Interchangeability In °C			
Temp °C	Class A	1/2 DIN	1/3 DIN
-100	0.35		
-50	0.25	0.18	
0	0.15	0.10	0.03
100	0.35	0.27	0.08
200	0.55	0.43	
250	0.65	0.52	
300	0.75		
350	0.85		
400	0.95		
450	1.05		

Cable Options Temperature Range	
PVC Insulated	-29 to 100°C (-20 to 212°F)
PFA PTFE Insulation	-100 to 250°C (-148 to 482°F)
Fiberglass Insulation	-73 to 400°C (-99 to 753°F)
Silicone Insulated	-50 to 200°C (-58 to 392°F)



P-L-A-1/4-6-0-T-3 Class A Air Sensor, \$55, with optional HH804U hand held meter, \$149, shown smaller than actual size. For more information on HH804U see page L-17.

Metric Dimensions

MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!

To Order (Specify Model Number)								
Accuracy	Sensor Diameter	Mounting Thread	PVC Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price	PFA Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price	Fiberglass Insulated Model Number 150 mm Probe Length	Price
1/3 DIN	3 mm	None	P-L-1/10-M30-150-0-P-1	\$106	P-L-1/10-M30-150-0-T-1	\$108	P-L-1/10-M30-150-0-G-1	\$109
		M6x1	P-L-1/10-M30-150-M6-P-1	127	P-L-1/10-M30-150-M6-T-1	129	P-L-1/10-M30-150-M6-G-1	131
	6 mm	None	P-L-1/10-M60-150-0-P-1	90	P-L-1/10-M60-150-0-T-1	92	P-L-1/10-M60-150-0-G-1	93
		M6x1	P-L-1/10-M60-150-M8-P-1	111	P-L-1/10-M60-150-M8-T-1	113	P-L-1/10-M60-150-M8-G-1	115
1/10 DIN	3 mm	None	P-L-1/3-M30-150-0-P-1	78	P-L-1/3-M30-150-0-T-1	80	P-L-1/3-M30-150-0-G-1	82
		M6x1	P-L-1/3-M30-150-M6-P-1	100	P-L-1/3-M30-150-M6-T-1	102	P-L-1/3-M30-150-M6-G-1	103
	6 mm	None	P-L-1/3-M60-150-0-P-1	62	P-L-1/3-M60-150-0-T-1	64	P-L-1/3-M60-150-0-G-1	66
		M6x1	P-L-1/3-M60-150-M8-P-1	84	P-L-1/3-M60-150-M8-T-1	86	P-L-1/3-M60-150-M8-G-1	87
Class A	3 mm	None	P-L-A-M30-150-0-P-1	69	P-L-A-M30-150-0-T-1	71	P-L-A-M30-150-0-G-1	73
		M6x1	P-L-A-M30-150-M6-P-1	91	P-L-A-M30-150-M6-T-1	93	P-L-A-M30-150-M6-G-1	94
	6 mm	None	P-L-A-M60-150-0-P-1	53	P-L-A-M60-150-0-T-1	55	P-L-A-M60-150-0-G-1	57
		M6x1	P-L-A-M60-150-M8-P-1	75	P-L-A-M60-150-M8-T-1	77	P-L-A-M60-150-M8-G-1	78

For longer sheath length, change "-150" in model number to desired length in millimeters and add \$1 per 25 mm to the price when longer than 200 mm. For silicone rubber insulated cable, change "-P", "-T" or "-G" to "-S" in the model number and use PFA pricing. For longer cable lengths, change "-1" to desired length in meters and add \$1.30/meter for PVC, \$3.10/meter for PFA or silicone rubber and \$4.90/meter for fiberglass. For shielding on PVC, PFA or fiberglass insulated cables, change "P", "T" or "G" to "PS", "TS" or "GS" and add \$0.60 per meter to the price. Mounting threads also available in M6x1 and M10x1 at the same price (Note: M6 threads not available on 6 mm Dia probes). 3 mm diameter sensors without threaded fittings and with "P", "PS", "TS", "GS" and "S" cables include a transition fitting at the end of the sheath.

Ordering Examples: P-L-1/10-M30-150-M6-P-1, air sensor with 3 mm diameter sheath 150 mm long with M6x1 mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-wire PVC cable 1 m long with stripped leads, \$127.
P-L-1/10-M60-150-0-P-1, air sensor with 6 mm diameter sheath 150 mm long with no mounting thread, 1/10 DIN accuracy, 4-wire PVC cable 1 m long with stripped leads, \$90.

