

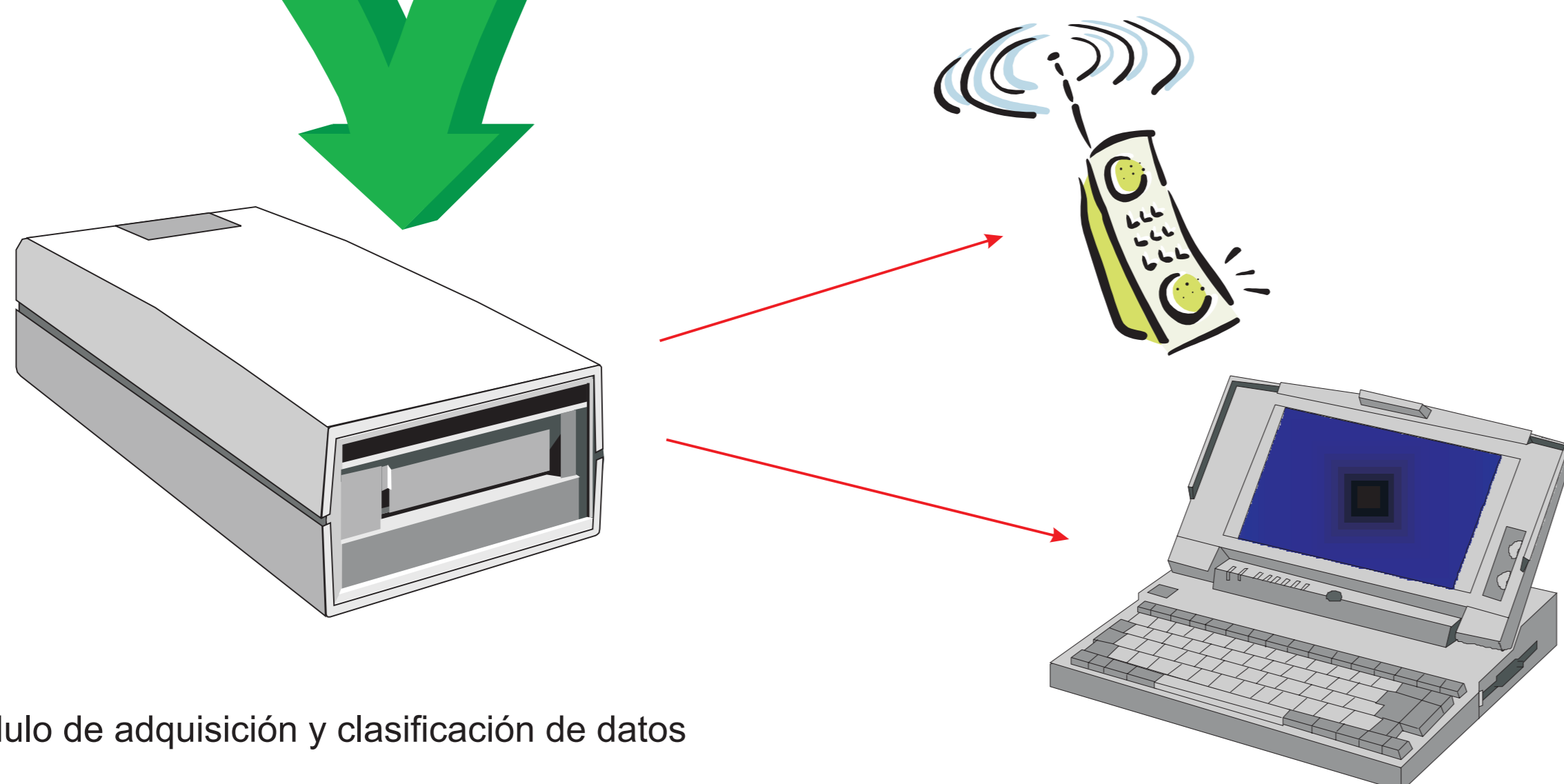


JORNADAS DE DESARROLLO E INNOVACION  
OCTUBRE 2000

Electrónica e Informática  
Precompetitivo  
Desarrollo Tecnológico

# Sistema de clasificación y pesaje dinámicos

