

MONITOREO DE PUENTES

ISHM: INSTRUMENTACIÓN Y MONITOREO DE PUENTES, LA SOLUCIÓN PARA PREVENIR EN VEZ DE LAMENTAR.

Tecnovial, como empresa especializada en el desarrollo de proyectos de infraestructura para minería y obras públicas, ha entendido que es fundamental construir estructuras de alto estándar, pero también considerar el monitoreo de la infraestructura. Es por eso que a través de una alianza estratégica con la empresa austriaca Petschacher Consulting, hoy podemos ofrecer sistemas de monitoreo de puentes y otras estructuras en tiempo real y en el largo plazo.

Este sistema no invasivo de monitoreo, es muy fácil de instalar y es capaz de medir cambios en la orientación, desplazamiento y curvatura de elementos estructurales. Esto a través de sensores digitales de alta precisión que funcionan con un módulo de celda solar que le permite funcionar en forma autónoma y con conectividad móvil.

Las grandes estructuras como los puentes, son afectadas por fuerzas que pueden desviar su diseño original. Con el paso del tiempo, hay componentes que se desgastan reduciendo la capacidad de la estructura, también debe hacer frente a procesos como el asentamiento de cimentaciones, presión del suelo, deslizamiento y erosión.

Las inspecciones físicas si bien pueden detectar los problemas estructurales, se realizan en períodos obligatorios cada 6 años, por lo que las fallas se identifican generalmente cuando están muy avanzadas y son caras de rectificar. Incluso la inspección física más completa sólo proporciona una imagen presente del puente, quedando fuera de esta evaluación fallos intermitentes o cambios sutiles que pueden indicar una tendencia.

Nuestros sistemas de monitoreo observan el puente a intervalos de una hora o de un día, pudiendo medir hasta 500Hz. Estos datos pueden recibirse en la estación de trabajo definida a través de informes configurados normalmente cada seis meses. En caso de que haya cambios significativos en la condición del puente se genera una alerta inmediata.

Nuestros sistemas están diseñados para apoyar en la toma de decisiones en el mantenimiento y vida útil de una estructura, disminuyendo drásticamente la incertidumbre al contar con datos recogidos en forma continua y confiable.

¿Cuándo se usa iSHM?

- ✓ Monitoreo de fallas conocidas. Si se detecta una falla no crítica durante una revisión física, se puede monitorear su efecto en la geometría del puente, de manera de tomar decisiones informadas sobre las reparaciones necesarias.
- ✓ Puentes en el fin de su vida útil. Generalmente, los cálculos de la vida útil de una estructura son bastante conservadores en la etapa de diseño, por lo que hay estructuras que pueden considerarse fuera de servicio tempranamente con las consecuencias en términos económicos y medioambientales que eso implica. Con un sistema de monitoreo, se puede evaluar correctamente el estado de un puente y tomar las medidas correctivas para su comportamiento de manera de tomar decisiones para alargar la vida útil.
- ✓ Revisión de puentes en buen estado. Instalar un sistema de monitoreo, es invertir en el futuro del puente. Al observar en forma detenida la geometría, fallas de componentes y efectos geológicos, se pueden realizar correcciones tempranas en las mantenciones programadas, antes de que se produzcan daños significativos.





MONITOREO DE PUENTES

El Sistema iSHM

El desafío técnico para el monitoreo de puentes consiste en medir cambios pequeños en largos períodos de tiempo. Todo esto en condiciones ambientales adversas y con la mínima infraestructura.

Los sistemas PSP se han desarrollado a través de una colaboración entre experimentados ingenieros eléctricos y estructurales, quienes son capaces de medir datos relevantes en forma precisa y estable.

El sistema, cuenta con tres componentes claves: Un conjunto de sensores adaptados a la estructura, un sistema de registro que almacena los datos proporcionados por los sensores y un servidor que es capaz de analizar los datos y presentarlos en una interfaz Web.

Sensores.

El sistema iSHM está diseñado para funcionar con una amplia gama de sensores, los que son compatibles con bucles de corriente y estándares Modbus. La especificación de los sensores, puede variar según los requerimientos del proyecto, siendo estos capaces

de medir desviaciones geométricas, deflexión, desplazamiento e inclinación de los componentes estructurales.

También existen sensores capaces de medir factores como vibración, temperatura interna del puente, temperatura del aire y humedad relativa.

Sistema de registro inteligente.