HUMIDITY
VERIS INDUSTRIES

3% and 5% ACCURACIES

1
Year
Warranty



Galvanized sheet metal housing provides protection and easy connections



Accommodates temperature options such as transmitter, thermistor, or RTD

Economy Duct and Outdoor Humidity Sensors

HED/HEO Economy Series humidity transmitters offer an array of humidity control solutions at an affordable price. All devices include embedded electronics to protect against condensation. The thin-film capacitive sensor elements provide high accuracy and performance.

The duct mounted HED includes a sturdy sheet metal housing. The outdoor HEO incorporates the same reliability as the indoor models into a casing rugged enough to withstand the elements.

All Economy models come with a standard one-year warranty.

Reduce Installation Costs with Combination Sensors

- Monitor humidity and temperature with a single device
- Semiconductor, temperature transmitter, or popular thermistor/RTD sensors available
- Circuitry is embedded in the probe for durability and protection

APPLICATIONS

- Managing energy systems
- HVAC economizer control
- Facilitating ASHRAE standards for environmental control

SPECIFICATIONS

Input Power	4-20mA version; loop powered 12-30VDC only, 30mA max.; 0-5V/0-10V versions; 12 (15 for 0-10V) to 30VDC/24VAC, 15mA max.
HS Element	Digitally profiled thin-film capacitive, non removable
Accuracy at 25°C from 10-90% RH	±3% or 5%
Reset Rate*	24 hours
Stability	±1% @ 20°C (68°F) annually, for two years
Operating Humidity Range	0 to 100% RH (non-condensing)
Temperature Effect	Voltage Versions: (0.0015%RH/°C-25)+ (6%RH/0.0008abs/(°C-25)) mA Versions: (0.0013x%RH/(°C-25))
Analog Output	4-20mA version: 2-wire, polarity insensitive, (clipped and capped); 0-5V/0-10V versions: 3-wire, observe polarity
Scaling	0-100% RH
Operating Temperature Range	-40° to 50°C (-40° to 122°F)
<i>Optional Temperature Output:</i>	
Transmitter Models	Digital 0-5V/0-10V output; accuracy ±1.3°C
RTD Models**	Customer specified thermistor, or RTD

1-year limited warranty

**Reset Rate is the time required to recover to 50% RH after exposure to 90% RH for 24 hours.*

One side of transformer secondary is connected to signal common. Isolation transformer, or dedicated power supply may be required

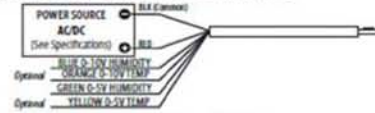
***RTD/Thermistors in wall packages are not compensated for internal heating of product.*

77
 800.354.8556
 503.598.4564
www.veris.com
©2008 Veris Industries

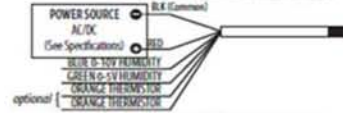


APPLICATION/WIRING DIAGRAMS

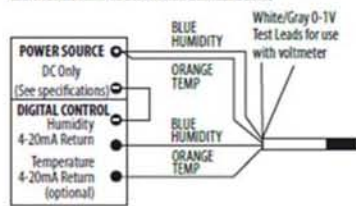
HED/HED 0-5V/0-10V Temperature Transmitter Versions



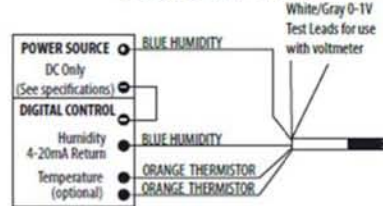
HED/HED 0-5V/0-10V Resistance Versions



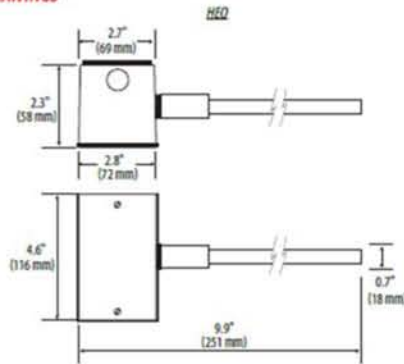
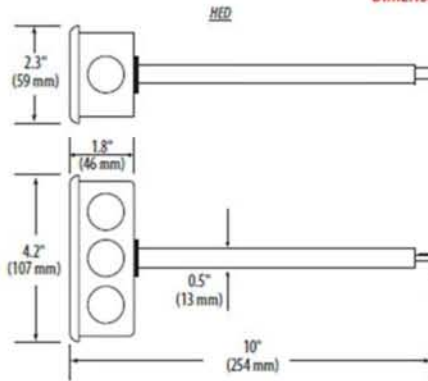
HED/HED 4-20mA Temperature Transmitter Versions