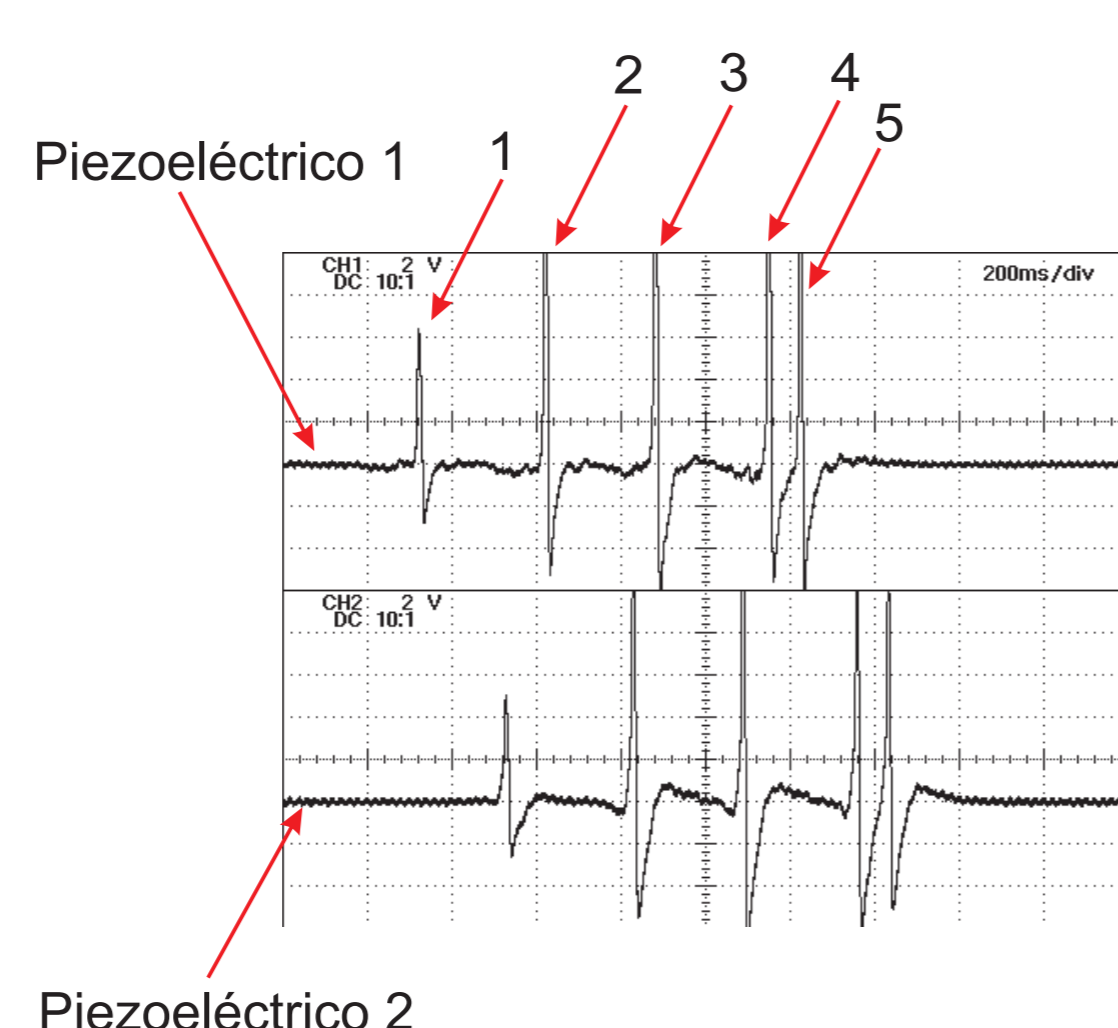
Ing. Roberto Muñoz, munoz@inti.gov.ar  
Ing. César Reale, creale@com.uncor.edu  
Ing. José Amado, jamado@com.uncor.edu  
Sr. Guillermo Colsani, gcolsani@com.uncor.edu



