

Modernización del Sistema de Telemetría Hidrometeorológica de la Itaipu Binacional

Elías Castillo, Mauricio Menon, Ramón Acosta, Víctor Cárdenas.

ITAIPU BINACIONAL

Paraguay

RESUMEN

La energía generada por la Usina Hidroeléctrica ITAIPU BINACIONAL depende directamente del monitoreo de los niveles de ríos y lluvias en la Cuenca del Río Paraná. La previsión exacta del volumen de agua que llegará en el futuro al embalse hace posible un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos.

La colecta de datos que orientan los procesos de previsión, supervisión y control de la operación hidroenergética de la ITAIPU se realiza mediante el Sistema de Telemetría Hidrometeorológica (STH), el cual es un sistema de automatización del proceso de recopilación y transmisión de datos hidrometeorológicos en una red de Estaciones Medidoras Remotas, poniendo estos datos a disposición de una Estación Central, ubicada en las instalaciones de la ITAIPU.

El Sistema de Telemetría Hidrometeorológica se encuentra en proceso de modernización y se divide en 6 (seis) subsistemas como mínimo: Sensores, Adquisición de Datos y Procesamiento Local, Comunicación, Control y Procesamiento Central, Monitoreo y Autodiagnóstico, y Alimentación Eléctrica.

En cuanto a la red de recolección de datos hidrometeorológicos, la misma está compuesta de 58 (cincuenta y ocho) Estaciones Medidoras Remotas, siendo 11 (once) pluviométricas, 17 (diez y siete) fluviométricas, 30 (treinta) pluvio-fluviométricas. Los medios de comunicación utilizados por las Estaciones Medidoras Remotas son: Transmisión vía Radio Digital y Transmisión vía Satélite.

En las Estaciones Medidoras Remotas se encuentran los sensores hidrometeorológicos, la UTR, el sistema de alimentación eléctrica local, y el sistema de comunicación. El sistema es capaz de transmitir y recibir datos utilizando diferentes medios de comunicación. La Estación Central se encuentra en la casa de máquinas de la ITAIPU y alberga el conjunto de servidores y equipos de red que forman parte del sistema, así como los aplicativos de operación, mantenimiento, autodiagnóstico y análisis de los datos hidrometeorológicos.

De esta forma en el presente trabajo se pretende describir las principales características del nuevo Sistema de Telemetría Hidrometeorológica, explicar el funcionamiento de las Estaciones Medidoras Remotas, los sistemas de transmisión de datos, la arquitectura y características de la Estación Central.

PALABRAS CLAVES

STH, Hidrometeorológica, previsión, supervisión, sensores, pluviométricas, fluviométricas.

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022**

1. INTRODUCCIÓN

Después de estar en servicio por varios años, el Sistema de Telemetría Hidrometeorológica de la Itaipu Binacional está pasando por un proceso de modernización integral debido a la obsolescencia de varios equipos que lo componen.

A continuación, será descripto el alcance de la modernización del Sistema, detallando los equipos, aplicativos e integraciones que forman parte del proyecto.

2. SISTEMA DE TELEMETRIA HIDROMETEOROLÓGICA

La modernización del Sistema de Telemetría Hidrometeorológica abarca la instalación de 58 (cincuenta y ocho) Estaciones Medidoras Remotas, y la estación de procesamiento central ubicada en las instalaciones de la Itaipu Binacional.

Las 58 (cincuenta y ocho) Estaciones Medidoras Remotas realizan el monitoreo de los niveles de ríos y lluvias en la Cuenca del Río Paraná y se encuentran distribuidos en los países de Paraguay y Brasil conforme detallado en la siguiente tabla:

Tabla I. Listado de Estaciones Medidoras Remotas

Item	Nombre de la Estación Remota	Nombre del Rio o Ciudad	País
1	IATE CLUBE CATARATAS	Paraná	Brasil
2	PEDRO ORTELLADO	Lago de Itaipu	Paraguay
3	PUENTE DE LA AMISTAD	Paraná	Paraguay
4	R-11 MONDAY	Paraná	Paraguay
5	R-4	Paraná	Brasil
6	PUENTE MONDAY	Monday	Paraguay
7	PAULISTANIA	Lago de Itaipu	Brasil
8	PORTO MEIRA	Iguaçu	Brasil
9	BALSA DO CANTU	Cantu	Brasil
10	BARBOSA FERRAZ	Corumbataí	Brasil
11	UBIRATÃ	Ubiratã	Brasil
12	CARAPÁ	Carapá	Paraguay
13	BRILHANTE	Brilhante	Brasil
14	ESTRADA DO IGUATEMI	Iguatemi	Brasil
15	FLORIDA	Amambay	Brasil
16	FOZ DO IVAÍ SL	Ivaí	Brasil
17	GUAÍRA BRAÇO DIREITO	Paraná	Brasil
18	GUAÍRA BRAÇO DIREITO SL	Paraná	Brasil
19	GUAÍRA BRAÇO ESQUERDO SL	Paraná	Brasil
20	GUAÍRA PORTO	Paraná	Brasil
21	HOTEL CATARATAS	Iguaçu	Brasil
22	IVINHEMA	Ivinhema	Brasil
23	PUERTO INDIO	Lago de Itaipu	Paraguay
24	MANOEL RIBAS	Manoel Ribas	Brasil
25	MARQUINHO	Marquinho	Brasil
26	NOVO BALSA SANTA MARIA	Piquiri	Brasil

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

27	NOVO PORTO 2	Piquiri	Brasil
28	NOVO PORTO TAQUARA	Ivaí	Brasil
29	PONTE DO CAPANEMA	Capanema	Brasil
30	PORTO CAIUÁ	Paraná	Brasil
31	PORTO CAPANEMA	Iguaçu	Brasil
32	PEQUENO MUNDO	Piquiri	Brasil
33	PORTO MENDES	Lago de Itaipu	Brasil
34	PORTO PARAÍSO DO NORTE	Ivaí	Brasil
35	PORTO SÃO JOSÉ	Paraná	Brasil
36	PUERTO CAPITAN ORTIZ	Lago de Itaipu	Paraguay
37	PUERTO SALTO DEL GUAIRÁ	Paraná	Paraguay
38	SANTA MARIA	Santa María	Brasil
39	SÃO FRANCISCO FALSO	São Francisco Falso	Brasil
40	SÃO FRANCISCO VERDADEIRO	São Francisco Verdadeiro	Brasil
41	SOL DE MAIO	Lago de Itaipu	Brasil
42	TEREZA CRISTINA	Ivaí	Brasil
43	UBÁ DO SUL	Ivaí	Brasil
44	PORTO QUERÊNCIA	Paraná	Brasil
45	ENSECADEIRA MD MONTANTE	Paraná	Paraguay
46	ENSECADEIRA MD JUSANTE	Paraná	Paraguay
47	ENSECADEIRA ME MONTANTE	Paraná	Brasil
48	ENSECADEIRA ME JUSANTE	Paraná	Brasil
49	NOVA SANTA ROSA	Nova Santa Rosa	Brasil
50	ARROIO GUAÇU	Mercedes	Brasil
51	SÃO PEDRO DO IGUAÇU	São Pedro do Iguaçu	Brasil
52	VERA CRUZ DO OESTE	Vera Cruz do Oeste	Brasil
53	RESERVA ITABO	Mbarakayu	Paraguay
54	NUEVA ESPERANZA	Nueva Esperanza	Paraguay
55	CORPUS CHRISTI	Corpus Christi	Paraguay
56	MINGA PORÃ	Minga Porã	Paraguay
57	R11-MONDAY BKP	Paraná	Paraguay
58	PUENTE DE LA AMISTAD BKP	Paraná	Paraguay

2.1. Visión General del Sistema.

El sistema se divide en al menos 6 (seis) subsistemas: Sensores, Adquisición de Datos y Procesamiento Local, Comunicación, Control y Procesamiento Central, Monitoreo y Autodiagnóstico, y Suministro de Energía.

