



Sistema de Monitoreo de la Presa de Itaipu Binacional

César Alfredo Cabrera Bogado

Itaipu Binacional

Paraguay

Resumen:

La experiencia con varios años de auscultación y análisis de las estructuras civiles de Itaipu, confirman que a pesar de existir la estabilización de las principales tensiones y deformaciones actuantes en las estructuras civiles, algunos fenómenos, sumados a las variaciones de la temperatura ambiente, mantienen un cierto dinamismo en el cuadro general del comportamiento de la Presa. Por eso, el “Monitoreo” de las mismas es de fundamental importancia para verificar si la situación continuará estable o presentará alguna evolución, en vista a la dinámica mencionada y a la larga vida útil esperada, que garantice la seguridad estructural y por ende la operación de las unidades generadoras.

Este documento presenta informaciones específicas acerca del Funcionamiento y Mantenimiento (Hardware y Software) del Sistema de Adquisición Automática de Datos (ADAS, sigla en inglés), para la Instrumentación Civil de la presa de Itaipu, que consiste en la modernización del Sistema de Monitoreo de las Estructuras Civiles, que anteriormente basaba su funcionamiento únicamente en la adquisición de datos a través de las lecturas manuales de los diversos instrumentos instalados en la Presa, que tenían una periodicidad diaria, semanal y mensual, mediante la implantación de una herramienta en tiempo real, es decir a través de un Sistema Automatizado de Monitoreo “On line” con Instrumentos y Sensores (mas de 300) que se encargan de la interconexión con el campo, traduciendo un fenómeno específico con la precisión requerida.

Este sistema tiene como objetivo principal: Supervisar el comportamiento de las presas de hormigón, de enrocado, de tierra y de sus fundaciones, por dicha razón, considerando que todos los instrumentos de auscultación son dotados de valores de control, será posible, proceder a la rápida detección de eventuales anomalías en el comportamiento de la presa, de modo a optimizar y agilizar el análisis de las causas y así proceder a la toma de decisión de las medidas correctivas.

Los Instrumentos y Sensores instalados en las diversas estructuras están conectados a las Unidades de Adquisición Remotas (UAR's), con vista a la adquisición automática (determinada por una frecuencia de colecta parametrizable por el Administrador del Sistema) de las informaciones que posteriormente serán transmitidas a pedido, en forma automática a la Estación Central (Data Cluster of the ADAS-CDA) para su tratamiento, almacenamiento y procesamiento.

Las informaciones provenientes del campo una vez procesadas por la Estación Central (CDA) podrán ser visualizadas finalmente, vía red Lan a través de una Estación del Usuario (Client Station of the ADAS - ECA), en donde el análisis e interpretación de las magnitudes medidas será realizado a través del uso de las herramientas de un Software Customizado, que optimizara al máximo las operaciones necesarias para la evaluación del estado y desempeño de las estructuras civiles y de sus fundaciones. La red Lan utilizada para la conexión de la Estación Central (CDA) con la Estación del Usuario (ECA), ha sido conectada también al Sistema SCADA (Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos), a los efectos de enviar las informaciones para la emisión de alarmas cuando exista un aumento indebido en los valores límites de control.

PALABRAS CLAVES

Auscultación, Monitoreo, Presa

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema de Adquisición Automática de Datos (ADAS), tiene por objetivo supervisar el comportamiento de las presas de hormigón, de enrocado, de tierra y de sus fundaciones, en tiempo real, a través de un sistema automatizado de monitoreo “On line” con Instrumentos y Sensores, con vistas a la adquisición automática de las informaciones, con frecuencia de colecta parametrizable por el Usuario.

Varios grupos de sensores están conectados a las Unidades de Adquisición Remotas (UAR's), donde las informaciones procedentes de los mismos son transmitidas automáticamente a una Estación Central (CDA) para su Tratamiento, Almacenamiento y Procesamiento, y que podrán ser visualizadas finalmente a través de una Estación del Usuario (ECA).