Módulo de adquisición y clasificación de datos



Mediciones realizadas en campo

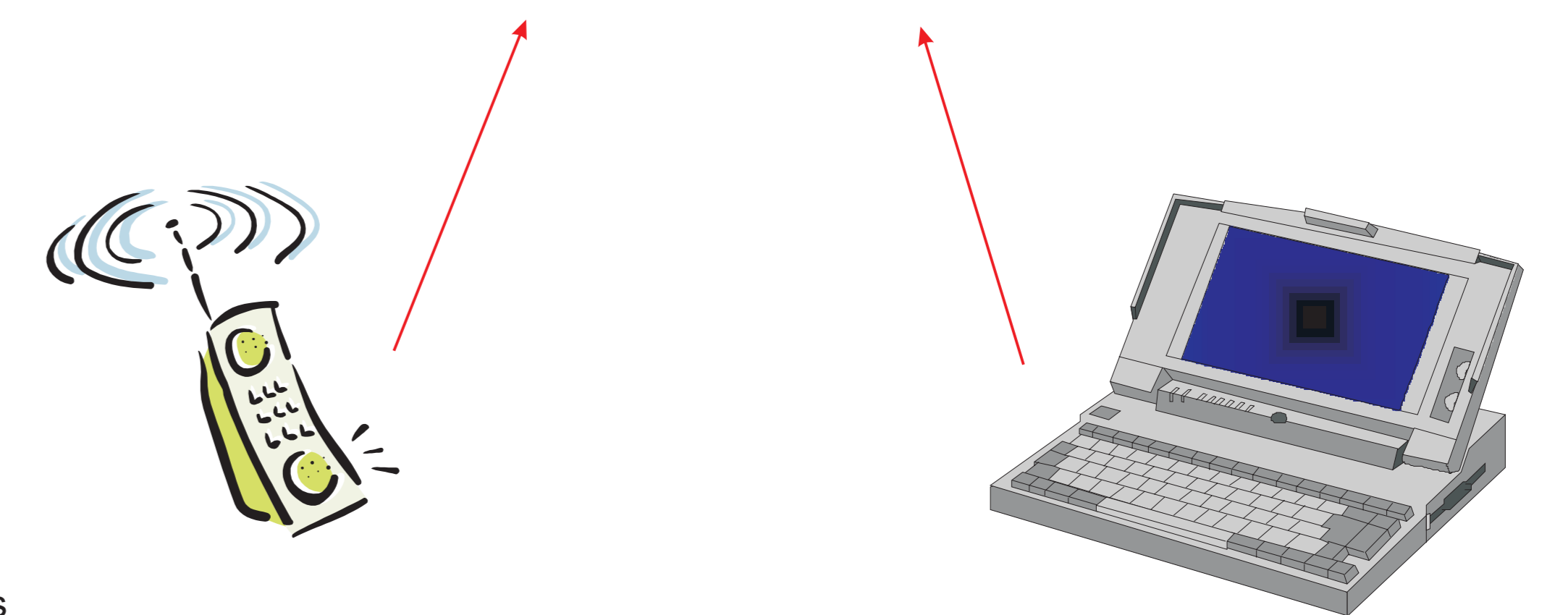


La imagen muestra el oscilograma de las señales entregadas por los sensores piezoeléctricos al pasar un camión como el de la imagen principal. La onda superior es entregada por el piezoeléctrico 1 y la onda inferior por el piezoeléctrico 2. Podemos apreciar 5 picos de la onda que son provocados por los 5 ejes del camión. En función de la altura y forma de cada pico se calcula el peso del eje. Los eventos señalados en la figura representan:  
1- La rueda delantera del camión sobre el piezoeléctrico 1  
2- La rueda trasera del camión sobre el piezoeléctrico 1  
3- La rueda delantera del trailer sobre el piezoeléctrico 1  
4- La primera rueda del eje tandem sobre el piezoeléctrico 1  
5- La segunda rueda del tandem sobre el piezoeléctrico 1  
Los picos de mayor amplitud corresponden a los ejes de ruedas duales, que son los que llevan el mayor peso del camión. Podemos ver que sobre el piezoeléctrico 2 se producen los mismos impulsos, pero con un desplazamiento que corresponde al tiempo que demora el vehículo en transitar por los 2 sensores. Para lograr una precisión adecuada en el cálculo del peso se realizan aproximadamente 100 muestreos por cada impulso de la onda.

