



**Ficha Técnica
Termohigrómetro
TMI-TH**

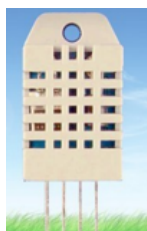
El TMI-TH es un sistema para sensar la temperatura y humedad relativa, diseñado por Tecnimaq Ingeniería S.A.S. como solución integral para los Centros de Diagnóstico Automotor en Colombia (CDA), y el cumplimiento de los requisitos para la medición de gases en vehículos con ciclo Otto y ciclo Diesel (NTC 4983, NTC 4231) y en motocicletas de 2T y 4T (NTC 5365).

Ventajas:

- Tiempo en servicio alto con un mínimo número de incidentes o fallas.
- Protección contra manipulación externa.
- Sistema de contingencia durante periodos de calibración o fallas en el termohigrómetro principal.
- Intercomparación automática del termohigrómetro principal y de contingencia para mantener medidas confiables todo el tiempo.
- Reducción de tiempos muertos de trabajo por condensación de agua debido a cambios de temperatura (normalmente al inicio de la jornada y al entrar la noche).
- Conexión simple.

Características técnicas:

- Termohigrómetro principal:



Power supply	3.3-6V DC	
Output signal	digital signal via MaxDetect 1-wire bus	
Sensing element	Polymer humidity capacitor	
Operating range	humidity 0-100%RH;	temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH (Max +-5%RH); temperature +-0.5Celsius	
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH;	temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH;	temperature +-0.2Celsius

(este termohigrómetro se puede remover para facilitar su calibración)

- Termohigrómetro de contingencia:



Relative Humidity (RH%)

* Custom Accuracy Tolerance Available

Resolution	14 bit (0.01%RH)
Accuracy ¹	±2.0%RH (20~80%RH)*
Repeatability	±0.2 %RH
Hysteresis	±2.0 %RH
Linearity	<2.0 %RH
Response time ²	7.0 sec (63%)
Temp Coefficient	Max 0.13 %RH/°C (at 10~60°C, 10~90%RH)
Operating range	0 ~ 100 %RH (Non-Condensing)
Long term drift	<0.5 %RH/yr (Normal condition)

Temperature (°C)

Resolution	14 bit (0.01°C)
Accuracy ³	±0.3°C (Figure 2)
Repeatability	±0.1°C
Response time	5.0 sec (63%)
Operating range	- 40 ~ 125 °C
Long term drift	<0.05 °C/yr (Normal condition)

1. Accuracies measured at 25°C, 5.0V.
2. Measured at 25°C, 1m/sec airflow for achieving 63% of step from 33%RH to 90%RH
3. Accuracies measured at 25, 5.0V.
4. Min 5.0 sec, Max 20 sec

(Este termohigrómetro es fijo y sirve como contingencia)



Diseño:

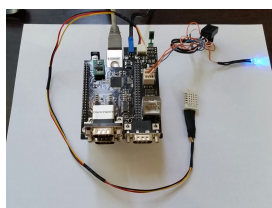
El sistema se encuentra embebido dentro de un equipo llamado TESLA- NETWORK, electrónica diseñada para interactuar con los analizadores de gases en el sistema de revisión técnico mecánica Tecni-RTM. Es también importante anotar, que la luz ultravioleta afecta el desempeño del sensor con el paso del tiempo, por lo que es importante mantenerlo en las condiciones de diseño.



(diseño embebido y protegido dentro de la “Tesla-Network”)

La caja contenedora en plástico ABS además de ser un adecuado conductor térmico para aplicaciones electrónicas, incorpora una serie de agujeros que permiten nivelar la temperatura y la humedad entre el interior y el exterior.

En el interior se puede observar los dos termohigrómetros, uno con cable y conector para ser reemplazado fácilmente y enviado a calibración y el otro soldado directamente en la tarjeta electrónica.



El sistema se diseñó para una efectiva protección de los sensores en las condiciones ambientales de una pista de revisión técnico mecánica y de emisiones contaminantes, donde el polvo, viento, y desechos de hollín producto de la combustión de los vehículos, pueden alterar la vida útil de los sensores; lo anterior sin alterar las mediciones ambientales.

Consideraciones adicionales para el correcto funcionamiento:

Es posible sacar el sensor del termohigrómetro de la caja a discreción del CDA, pues se deja un cable lo suficientemente largo para realizar esta operación; esta estrategia puede ser usada por decisión del CDA, sin embargo **sacarlo de la caja INVALIDA INMEDIATAMENTE LA GARANTÍA DEL SENSOR**, por operarse en condiciones por fuera del diseño y recomendaciones de Tecnimaq Ingeniería S.A.S. **Se recomienda evitar la incidencia directa de la luz solar, fuentes de calor o taponar los orificios de ventilación.**

**Departamento de Ingeniería
Tecnimaq Ingeniería S.A.S.**



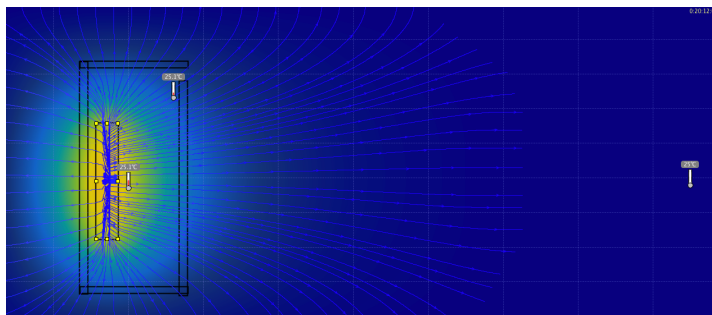
NOTAS DE DISEÑO TMI-TH

Tecnimaq opta por un diseño protegido como muchos termohigrómetros construidos para permanecer en un lugar específico, como se muestra en la siguiente figura:



Este diseño evita manipulaciones externas que afecten la vida útil de los sensores, evitando el extremo cuidado que se debe tener presente al tener un sensor expuesto. Es también importante anotar, que la luz ultravioleta afecta el desempeño del sensor con el paso del tiempo, por lo que es importante mantenerlo en las condiciones de diseño.