Este sistema puede medir hasta 8 canales que utilizan un ADC de 32 bits de alta precisión y tiene 2 canales de bucle de corriente. A su vez, cuenta con un sistema de BUS que es capaz de medir hasta 10 nodos con un patrón de muestreo programable que puede tomar medidas en intervalos que oscilan entre 10 y 24 horas y obtener información detallada de eventos inusuales a través de ráfagas rápidas con mediciones de hasta 2 kHz.

Se puso especial cuidado en el consumo de energía del sistema de registro. Teniendo en cuenta que el GSM es el componente con mayor consumo de energía, el sistema almacena las mediciones en un dispositivo de memoria extraíble, transmitiendo la información sólo cuando cuenta con reservas de batería suficientes.

De esta forma, los datos se transmitirán sólo cuando la batería se haya cargado lo suficiente a través de la celda de energía solar. El sistema registrador, se almacena en una caja de acero IP65, destacando por ser robusto y confiable, por lo que puede funcionar sin intervención humana hasta por seis meses.

Servidor Remoto.

Los datos recibidos por el servidor remoto son archivados en una base de datos SQL segura, analizados y presentados al usuario a través de una interfaz Web de fácil uso.

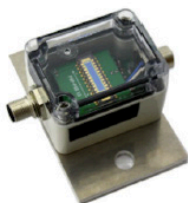
Para medir la temperatura y resolver datos importantes que puedan indicar tendencias, se utilizan modelos de regresión y series de tiempo.



Inclination sensor



Lateral displacement sensor
(laser and optical sensor)



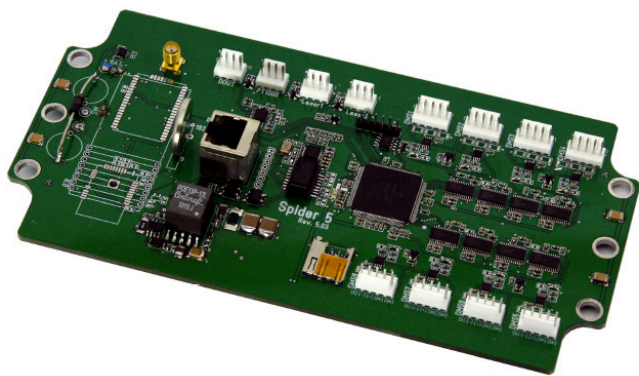
Longitudinal displacement sensor
(mechanical)

MONITOREO DE PUENTES

¿Por qué elegir iSHM?

- Sensores y electrónica patentados y especialmente diseñados.
- Flexible: el conjunto de sensores está diseñado para cada puente.
- Autoalimentado, solo requiere cobertura telefónica móvil.
- Algoritmos de análisis sofisticados y actualización de los resultados presentados en una interfaz web segura y fácil de usar.

¿Cómo se usa iSHM en la práctica?



Los sistemas SHM generalmente se alquilan por dos años. La instalación la realiza Tecnovial en un proceso que dura menos de un día, siendo responsables a su vez del mantenimiento del sistema.

Nuestros clientes tienen acceso a datos actualizados a través de una interfaz Web protegida por contraseña que permite la visualización gráfica de datos o su descarga sin proceso para análisis propios.

ESTUDIO DE CASO.

Requerimiento.

El cliente posee dos puentes adyacentes de 4 carriles cada uno con un tramo total de más de 400 m. y muelles dispuestos en pares; en sus puntos más altos, los puentes están 20 m por encima del suelo del valle. Los puentes se construyeron en la década de 1970 y suelen soportar alrededor de 100.000 viajes en vehículo a diario.

Durante una inspección de rutina de los puentes en julio de 2019, se detectó una falla en uno de los apoyos.

A medida que la temperatura varía según la hora y la estación, un puente se expande y contrae. Los soportes permiten que los tramos del puente se desplacen en relación con sus puntos fijos. Si un soporte resiste este movimiento, la fuerza se trasladará a los pilares del puente, haciendo que estos se doblen y generen importantes daños estructurales.

Por lo general, los soportes se inspeccionan cada seis años: una falla no requiere el cierre inmediato del puente. Sin embargo, será necesario reemplazar el soporte, lo que se puede realizar en forma programada para minimizar el impacto al tráfico.

Para tomar esta decisión, es fundamental monitorear el deterioro del soporte y sus efectos en la estructura total del puente.

La Solución.