Introducción

El deterioro de las rutas es debido principalmente al transporte de cargas, siendo de primordial importancia el estudio de conteo clasificado y pesaje dinámico de ejes que circulan por la misma. Tales estudios estadísticos permiten predecir el deterioro que tendrán las vías de transporte y planificar en forma precisa su mantenimiento preventivo. Estos estudios estadísticos permiten al ingeniero vial realizar los cálculos de cintas de transporte en base a la carga real transportada en la zona, de trascendente importancia para la vida útil calculada. El sistema de clasificación y pesaje dinámico propuesto como un trabajo a terceros, es un conjunto de equipos que facilitan el estudio de deterioro de rutas por el transporte de cargas y permiten programar su mantenimiento. Este sistema consta de 2 loops que detectan la presencia del vehículo y su longitud. Entre éstos se colocan 2 sensores piezoeléctricos que son los que transforman el peso del vehículo en señal eléctrica y permiten obtener la distancia entre ejes con precisión. El módulo de adquisición y procesamiento reconstruye el vehículo con el peso de cada eje utilizando 2 canales analógicos para las señales de los sensores piezoeléctricos y 2 canales digitales para las señales de los loops. El sistema de clasificación y pesaje dinámico almacena y transfiere la información en dos modos diferentes:  
• Conexión RS 232 a una computadora portátil  
• Conexión a modem inalámbrico  
El primer tipo de conexión se utiliza para realizar una inspección in-situ, además de verificar el correcto funcionamiento del sistema. El segundo tipo de conexión se utiliza para manejo y transferencia de programaciones y datos a distancia, normalmente desde una oficina de Relevamiento y Planificación Vial. Por último, una computadora en la oficina de procesamiento de datos permite, mediante un software que forma parte del sistema, realizar el análisis y evaluación de la información para el mantenimiento de rutas, predicción de desgaste de las mismas y planificación de mantenimientos programados.

Centro de Procesamiento y Estadística



Sensores Piezoeléctricos

El sensor piezoeléctrico es un cable coaxial flexible, liviano y duro. Sus propiedades como transductor incluyen:  
• Amplitud rango dinámico (10<sup>7</sup> psi a 10<sup>5</sup> psi).  
• Alta salida de voltaje.  
• Alta rigidez dieléctrica (soportando hasta 75 V/um).  
• Alta rigidez mecánica y resistencia al impacto (10<sup>7</sup> - 10<sup>8</sup> Pascal).  
• Gran estabilidad (resistente a la humedad, químicos, oxidantes y radiaciones)  
• Puede ser pegado con adhesivos comerciales

La sensibilidad del cable piezoeléctrico como receptor de esfuerzos mecánicos es excelente. En el estudio del comportamiento del sensor utilizamos dos coeficientes d<sub>n</sub> y g<sub>n</sub>, que representan la sensibilidad de carga y de voltaje respectivamente. Éstos llevan 2 subíndices, el primero representa el eje eléctrico, mientras que el segundo representa el eje mecánico. Debido a que el film piezoeléctrico es delgado, los electrodos sólo se aplican a las superficies superior e inferior del film. Consecuentemente el eje eléctrico es siempre "3" porque la carga o voltaje siempre se transfiere a través del espesor (n=3) del film. El eje mecánico puede ser 1, 2 ó 3, ya que el esfuerzo mecánico puede ser aplicado en cualquiera de estas direcciones.

**Modo de carga:**  
Bajo condiciones aproximadas a un cortocircuito, la densidad de carga superficial generada:  
 $D = Q/A = d_n \cdot X_n$  (n = 1, 2 ó 3)  
donde:  
D = densidad de carga desarrollada  
Q = carga desarrollada  
A = área del electrodo conductor  
d<sub>n</sub> = coeficiente piezoeléctrico apropiado según el valor de n  
n = eje sobre el que se aplica el esfuerzo  
X<sub>n</sub> = esfuerzo aplicado en la dirección relevante