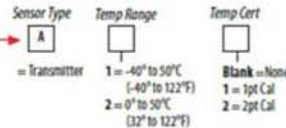
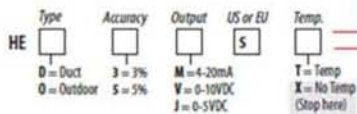
HED/HED 4-20mA Resistance Versions



DIMENSIONAL DRAWINGS



ORDERING INFORMATION



- Sensor Type
- B = 100R Platinum, RTD
 - C = 1k Platinum, RTD
 - D = 10K T2, Thermistor
 - E = 2.2k, Thermistor
 - F = 3k, Thermistor
 - G = 10K CFC, Thermistor
 - H = 10K T3, Thermistor
 - J = 10K Dale, Thermistor
 - K = 10k with 11k shunt, Thermistor
 - M = 20k NTC, Thermistor
 - N = 1800 ohm IAC, Thermistor
 - Q = 1uA/°C, Lintemp
 - R = 10k US, Thermistor
 - S = 10k 3A 221, Thermistor
 - T = 100k, Thermistor
 - U = 20k 'D', Thermistor
- Temp Cert
- Blank = None
 - 1 = 1pt Cal
 - 2 = 2pt Cal

ACCESSORIES

Water guard and other accessories...see page 218.
Replacement HS humidity element...see page 76.

TEMPERATURE AND HUMIDITY TRANSMITTERS with 4-20mA output

temperature* relative humidity* dew point temperature* absolute humidity* specific humidity* mixing ratio* specific enthalpy



Programmable temperature and humidity transmitters are equipped with temperature and relative humidity sensors. Measured values are also converted to other humidity interpretation - dew point temperature, absolute humidity, specific humidity, mixing ratio or specific enthalpy. Degrees Celsius and Fahrenheit are user selectable. Transmitters are available in wall-mount, duct-mount and bar types. Also types with T+RH probe on a cable are available. Transmitter contains a microprocessor based control circuitry in a durable plastic case with connection terminals and sensors in a stainless steel mesh filter. Humidity transmitters are also available with two galvanic isolated 4-20mA outputs. Configuration of outputs and output range are user adjustable. Computerized design ensures temperature compensation of the humidity sensor and fail indication. State-of-the-art capacitive polymer sensor ensures excellent calibration long term stability, inertia against water and condensation.

TECHNICAL PARAMETERS

Relative humidity operating range:	0 to 100%
Accuracy of relative humidity output:	±2.5% relative humidity from 5 to 95% at 23 °C
Accuracy of temperature output:	±0.4 °C from -30 to +100 °C, ±0.4% from reading over +100 °C
Accuracy of temperature output of T4111:	±0.15 °C + 0.1% from adjusted output span (without temperat. probe)
Accuracy and range of dew point temperature output:	±1.5 °C at ambient temperature < 25 °C and RH>30%, range -60 to +80 °C
Accuracy and range of absolute humidity output:	±3g/m ³ at ambient temperature T < 40 °C, range 0 to 400 g/m ³
Accuracy and range of specific humidity output:	±2g/kg at ambient temperature T < 35 °C, range 0 to 550 g/kg
Accuracy and range of mixing ratio output:	±2g/kg at ambient temperature T < 35 °C, range 0 to 995 g/kg
Accuracy and range of specific enthalpy output:	± 3kJ/kg at ambient temperature T < 25 °C, range 0 to 995 kJ/kg
Temperature operating range of the case:	-30 to +80 °C
Temperature operating range of the LCD display:	readable to +70 °C, recommended to switch off LCD over +70 °C
Range of temperature compensation of RH sensor:	-30 to +125 °C
Current outputs - two-wire connection:	4-20mA, galvanic isolated with dual-output models
Configuration of outputs and output range:	user adjustable from the PC
Filtering ability of sensor cover:	0.025mm
Power:	9-30Vdc
Dimensions of the case with electronics [W x H x D]:	89 x 73 x 39.5 mm
Protection of the case with electronics:	IP65 electronics, IP40 sensors



TEMPERATURE AND HUMIDITY TRANSMITTERS with 4-20mA output

TRANSMITTERS ARE AVAILABLE IN THE FOLLOWING MODELS:

MODEL	MEASUR. VALUE	MAXIMUM RANGE OF TEMPERATURE MEASUREMENT	STEM LENGTH	OUTPUT 1 ¹⁾	OUTPUT 2 ²⁾	NOTE
T1110	RH	-30 to +80 °C	75mm	0-100%RH ¹⁾	-	outdoor and indoor use
T3110	RH+T	-30 to +80 °C	75mm	0-100%RH ¹⁾	-30 to +80 °C ²⁾	outdoor and indoor use
T3113	RH+T	-30 to +125 °C ¹⁾	150mm	0-100%RH ¹⁾	-30 to +125 °C ²⁾	duct mount, versions - T3113, T3113D
T3117	RH+T	-30 to +125 °C ¹⁾	700mm	0-100%RH ¹⁾	-30 to +125 °C ²⁾	bar type
T3111	RH+T	-30 to +105 °C ¹⁾	probe cable 1,2,4m	0-100%RH ¹⁾	-30 to +105 °C ²⁾	T+RH probe with 1m cable. Diameter 18mm, length 90mm. Cable lengths 2m or 4m available.
T3111P	RH+T up to 25bars	-30 to +105 °C ¹⁾	probe cable 1,2,4m	0-100%RH ¹⁾	-30 to +105 °C ²⁾	Compressed air up to 25 bars. T+RH metal probe with 1m cable. Cable lengths 2m or 4m available. Diameter 18mm, length 110mm, thread G1/2.
TD110	T	-30 to +80 °C	53mm	-30 to +80 °C ²⁾	-	outdoor and indoor use
T4111	T	-200 to +600 °C	-	-200 to +600 °C	-	transducer for external Pt1000 probes, output range adjustable by the user

1) Maximum temperature only at the measuring end with sensors. Maximum temperature +105 °C for T3111 with cable probe is allowed also for the cable. Near plastic case with electronics maximum temperature is +80 °C. Humidity at temperature over +85 °C is limited - see the graph below.

2) Any value - temperature, relative humidity, dew point temperature, absolute humidity, specific humidity, mixing ratio or specific enthalpy can be assigned to each output of dual output transmitters. Also identical value can be assigned to both outputs. The T1110 transmitter has only relative humidity output.

Outputs are adjusted to maximum range from the manufacturer. Output range is user adjustable from the PC by means of the optional cable SPOC3 - see photo. Free configuration program TSensor for transmitter adjustment is ready to download anytime from www.cometsystem.cz.

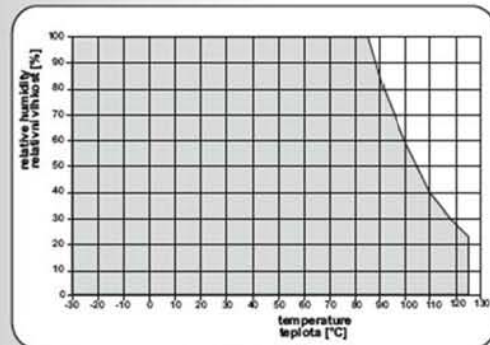
If different adjustment of outputs and output ranges are required, please specify required output values (RH, T, Tdp, ...) and required ranges.

Ordering example: Transmitter T3110, output 1: RH 10 to 90%, output 2: temperature 0 to 35 °C

Ordering example: Transducer T4111, output: -100 to +30 °C



Process Tools

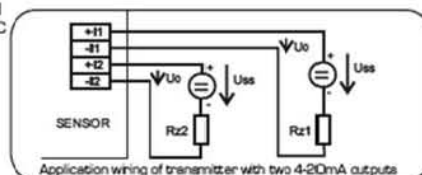
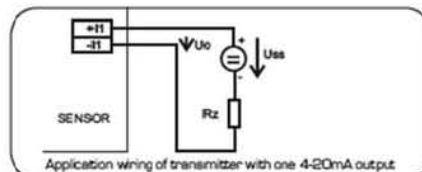


Included accessory: Traceable calibration certificate from the manufacturer; instruction manual. Calibration certificate with declared metrological traceability of etalons is based on requirements of EN ISO/IEC 17025 standard.

Free program TSensor for configuring of the transmitter is ready to download from www.cometsystem.cz. Comet probes with Pt1000 sensors are directly connectable to T4111 transducer - see further: There is a symbol /O behind probe name.

Other optional accessory: see further

Transmitters are directly compatible with sixteen channel Comet data acquisition system MSx.



Relative Humidity Transmitter

Wall, Duct Mount, and Remote Probe Models

HX92A



- ✓ 4 to 20 mA or 0 to 1 V Output
- ✓ Compact Size for Mounting Versatility
- ✓ Watertight Enclosure
- ✓ Accurate to 2.5% RH

The HX92A is an economical humidity transmitter, providing on-site continuous monitoring of relative humidity. It is available with either voltage or 2-wire current output. The transmitter output is linearized, and RH readings are temperature compensated. A thin-film polymer capacitor senses relative humidity. The sensor is protected by a stainless mesh-type filter that is easily removable for cleaning. The case has weathertight protection, and screws are provided for mounting the unit via internal holes. An unusually low minimum voltage of 6V allows the use of large impedances for longer wire runs. The HX93A is a similar unit that provides transmitter outputs for both humidity and temperature.