La Estación Central se define como el conjunto de estructuras, equipos y software que se encargan de recibir, procesar y poner a disposición los datos de las Estaciones Medidoras Remotas.

La estación central está compuesta por 3 servidores, accesorios y sistemas de soporte y red, sistema de recepción de datos, la aplicación principal es denominada PCDWeb, cuya función más importante, es recibir y poner a disposición los datos hidrometeorológicos. La estación central utilizará la infraestructura y los servicios de la red del SIRI (Sistema Integrado de Redes Industriales) de la Itaipu para su funcionamiento.

Los servidores de la Estación Central del STH están conectados a la red SIRI y utilizan su infraestructura y servicios de red. A través del Firewall SIRI, el sistema puede recibir datos de las UTRs mediante comunicación satelital y comunicación vía radio digital. Además, podrá enviar información de su base de datos a los sistemas de base de datos SCADA, Hidrología entre otros. El conjunto de servidores estará provisionado con un sistema

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

de virtualización, capaz de proporcionar virtualización de servidores, redundancia y alta disponibilidad, para la instalación de los aplicativos del STH.

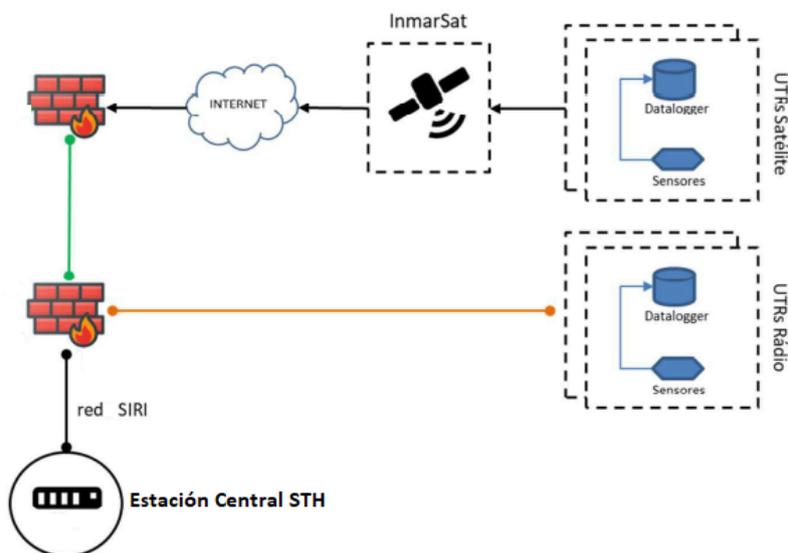


Figura 1. Esquema General del STH.

2.2. Componentes del Sistema.

2.2.1. Estación Central

La Estación Central está compuesta por 3 (tres) servidores marca DELL EMC de la serie PowerEdge, además para el ambiente de virtualización es utilizado el software VMware. Dos (2) de los servidores forman parte de un cluster para crear una infraestructura de Alta Disponibilidad para la máquina virtual donde se está ejecutando la Base de datos SQL, la aplicación PCDWeb y la aplicación de configuración de los datalogger. Los tres servidores son administrados desde el VCenter del SIRI (Sistema Integrado de Redes Industriales de la Itaipu). El tercer servidor es utilizado como servidor de backup mediante la herramienta VEEAM.

Para el funcionamiento del clúster, se ha instalado un sistema de almacenamiento compartido que utiliza una porción del disco de ambos servidores y lo mantiene sincronizado. El almacenamiento compartido está generado y mantenido por un software llamado StarWind, el cual está instalado en ambos nodos del clúster.

El clúster está encargado de mantener esta máquina virtual activa en uno de sus nodos de manera que el acceso a la base de datos y al software PCDWeb es transparente para el usuario incluso ante la falla de uno de los nodos.