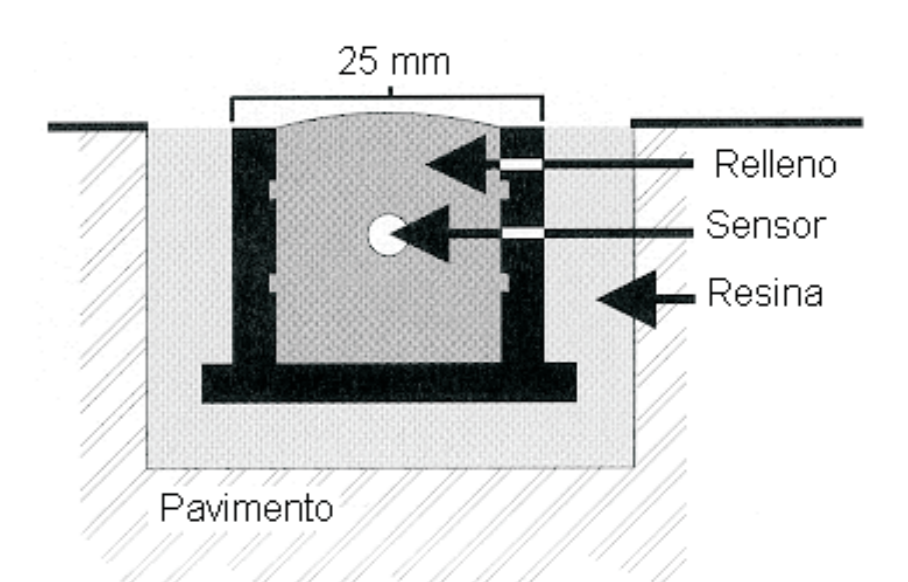
El eje mecánico (n) en el que se aplica el esfuerzo, por convención, es:  
1 = en dirección al largo  
2 = en dirección al ancho  
3 = en dirección al espesor

**Modo de voltaje:**  
El voltaje desarrollado en circuito abierto está dado por:  
 $V_n = g_n \cdot X_n$  (n = 1, 2 ó 3)  
donde:  
g<sub>n</sub> = coeficiente piezoeléctrico apropiado según el valor de n  
X<sub>n</sub> = esfuerzo aplicado en la dirección relevante  
t = espesor del film

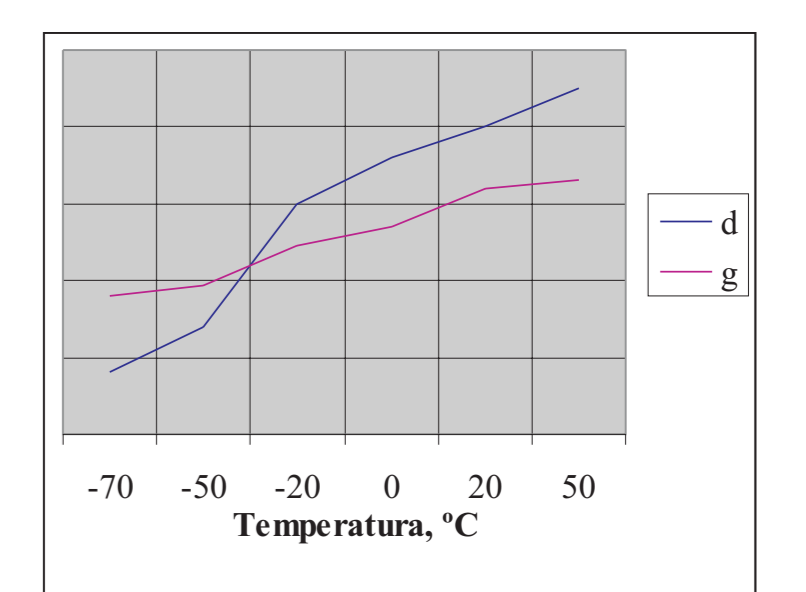
**Características térmicas:**  
Las propiedades del piezoeléctrico cambian con la temperatura. Éstas son reversibles y repetibles con ciclos térmicos. Una vez alcanzada la temperatura del material se mantienen constantes en el tiempo. Como la respuesta del sistema piezoeléctrico es netamente dependiente de la temperatura a la cual se encuentra, se utilizan sensores de temperatura empotrados junto a los piezoeléctricos para realizar las compensaciones de respuestas.

Para su instalación en la ruta (figura superior), primero realizamos un corte en el pavimento de aproximadamente 5cm de ancho y 5 cm de profundidad por la longitud del sensor. Posteriormente se coloca el sensor equidistante a la superficie de la calzada, obturándose los vacíos restantes con resinas. Con la finalidad de eliminar o disminuir el ruido y bajar la impedancia de entrada al convertidor analógico-digital del Módulo de Adquisición y Procesamiento de Datos, se conecta la salida del piezoeléctrico a un amplificador de carga.