Specifications

Input Voltage Range:

24 Vdc nominal (6 to 30 Vdc)

Measuring Range RH: 3 to 95%

Temperature:

-20 to 75°C (-4 to 167°F)

† Refer to ordering chart on next page for NIST calibration ordering information.



HX92A9(*)-D duct mount shown.
HX90DM-KIT duct mount kit included with each unit.

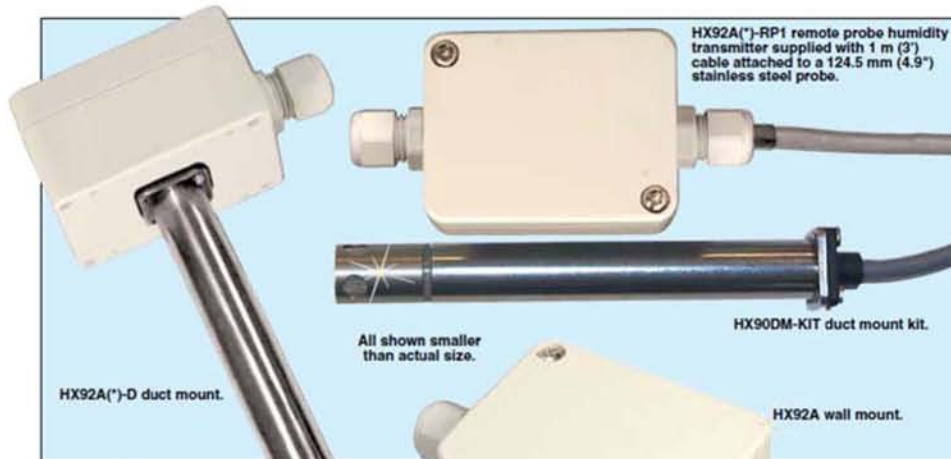
Relative Humidity Control System

The HX92A and HX92A(*)-D Series interface directly with OMEGA's iSeries meters and controllers to create a complete relative humidity control system.

iSeries meters and controllers feature totally programmable color displays and embedded internet connectivity. See Section "M" for meters and "P" for controllers.



DPI32 ½ DIN temperature/process meter shown actual size.



Accuracy RH:
 $\pm 2.5\%$ RH from 20 to 80% RH;
 $\pm 3.1\%$ RH below 20 and above 80% RH @ 25°C with temp coefficient of $\pm 0.1\%$ RH/°F

Output
HX92AC: 4 to 20 mA for 0 to 100% RH
HX92AV: 0 to 1 Vdc for 0 to 100% RH

RH Temperature Compensation:
 -20 to 75°C (-4 to 167°F)

RH Time Constant (90% Response at 25°C, in Moving Air at 1m/s):
 >10 seconds, 10 to 90% RH
 >15 seconds, 90 to 10% RH

Repeatability: $\pm 1\%$ RH, 0.5°F

Housing: Polycarbonate plastic watertight enclosure; meets NEMA 4X specifications

Connections: Liquid-tight nylon with neoprene gland, for 2 to 7 mm (0.09 to 0.265") diameter cable; internal 4-pin terminal block accepts 14 to 22 gage wire

Dimensions
HX92A(*) and HX92A(*)-D Enclosure:
 50 W x 65 L x 35 mm D
 (1.97 x 2.56 x 1.38")
HX92A(*) Probe: 15.9 D x 56 mm L
 (0.625 x 2.2")
HX92A(*)-D Probe: 15.9 D x 127 mm L
 (0.625 x 5")

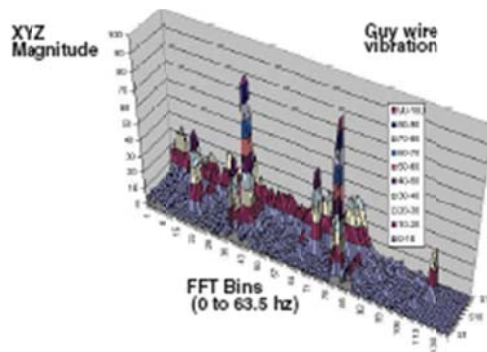
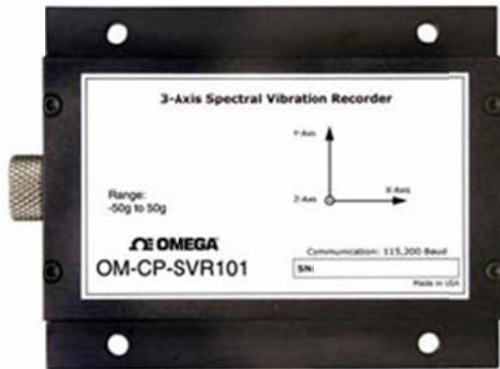
Weight:
HX92A(*): 82 g (2.9 oz)
HX92A(*)-D: 100 g (3.5 oz)