1.1. Las Características Principales del ADAS pueden resumirse en:

- * Adquisición automática de datos de más de 300 puntos de medición a través de diferentes tipos de Sensores conectados a los instrumentos preexistentes y a otros nuevos.
- * Colecta de datos, rápida y segura, con frecuencia definida a través de las Unidades de Adquisición Remotas (UARs) y transferencia de los mismos entre estas y la Central de Control y Procesamiento del Sistema, denominada CDA).
- * Para el análisis e interpretación de las magnitudes medidas es utilizado un Software Customizado que esta instalado en la Estación Cliente (ECA). Dicho software posee las herramientas necesarias para optimizar al máximo la evaluación de los datos del estado y desempeño de las Estructuras Civiles y de sus Fundaciones.

2. COMPOSICIÓN GENERAL DEL SISTEMA ADAS

2.1. Subsistemas en los cuales está dividido básicamente el Sistema ADAS:

2.1.1. *Subsistema de Sensores e Instrumentos* (Descrito en el ítem 3).

Maneja la Interfase de la interconexión con el campo, en donde cada Sensor o Instrumento traducirá un fenómeno específico con una precisión requerida.

2.1.1.1 Tipos de Sensores

- Péndulos Directos.
- Péndulos Inversos.
- Medidores de Flujo
- Extensómetros.
- Piezómetros.
- Medidores de Tensión.
- Pluviómetros.
- Termómetros.

2.1.2. *Subsistema de Unidades de Adquisición Remota* (UARs).

2.1.2.1. Características de las Unidades de Estaciones Remotas.

- Gerencia la Interfase con los Instrumentos y Sensores.

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

- Monitorea el Estado de Instrumentos y Sensores.
- Supervisa la Recolección de las Lecturas Realizadas.
- Almacena y Procesa los Datos de las Lecturas Realizadas.
- Transmite Datos (A solicitud) a la Estación Central (CDA).
- La Transmisión de Datos a la Estación Central es realizada vía Par Telefónico y dos UARs lo hacen vía Radio hasta cierto tramo y luego vía Par Telefónico.
- Autodiagnóstico de Fallas y Generación de Alarmas.
- Parametrización in Situ (vía Laptop) o por Comando de la Estación Central.
- Alimentadas por la Red Eléctrica local de 220 Vac y dos Estaciones están alimentadas por un Sistema de Alimentación con Paneles Solares.

2.1.2.2. Descripción de Componentes Principales de la UAR.

- Multiplexor Canary Systems, modelo MultiMux.
- Datalogger Campbell Scientific, modelo CR10X2M.
- Interfase para Cuerda Vibrante Campbell Scientific, modelo AVW1.
- Short Range Modem.
- Supresor de Picos.
- Convertidor RS232/485.
- Convertidor DC/DC.
- Power Supply 220Vac/13,8 Vcc.

2.1.3. *Subsistema de Comunicación, Control y Procesamiento Central* (ver figura 1).

2.1.3.1. Características de la Estación Central (CDA).

- * Núcleo y Gerenciamiento total del Sistema ADAS.
- * Obtención de Datos de las Remotas.
- * Almacenamiento y Procesamiento de los Datos.
- * Conversión de Lecturas a Unidades de Ingeniería.
- * Configuración y Parametrización del Sistema.
- * Visualización y Generación de Alarmas.
- * Respaldo de Datos (Back-up) y Restauración.
- * Presentación al Usuario de Datos (ECA) y Alarmas.
- * Comunicación con otros Sistemas.

2.1.3.2. Software utilizado en el Centro de Adquisición y Procesamiento de Datos.

- * Sistema Operativo: Microsoft Windows Server 2000.
- * Gestor de Base de Datos: Microsoft SQL Server 2000.
- * Aplicación: INDACO (Enel.NewHydro).
- * Base de Datos: Interna - Propietaria.
- * Base de Datos de Intercambio: MS SQL Server 2000.

El Software de Aplicación llamado INDACO, cuyo propietario es la Compañía *Enel.Hydro*, posee las siguientes características generales:

- Gerenciamiento de la conexión Internet/Intranet.

VIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
29, 30 y 31 de Octubre de 2008

- Gerenciamiento de las Alarmas.
- 24 Horas de Adquisición y Supervisión de Datos.
- Validación de los Datos.
- Modelajes Matemáticos.
- Soporte para el Mantenimiento.
- Presentación de Datos HMI (Interfase Hombre/Maquina).

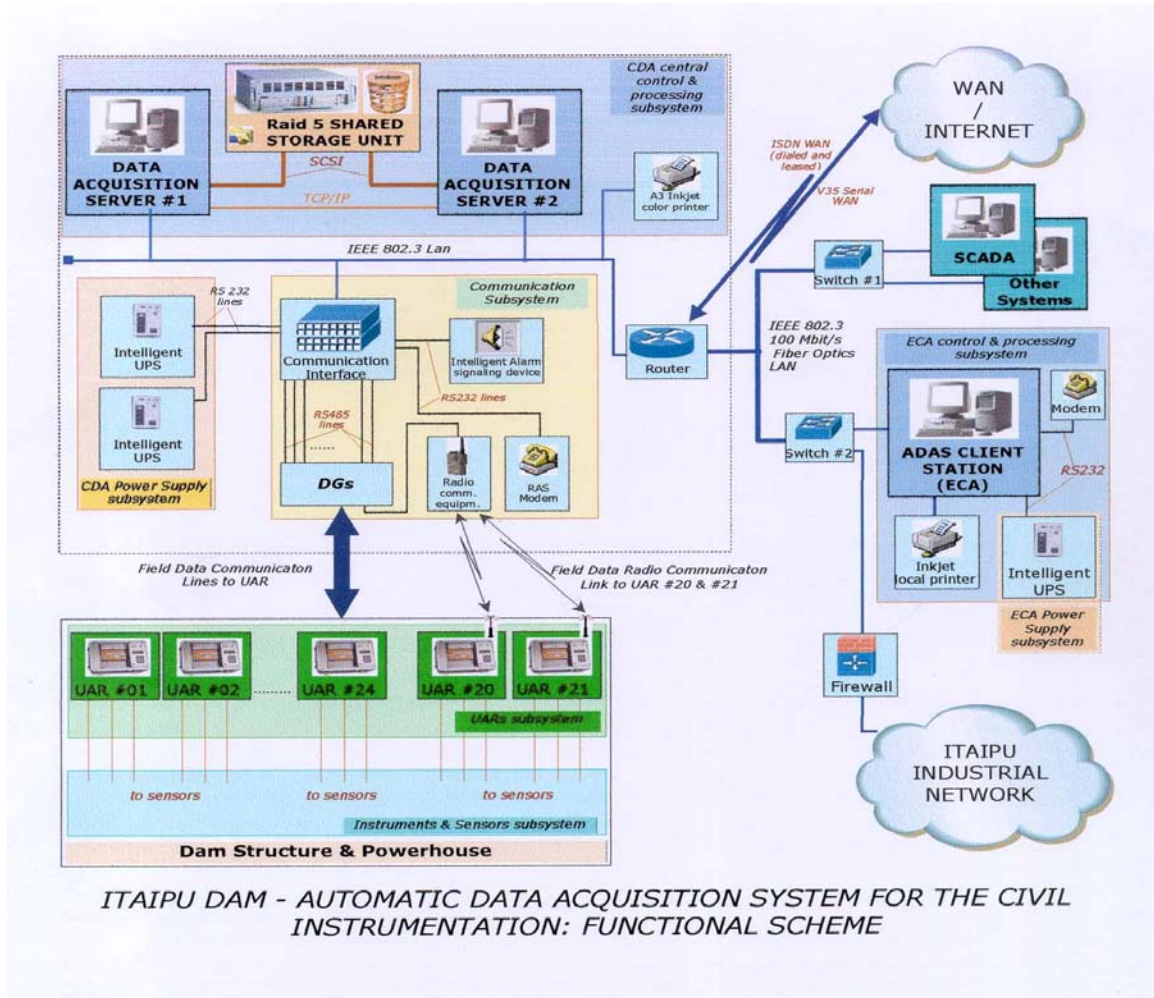


Figura 1: Esquema General del Sistema ADAS.