Instalación de los sensores en la ruta



Variación de los coeficientes del sensor piezoeléctrico con la temperatura



Circuito de detección conectado a las bobinas



Loops, Sensores Inductivos

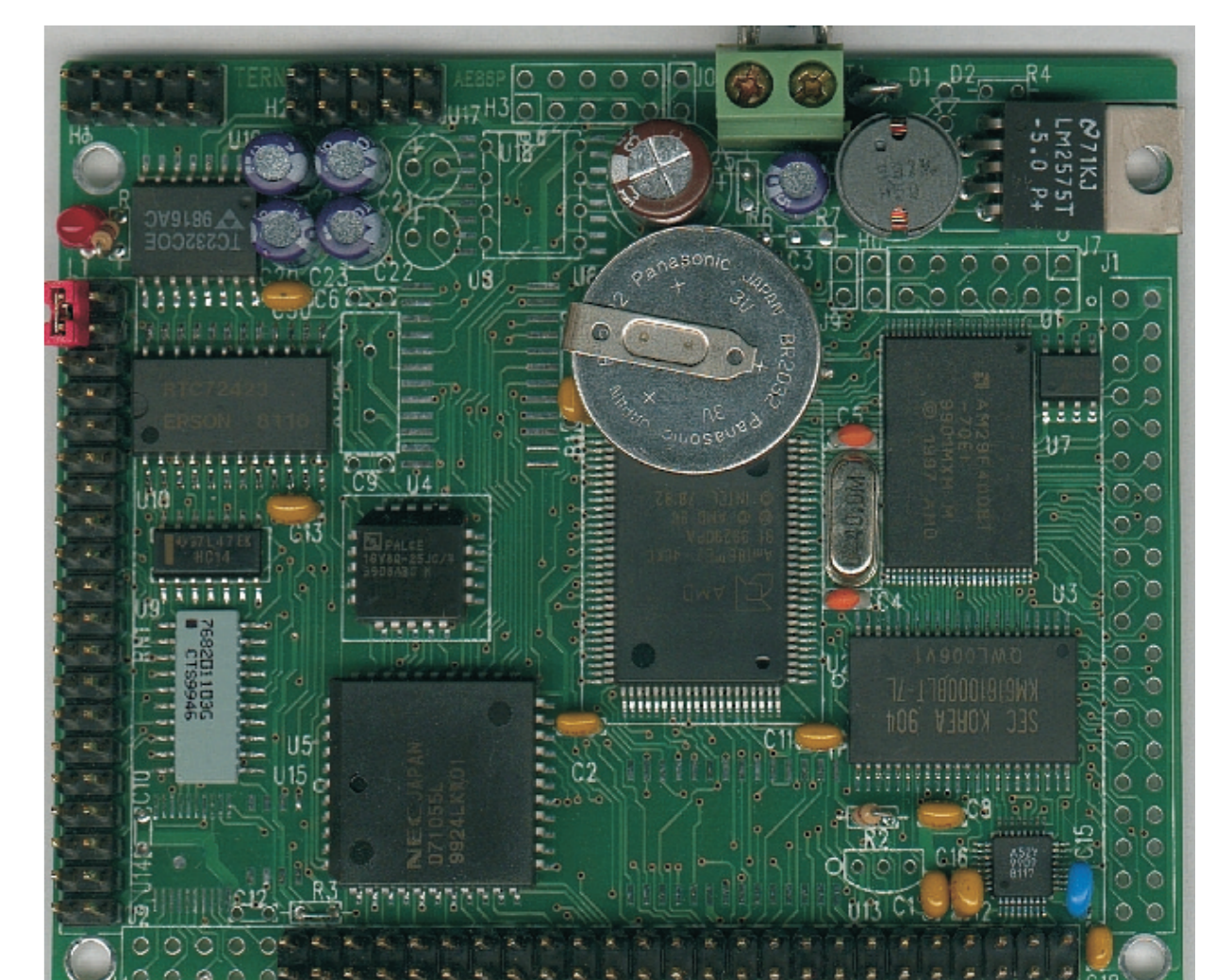
El sensor inductivo es una bobina empotrada en la ruta que detecta la presencia de vehículos que transitan sobre la calzada. Esta bobina se conecta con un circuito de detección, utilizando a las espiras como elemento resonante, dando como resultado ante el pasaje de un vehículo la variación tanto de la amplitud como la frecuencia de la onda del circuito oscilador. Detectando estas variaciones obtenemos información necesaria para determinar el inicio y finalización de un evento. De esta manera, anteponiendo una bobina al sensor piezoeléctrico, el microprocesador del Módulo de Adquisición y Procesamiento de Datos puede prepararse para recibir el evento de pesaje a través de los canales analógicos conectados a los piezoeléctricos. Igualmente, posponiendo una bobina al sensor piezoeléctrico, el microprocesador puede determinar con mayor precisión el fin de un vehículo y discriminar así vehículos sucesivos. La bobina se construye de cable conductor, recubierto de material aislante de alta resistencia mecánica y al ataque de químicos.