To Order visit omega.com/hx92a for Pricing and Details

Model No.	Description
HX92A(*)	Wall mount relative humidity transmitter
HX92A(*)-D	Duct mount relative humidity transmitter (includes HX90DM-KIT)
HX92A(*)-RP1	Remote probe RH transmitter (includes HX90DM-KIT)
HX92-CAL	Calibration kit, 11 and 75% RH standards
PSR-24S	Regulated power supply, US plug, 90 to 264 Vac input, 24 Vdc output, 400 mA, screw terminals, UL
PSR-24L	Regulated power supply, US plug, 90 to 264 Vac input, 24 Vdc output, 400 mA, stripped leads, UL
PSR-24L-230	Regulated power supply, European plug, 230 Vac input, 24 Vdc output, 400 mA, stripped leads, CE
PSU-93	Unregulated power supply, 16 to 23 Vdc, 300 mA max, screw terminal
TX4-100	4-conductor shielded transmitter cable, 30 m (100')
CAL-3-HU†	NIST-traceable calibration
HX90DM-KIT	Duct mounting kit (for HX92A(*)-D or HX92A(*)-RP1 only)

* For 4 to 20 mA output, specify "C" or for 0 to 1 Vdc output specify "V".
 † Ordering Example: HX92AC, humidity transmitter with current output with HX92-CAL, calibration kit and PSU-93, power supply.

ANEXO 6



The OM-CP-SVR101 is a self-contained engineered to record accelerations for spectral analysis of vibration and peaks. This device is ideal for many applications including endurance testing, machinery failure detection, and vehicle vibration monitoring. This device records and time-tags 3-axis vibrations and peaks to provide a history of shock/vibration conditions. The device measures and computes real-time spectral data using an FFT (Fast Fourier Transform) from 0 to 128 [Hertz](#). To make efficient use of memory, the OM-CP-SVR101 only takes data when the (user preset) trigger level is exceeded. The minimum sampling rate is 2 seconds and the device can display peak X, Y, and Z shock data, vector sum for data evaluated.

Specifications

Acceleration Sensor: MEMS Semiconductor
Acceleration Range: $\pm 50g$
Acceleration [Resolution](#): 0.05g
Calibrated Accuracy: $\pm 1g$
Sampling Rate: 256Hz (decimated to 128Hz)
FFT Range: 0 to 128 (1Hz bins)
FFT Window Period: 2 seconds
FFT Sample Period: 2 seconds to 14,400 seconds (4 hrs)
Memory: 16 Mbit (3,971 samples)
Reading Rate: 2 secs up to 4 hrs

Start Modes: Software programmable immediate start or delay start up to 7 days in advance

Real Time Recording: May be used with PC to monitor and record instantaneous acceleration in real time

Calibration: Digital calibration through software

Calibration Date: Automatically recorded within device

Battery Type: 9 V battery user replaceable

Battery Life: 60 hours typical with 9V lithium battery

Power Consumption: 25 mA (average) recording, <40 μ A idle @ 25°C

Data Format: Time stamped [frequency](#) bins, peak acceleration, average and peak vector sum, temperature

Time Accuracy: \pm 1 minute/month (at 20°C, RS-232 port not in use)

Computer Interface: PC serial or USB, 115,200 [baud](#)

Software: XP SP3/Vista and 7 (32-[bit](#) and 64-[bit](#))

Operating Environment:

-20 to 60°C, (-4 to 140°F)

0 to 95% RH non-condensing

Dimensions: 1.0 x 3.5 x 4.4"

(26 mm x 89 mm x 112 mm)

Weight: 12 oz (340 g)