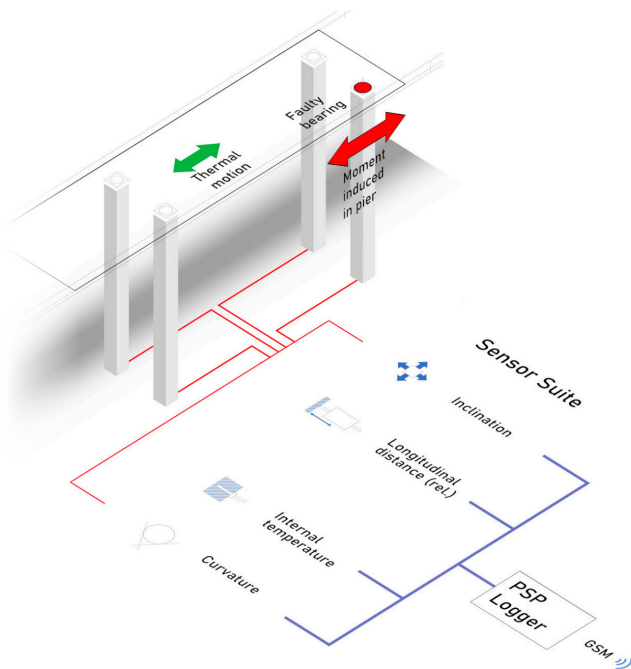
Se solicitó un sistema de monitoreo que fuera capaz de identificar la gravedad de la falla y generar una alerta cuando se alcanzara un nivel crítico de seguridad. Es así como se implementó un sistema capaz de monitorear la curvatura e inclinación de los muelles 24 veces al día, reportando los datos a un servidor remoto.

Se monitorearon ambos muelles, tomando como valores de referencia los del muelle estructuralmente sano. El sistema se instaló en sólo un día, sin necesidad de interrumpir el tráfico y con un sistema de registro autónomo que se conecta a través de la red de telefonía móvil.

El sistema de registro funciona normalmente durante seis meses sin requerir mantenimiento, proporcionando datos como análisis de inclinación y curvatura de los pilares. Estos datos se despliegan en tiempo real a través de una interfaz Web y a través de informes semestrales.

El estado del puente se categoriza en rojo, verde o ámbar, de esta forma al producirse cambios significativos en el estado del puente

MONITOREO DE PUENTES



se genera una revisión física en forma inmediata.

Los instrumentos fueron dispuestos en cuatro pilares: el pilar con el soporte defectuoso, el pilar adyacente y dos muelles cercanos pero no afectados. Se instalaron sensores de desplazamiento para monitorear la posición relativa del muelle a la superestructura del puente en los cuatro pilares.

En los dos muelles afectados se instalaron sensores de inclinación para controlar la orientación de los pilares y sensores de curvatura para controlar su flexión y sensores para medir la temperatura interna en ambos extremos del puente.

Si tratamos el puente como un sistema, entonces la función de conducción es la temperatura interna del puente. La temperatura impulsa la expansión y contracción del puente, y cuando ese movimiento se resiste, deforma el puente. La temperatura del puente depende del ambiente.

LOS RESULTADOS.

Se trazaron las distancias entre la superestructura del puente y el pilar en los soportes, según se muestra en el gráfico a continuación.

Si los soportes funcionan correctamente, el desplazamiento debe seguir nuestro modelo predictivo basado en la temperatura. Sin embargo, en las curvas para el muelle con fallas y el muelle afectado se ve que el rodamiento se atasca y el desplazamiento no cambia.

Se pudo cuantificar el efecto midiendo la diferencia entre nuestra medida del puente, posición y nuestra predicción, de color rosa.

La discrepancia entre la predicción térmica y la medida, representa la distancia que el puente debe soportar por deformación.

Los pilares sanos coinciden bien con la predicción, sin embargo, hay grandes discrepancias en la falla.

Si estas discrepancias exceden los límites predefinidos, se generará automáticamente una alerta a los responsables.

El PSPLogger cuesta aproximadamente el 0,1% del valor del puente y se instaló rápidamente sin interrumpir el tráfico. Al monitorear de cerca el comportamiento del puente, se pudo posponer con confianza el reemplazo del rodamiento para que coincida con la renovación programada. Esto significó que el reemplazo podría llevarse a cabo de manera más económica y con menos interrupciones.

MONITOREO DE PUENTES