2.1.4. *Subsistema de Manejo de Alimentación de Energía.*

Compuesto por los Equipos específicos para las UARs, CDA y ECA.

Una Fuente de Alimentación Ininterrumpida (UPS), con un alto grado de confiabilidad, en un régimen de 24horas/365días, se encarga del suministro de la energía eléctrica, necesaria para el funcionamiento de la Central de Procesamiento (CDA), así como para la Estación del Cliente (ECA).

3. DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE LECTURAS AUTOMATIZADAS

La instrumentación para la auscultación de las Estructuras Civiles de Itaipu está compuesta

por más de 2000 instrumentos instalados y en operación.

De este total, fueron seleccionados para ser automatizados aquellos instrumentos más representativos de las magnitudes consideradas importantes para evaluar la seguridad de las estructuras y fundaciones.

3.1. Descripción de Lecturas Automatizadas:

3.1.1. Medida del Desplazamiento Horizontal de las Estructuras.

Las Lecturas que son efectuadas a través de instrumentos llamados Péndulos Directos e Invertidos, miden los desplazamientos de la Cresta de la Presa en relación a su base o a puntos más profundos del Macizo Rocoso de la Fundación.

Dichas Lecturas actualmente son Automatizadas a través de un dispositivo electrónico denominado Telecoordinómetro Óptico (ver figura 2) que registra los movimientos en dos ejes ortogonales (X e Y) con una precisión específica de 0,02 mm. en X y 0,03 mm. en Y.

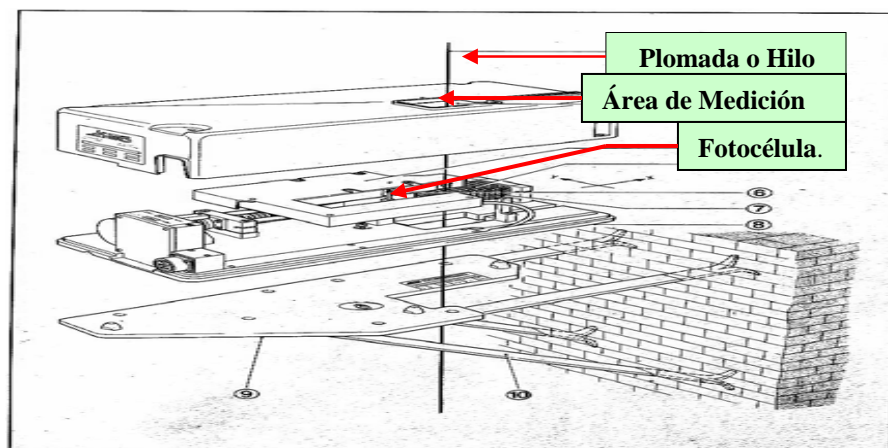


Figura 2: Telecoordinómetro Óptico.

3.1.2. Medida de la Deformación del Macizo Rocoso de Fundación

Las medidas de las deformaciones de la Fundación de Itaipu son realizadas por medio de Los denominados Extensómetros de Barras Múltiples que fueron instalados en las capas más deformables del Macizo Rocoso (en las discontinuidades geológicas y en los distintos estratos geológicos), para medir posibles aberturas de juntas o asentamientos en zonas del Macizo Rocoso de la Fundación.

El Sensor está instalado en la cabeza de estas barras, que básicamente consiste en un transductor de Cuerda Vibrante con margen de error de 0,1 % del fondo de escala. En la Figura 3 se ilustra el Sensor (Vibrating Wire Displacement Transducer) que está adosado a las barras del Extensómetros, para así acusar el movimiento de las deformaciones de la Fundación.