Materials: Anodized Aluminum

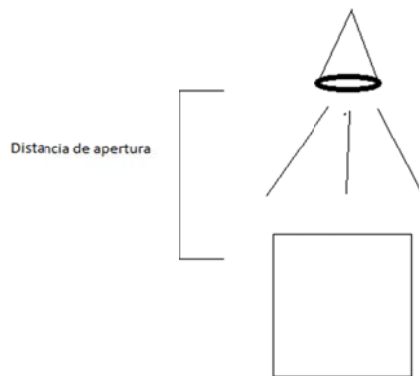
ANEXO 7

PROCEDIMIENTO REALIZADO PARA DETECTAR LUXES EN LA OBRA

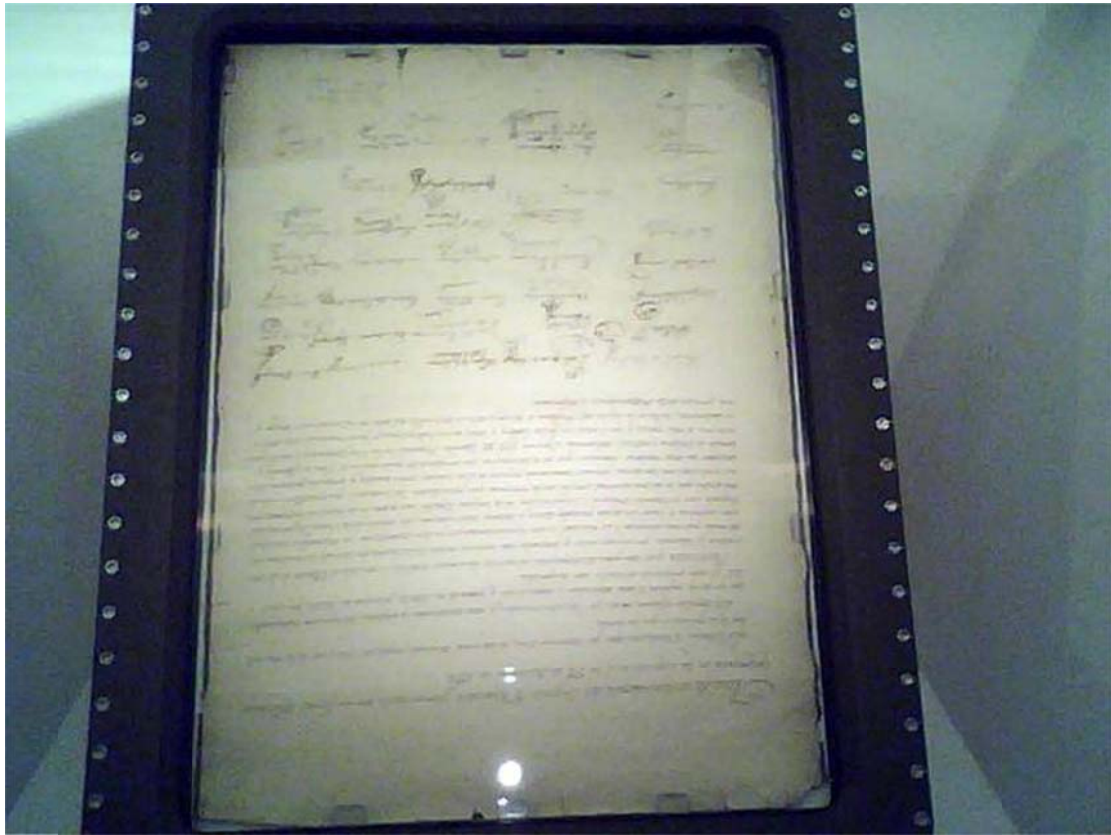
El foco, que es la iluminación central, tiene una emisión de luxes que va decayendo con el alejamiento del punto de emisión. Al llegar una superficie parte de la luz es absorbida y otra reflejada

La adquisición de luxes se hizo de manera indirecta, tomando puntos de referencia en la superficie del sistema con un luxómetro. Usando la extrapolación de imágenes tomadas por una webcam en un software de cálculo (MatLab) es posible realizar una medición de los luxes que entran en el documento y ver la curva de apertura de la luz.

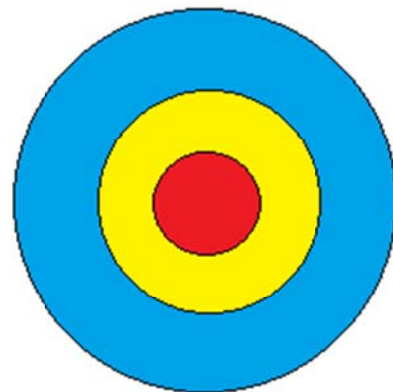
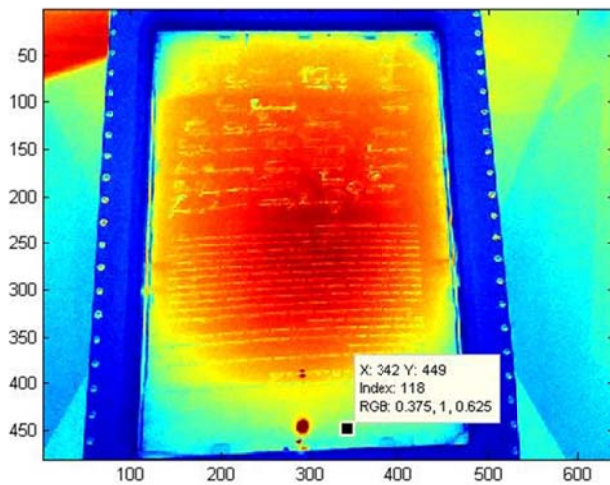
En un foco como el que se ocupó para la iluminación de la sala, se tiene una apertura cónica la cual consiste en difuminar de manera paulatina y en forma de cono la luz que se proporciona al documento, como se muestra en la siguiente figura.