Módulo de Adquisición y Procesamiento de datos

El Módulo de Adquisición y Procesamiento de datos es el que recolecta los datos en la ruta y el que realiza la clasificación de los vehículos según el peso, velocidad, hora del día, etc. Las exigencias que debe cumplir son:  
• Capacidad de adquirir y ejecutar programación realizada a distancia  
• En base a los datos de los sensores, determinar peso por eje, tipo de vehículo pasante, distancia entre ejes, velocidad del vehículo, etc.  
• Suministrar una salida de información inmediata para operativos de control de peso en ruta  
• Proveer un método sencillo de calibración de sensores e informar la necesidad de recalibración  
• Capacidad para administrar hasta 4 vías de tránsito  
• Generar automáticamente informes de falla de sensores  
• Bajo consumo para una autonomía de hasta 7 días  
• Hermeticidad para evitar que el agua ingrese al mismo  
• Resistencia a condiciones ambientales difíciles y al vandalismo  
• Alta capacidad de almacenamiento en memoria

Para el procesamiento electrónico de los datos se utiliza una placa Single Board Computer (SBC) que posee:  
• Una CPU Am186ES de 16 bits, de AMD con un clock de 40 Mhz  
• Consumo de 190 mA en funcionamiento normal y 30 mA en modo Power Saving  
• Flash de 512 Kbytes  
• SRAM de 512 Kbytes con batería de respaldo  
• 2 salidas de modulación de ancho de pulso rápidas  
• 24 Entradas/Salidas del PPI  
• 32 Entradas/Salidas de la CPU  
• 512 Bytes de EEPROM serial  
• 8 entradas de interrupciones externas  
• 3 contadores/timers de 16 bits  
• 3 puertos seriales  
• 8 canales Analógicos-Digitales  
• 4 canales Digitales-Analógicos  
• Reloj de tiempo real  
• Watchdog

Placa del Módulo de Adquisición y Procesamiento de Datos



Software de Estadística y Control

Los datos recolectados por los Módulos de Adquisición y Procesamiento se transfieren a una computadora en la Oficina Central a través de computadoras portátiles de relevamiento o mediante transferencia inalámbrica a través de una red de tipo estrella. El sistema permite programación y relevamiento de datos a distancia, disminuyendo notablemente el costo operativo, además de ejecutar rutinas de autodiagnóstico, permitiendo al operador tener información constante del estado operativo de cada uno de los equipos. En esta computadora se analizan los datos en forma estadística para estudios de desgaste de rutas, planificación de construcciones a partir del peso promedio de los vehículos, ejes equivalentes, etc. El estudio entregado por el sistema contempla:

- Clasificación por hora y día
- Clasificación por velocidad
- Clasificación por peso total
- Medición del exceso de carga total
- Medición del peso y tipo de cada eje
- Medición del exceso de peso en cada eje
- Medición de la distancia entre ejes extremos
- Medición de la distancia entre ejes consecutivos

El software se implementa en Visual C, incorporando tecnología ActiveX para el almacenamiento y muestra de datos. La base de datos de pesaje y clasificación se realiza en Microsoft Access, dejando abierta la información para futuros cambios en el estudio estadístico. De esta manera, los archivos generados por el programa pueden ser integrados a otros sistemas de análisis e importar análisis anteriores.