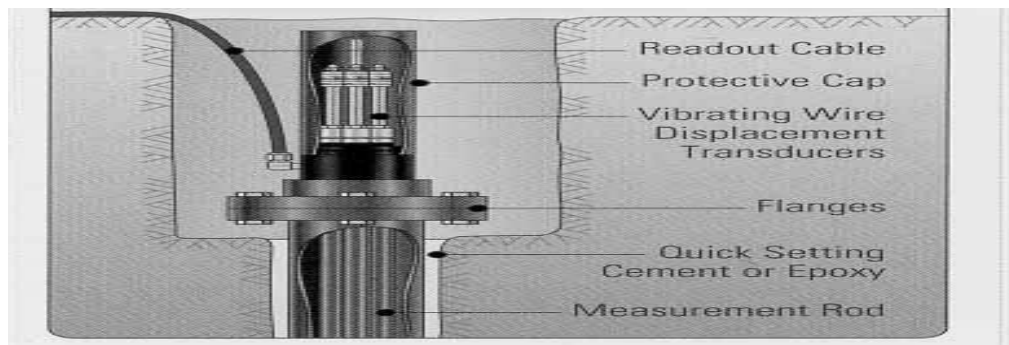


Figura 3: Sensor para Extensómetros.

3.1.3. *Medida de la Subpresión en la Fundación*

La Subpresión debida a la permeabilidad del Macizo Rocoso es medida convencionalmente a través de Piezómetros “Stand Pipe” o Eléctricos tipo Geonor. Dicha medida en el Sistema ADAS es automatizada mediante sensores que poseen un diafragma de acero inoxidable con un transductor de Cuerda Vibrante fijado a él. El aspecto externo de este sensor se observa en la Figura 4.



Figura 4: Sensor Piezómetro.

Básicamente, la Presión Hidráulica que actúa sobre la cara externa del Diafragma causa una deflexión de éste, y consecuentemente la Cuerda Vibrante cambia de tensión mecánica alterando la frecuencia de vibración (ver figura 5), lo que es traducido posteriormente en unidades de presión (MPa), con margen de error de 0,1 % del fondo de escala.

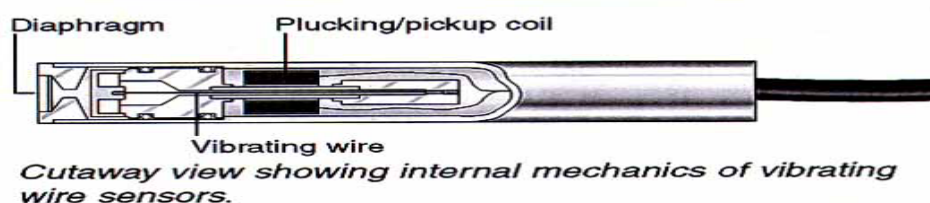


Figura 5: Sensor de Cuerda Vibrante.

3.1.4. *Medida del Caudal de Filtración*

Convencionalmente las medidas de Caudales son realizadas por medio de Medidores de Placa Triangular o Rectangular. En el Sistema ADAS se automatiza la captación de dichas informaciones mediante la utilización de Sensores fundamentados en el proceso de Cuerda Vibrante.

Con esta Metodología, básicamente el Sensor está sumergido en el Canal de Medición. Dicho dispositivo consta de una Cuerda Vibrante, similar a la de los otros sensores, al cual está adosado un peso con masa específica mayor a 1, este peso recibe un determinado empuje hidrostático en función a la altura o nivel de agua canalizada (ver figura 6), lo que es traducido en la ECA en la unidad de medida de m^3/s o l/s , con margen de error de 0,01% del fondo de escala.

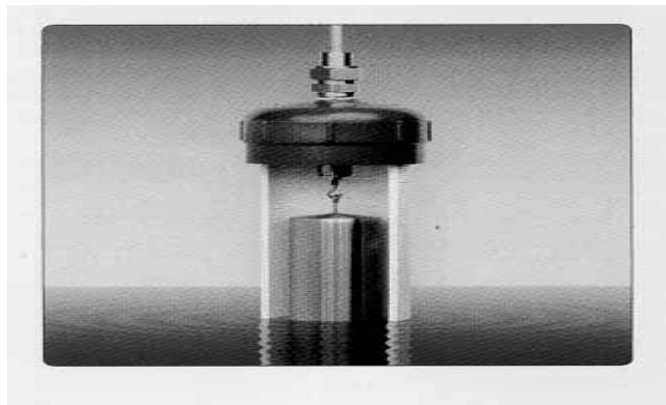


Figura 6: Sensor del Medidor de Caudal

3.1.5. *Medida de Desplazamiento de Junta entre los Bloques de la Presa, Tensiones en el interior del Hormigón y de las Armaduras.*

Los Medidores de Junta, como los de Tensiones Internas del Hormigón y los de Armadura de la Casa de maquinas están instalados y en funcionamiento hace aproximadamente 20 años.