Acta de independencia



En la figura # se observa la apertura de la luz . en el centro, donde se observan los tonos rojizos, se presenta la mayor concentración de energía, evidenciada por un valor máximo de luxes, conforme aumenta la distancia al centro la cantidad de luxes disminuye, lo que se aprecia con los tonos amarillos y azules.



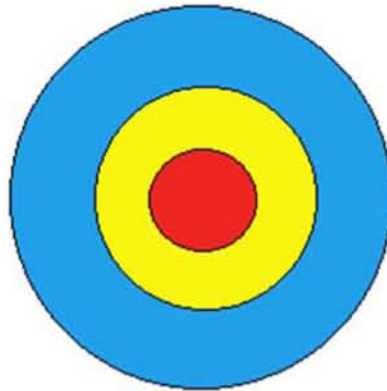
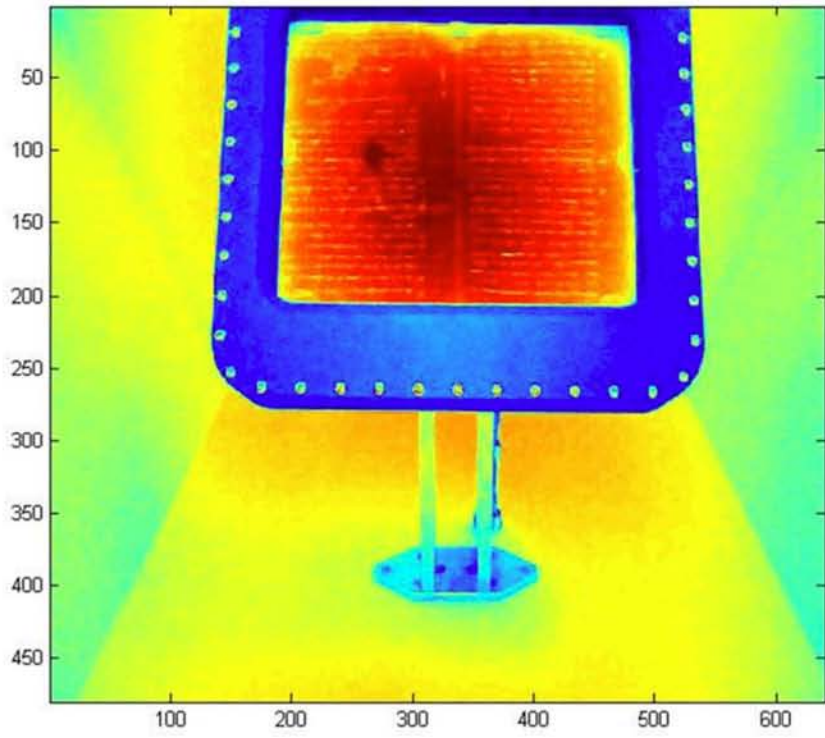
- rango de 30
- rango de 25
- rango menor de 15

La imagen procesada nos da los niveles de luxes, en donde el color rojo oscuro es el valor máximo de iluminación caracterizada en 40 luxes, con una absorción de 10 luxes por el filtro del vidrio protector, por lo que el acta recibe 30 luxes máximo al interior del encapsulado. El color azul representa el mínimo de iluminación, con 13 luxes.

Tomando los puntos de referencia se realizó la siguiente gráfica, que representa los valores más altos con la cantidad de luxes del centro

Los sentimientos de la nación:





- rango de 30
- rango de 25
- rango menor de 15

Los datos obtenidos del luxómetro, muestran que la incidencia de luz sobre el documento en el punto de mayor intensidad es de 35 luxes, con una absorción del de 10 luxes por parte del vidrio protector, dando 25 luxes de incidencia máxima en el documento.

Al ser el documento de menor tamaño, la superficie de apertura del cono no es grande dando una gráfica como la que se muestra a continuación se ve que el tono rojo más intenso es el punto focal de 25 luxes y 23 luxes en la parte donde se muestra el rojo un poco más claro el cual incide en casi todo el documento.