

---

---

## **CAPÍTULO 6.**

### **CONCLUSIONES FINALES.**

El monitoreo estructural es un proceso encaminado a brindar información relativa al estado y comportamiento de una estructura. Sin embargo, se conoce muy poco sobre la relevancia de esta actividad a pesar de la difusión que tiene en publicaciones de revistas y en artículos presentados en congresos de índole internacional.

Las actividades en orientadas al monitoreo de estructural son cada vez más comunes en la vida profesional. Principalmente, cuando estas se relacionan con la supervisión y revisión de estructuras. Para poder realizarlas, se requiere de la intervención de una gran cantidad de personas. Desde el personal encargado de la instalación y operación del equipo hasta los responsables de administrar la información e interpretar los resultados obtenidos durante el monitoreo. Por lo tanto, se puede decir que ésta, es una labor interdisciplinaria. Sin embargo, hay ocasiones en las que los mismos ingenieros civiles son quienes debemos llevar a cabo todas estas acciones. El uso de las nuevas tecnologías ha facilitado tanto las cosas que inclusive, cada vez se requiere de la participación de menos personas. Sobre todo, cuando se trata de realizar pruebas con instrumentación temporal.

La experiencia adquirida en el manejo de los dispositivos empleados es fundamental para tener éxito y alcanzar las metas propuestas. Esta no es una tarea fácil, ya que todos los aparatos suelen tener problemas en su funcionamiento mientras son utilizados. Es una situación que no se puede evitar, por lo cual, es recomendable tener una idea del principio de operación de los aparatos y conocer algunos conceptos provenientes de otras áreas del conocimiento tales como la electrónica y la electricidad, en las cuales, la relación entre el voltaje, la corriente y la resistencia eléctrica es fundamental. Este es uno de los aspectos en los cuales se enfocó el presente trabajo de tesis, por lo tanto, se estudiaron algunos dispositivos empleados habitualmente en la instrumentación de estructuras en nuestro país, ya que su principio de funcionamiento está presente en la mayoría de los aparatos que se utilizan para otras aplicaciones.

La implementación del sistema de monitoreo del puente San Cristóbal se ha basado en el aprovechamiento de los resultados observados, en relación a la instrumentación de puentes con sensores de cuerda vibrante en diversas partes del mundo. Mantener el sistema en funcionamiento no es una labor sencilla, dadas las limitaciones económicas, la lejanía del lugar y las resientes experiencias adquiridas en el manejo de estos dispositivos. Es por ello que se presentan las principales actividades realizadas, a fin de conocer más acerca de los aspectos que involucran la vigilancia de una estructura real y promover el mejor aprovechamiento de la información recabada durante el periodo en que estuvo en funcionamiento el sistema de captura. Por lo tanto, se realizan los siguientes comentarios:

- El método empleado en la corrección de la información obtenida del sistema de monitoreo es un planteamiento empírico. En la práctica es muy común realizar hipótesis sobre el comportamiento de una estructura, ya que esto servirá de referencia a la hora de revisar y validar los datos obtenidos.

- En la sección 5.2.3.3 se presenta la relación de las lecturas corregidas y los sensores involucrados (tablas 5.11 a 5.16). Lo cual, es de gran ayuda para estimar el rendimiento del sistema monitoreo en cuanto a la calidad de los datos registrados. Sobre todo, para identificar los dispositivos que presentaron un comportamiento inadecuado, dada la necesidad de inspeccionarlos físicamente y optimizar el tiempo en las actividades de rehabilitación y mantenimiento de los mismos.
- De los dos horarios de captura analizados, se determinó que durante las 20:00 hrs. presentaron menos errores en las mediciones. Esto indica que el sistema es inestable, debido a problemas de impedancia que se pueden presentar tanto en las cuerdas vibrantes como en el sistema de captura. Para descartar esta posibilidad, en el apéndice I se expone la metodología a seguir para comprobar el correcto funcionamiento de los instrumentos.
- Al evaluar el rendimiento del sistema de monitoreo, se estimó que alrededor del 40% de los dispositivos de cuerda vibrante requieren correcciones en sus mediciones. Lo cual, resulta poco práctico, ya que la mayoría de las correcciones deben aplicarse en ambos horarios de captura. El trabajo en este aspecto se realiza al doble y es muy demandante, ya que se carecen de medios automatizados que ayuden a realizar las correcciones. Ante tal situación lo más recomendable es revisar y validar únicamente la información capturada hora por hora en lugar de hacerlo en horarios separados.

En cuanto al análisis de los datos obtenidos con las cuerdas vibrantes se comentan los siguientes resultados:

- Los niveles de esfuerzo que actúan en la superestructura del puente San Cristóbal se encuentran en valores inferiores al valor permitido. Las dovelas más esforzadas son las dovelas 8 y 11 de ambos márgenes y la dovela central, presentando valores de esfuerzo cercanos al 60% del valor permitido. Mientras que el resto presenta esfuerzos que oscilan entre el 10% y 50%. Por lo cual se puede afirmar que la estructura trabaja dentro del rango elástico del acero y que el comportamiento estructural del puente es el adecuado.
- El desplazamiento máximo relativo registrado tanto a las 8:00 hrs como a las 20:00 hrs en la zona de transición se estableció en porcentajes que se encuentran alrededor del 17% en el lado San Cristóbal y el 24% en el lado Tuxtla Gutiérrez. Al observar algunos registros en las gráficas se puede apreciar que los desplazamientos tienden a incrementarse en valores aproximados a 0.05 mm en algunos registros, por lo cual puede suponerse que, los incrementos de desplazamiento se encuentran actualmente alrededor del 25% y 40% del valor permitido, siendo el mayor porcentaje para la margen correspondiente al lado Tuxtla Gutiérrez. Es por ello que se tienen los elementos suficientes para afirmar que la integridad estructural del puente no se encuentra comprometida en este aspecto.

Lo anterior sólo representa una muestra de la tendencia del comportamiento estructural del puente. Sin embargo, se espera rehabilitar el sistema de monitoreo para continuar obteniendo datos relevantes sobre el comportamiento de esta estructura. Que sin duda trascenderán en la elaboración de futuros proyectos de infraestructura y monitoreo estructural.