Son del tipo Carlson que indican valores de resistencia eléctrica, leídas por medio del Punteo de Wheatstone, traduciendo posteriormente los desplazamientos en mm, y las tensiones en MPa. Estos instrumentos están simplemente interconectados a las UARs para formar parte del Sistema Automático.

3.1.6. *Medidas de las Lluvias en el Local de la Presa*

Existen dos pluviómetros instalados, uno en cada margen, para medir las lluvias caídas en cada local. Los sensores de los pluviómetros básicamente miden intervalos de pulso provenientes de 2 mm. de lluvia caída dentro de un recipiente de acero inoxidable.

4. CONTROL Y EVALUACION DE LOS DATOS

Finalmente en el ADAS, el análisis e interpretación de las magnitudes medidas son realizados a través de un Software Customizado en la ECA (figura 7, Estación Cliente) cuyas herramientas optimizan al máximo las operaciones necesarias para la evaluación de los datos del estado y desempeño de las Estructuras Civiles y de sus Fundaciones.

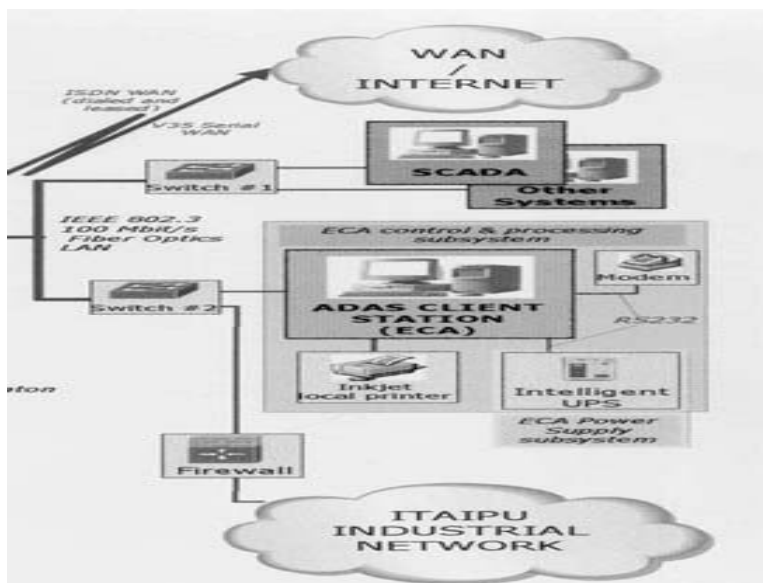


Figura 7: Diagrama de la Estación Cliente (ECA)

5. CONCLUSIONES

El principal punto de destaque de la Automatización parcial de la Instrumentación de Auscultación de las Estructuras Civiles de la Presa de Itaipu, es que con el sistema de supervisión automática, es posible proceder a la rápida detección de eventuales anomalías en el comportamiento de la presa, de modo a optimizar y agilizar el análisis de las causas y toma de decisiones de las medidas correctivas, para lo cual, todos los instrumentos de auscultación han sido dotados de valores de control bien específicos.

Cabe decir que el hecho de contar con un Sistema Automático de la Instrumentación, no significa que los demás instrumentos de auscultación, leídos en forma convencional, sean relegados a un segundo plano, pues ellos continuarán operando, además se garantizará la imprescindible actividad de inspección visual de las estructuras, realizada indirectamente por los propios técnicos lectoristas.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Especificación Técnica del Sistema ADAS. Itaipu 2002, páginas 2-24.
- [2] Automatic Data Acquisition System for the Civil Instrumentation of the Dam (ADAS). Work Statement. Enel. Hydro. 2004, páginas 4-100.
- [3] Estabelecimento de Níveis de alerta para a Instrumentação das Estruturas Civis. Itaipu 2002, páginas 5-35.