La caja contenedora es de 0.166 x 0.122 x 0.067 m, construida en plástico ABS, con una conductividad térmica de aproximadamente 0.19 W/(m·K), un calor específico de 1675 J/(kg·K) y una densidad de 1080 kg/m³. Es de tener en cuenta que la electrónica tiene un consumo promedio de 0.280 A a 5V, lo que da 1.4 W y teniendo en cuenta el volumen efectivo de radiación térmica corresponde aproximadamente a 0.028 m³, lo que da una radiación aproximada de 50 W/m³. Desarrollando una simulación del transiente del sistema durante 20 minutos luego de encender la electrónica para llegar a un punto estable, con una condición inicial de 25 °C, **la influencia de la electrónica es aproximadamente de tan solo 0.1 °C** sobre el sensor, valor que es debidamente corregido en el firmware de la electrónica. La siguiente gráfica muestra dicha simulación:



La transferencia de la humedad se da por diferencia de presiones parciales del vapor de agua entre el interior y el exterior de la caja, de acuerdo con la ley de Dalton. Esta transferencia es altamente eficiente debido a las velocidades cercanas a los 320 m/s que ocurren a nivel molecular en el aire. Dada esta característica molecular, luego del tiempo de estabilización pequeño la humedad dentro de la cámara llega inequívocamente a la humedad por fuera de la caja. Nuestros cálculos indican que para llevar el contenido de agua en la mezcla de aire desde el exterior al interior de la caja, teniendo en cuenta una presión atmosférica a nivel del mar y 25 °C de temperatura ambiente con una variación del 10 % de HR entre el interior y el exterior para alcanzar el 99.5% del valor en el exterior, puede llevar aproximadamente 4:08 minutos. Teniendo en cuenta la pequeña variación de temperatura en el sensor y su mínima influencia en la humedad relativa, es posible afirmar que el calor generado por la electrónica influye en la humedad relativa registrada de manera despreciable.

Tecnimaq ingeniería dentro de su proceso de desarrollo, realizó en sus instalaciones en la ciudad de Bogotá, dos series de cinco pruebas cada una, que consistía en poner dos termohigrómetros midiendo simultáneamente uno pegado con cinta doble faz en el interior y otro a 5 cm de distancia en el exterior,



(aparte del termohigrómetro de control soldado en la tarjeta electrónica); en la segunda serie se intercambiaron los termohigrómetros. Las pruebas se realizaron aproximadamente entre las 5 pm a 9 am del siguiente día para evitar la influencia de la respiración en el % de HR, el movimiento de aire causado por las personas y el calor generado por equipos y operarios en el recinto, que tiene 40 m³ de volumen dejando parcialmente abierta una ventana con un área de 0.6 m², a 3.1 m de distancia de los objetos bajo prueba. Los resultados son los siguientes:

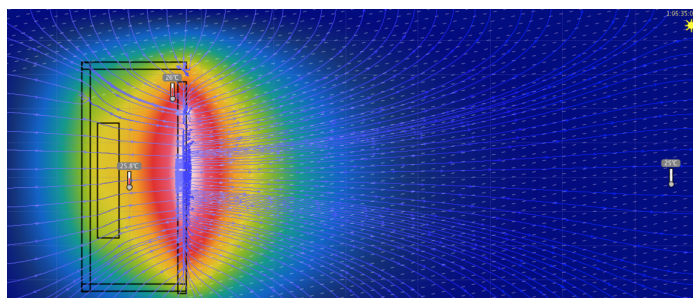
	Delta (TH1 - TH2)	Delta (TH en el interior - TH soldado)
Serie de pruebas 1. TH1 interior (5774 muestras) 1 muestra cada 10 s	-0.543 +- 0.154 % HR 0.0948 +- 0.0420 °C	0.681 +- 0.604 % HR 1.214 +- 1.093 °C
Serie de pruebas 2. TH2 interior (6027 muestras) 1 muestra cada 10 s	0.645 +- 0.229 % HR -0.1200 +- 0.0599 °C	0.670 +- 0.593 % HR 1.271 +- 1.113 °C

Nota: k=2, confianza 95%.

Dados los resultados anteriores, el firmware aplica una corrección de -0.594 % HR y -0.1074 °C. antes de transferir las medidas.

Consideraciones adicionales para el correcto funcionamiento:

Vale la pena destacar que las pruebas anteriores fueron realizadas en un ambiente donde no existían fuentes de calor o incidencia de la radiación directa del sol; si el sol incide directamente sobre la superficie plástica puede calentar el interior y afectar las lecturas de temperatura y humedad relativa. En la siguiente imagen se muestra como luego de una hora de radiación solar a media potencia nominal, a 15 grados de incidencia, la temperatura en el interior ya es superior a 1 °C en el termohigrómetro. **Se recomienda evitar la incidencia directa de la luz solar o fuentes de calor.**



**Departamento de Ingeniería
Tecnimaq Ingeniería S.A.S.**