PCDWeb es una plataforma online, accesible de cualquier navegador web. Centraliza los datos provenientes de todas las Estaciones Remotas, el mismo realiza el tratamiento, validación y disponibilización en tiempo real de los datos hidrometeorológicos además posee diversas posibilidades de gerenciamiento, visualización y exportación de datos.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

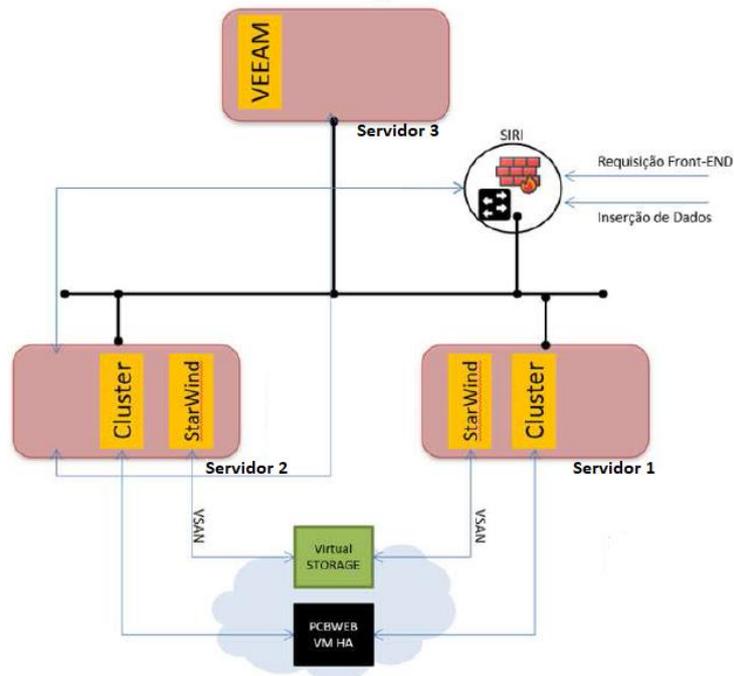


Figura 2. Arquitectura Simplificada de la Estación Central.

La comunicación de datos entre las Estaciones Medidoras Remotas y la Estación Central se realiza por dos medios de comunicación:

Transmisión vía satélite: El sistema de transmisión satelital interconecta las Estaciones Medidoras Remotas a la Estación Central a través del servicio de transmisión satelital IsatData Pro de INMARSAT.

IsatData Pro es un servicio de Inmarsat proveído por ORBCOMM. IsatData Pro provee servicio de comunicación bidireccional desde una puerta de enlace a dispositivos remotos a través de los satélites de Inmarsat.

En la solución propuesta para modernización del STH, el Datalogger de la Estación Remota envía los mensajes que serán transmitidos al transceptor satelital y luego los mensajes transmitidos vía satélite se almacenan en el Gateway de INMARSAT.

El software PCDWeb mediante una conexión a internet busca del Gateway de INMARSAT los mensajes recibidos de las Estaciones Medidoras Remotas y luego de ser procesados son almacenados en la base de datos para su posterior consulta.

El transceptor satelital utilizado es de la marca ORBCOMM.

Transmisión vía radio digital: El sistema de transmisión de radio interconecta las Estaciones Medidoras Remotas a la Estación Central a través de un enlace de radio directo utilizando el protocolo TCP/IP.

En la solución propuesta en la modernización, el Datalogger y el Transmisor de Radio de la Estación Remota tienen configurados direcciones IP específicas, el equipo de radio sirve de Gateway al Datalogger para el envío de los datos, que posteriormente son recibidos y recopilados por los servidores de la Estación Central vía

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

protocolo FTP. Se instalaron antenas de comunicación en la torre de telecomunicaciones de la Itaipu y están orientadas a las estaciones medidoras remotas con transmisión de radio.

El equipo transmisor de radio tiene una frecuencia de operación en las bandas de 902 MHz a 907.5 MHz y 915 MHz a 928 MHz con FHSS. Es posible habilitar o deshabilitar bandas de frecuencia, para los equipos de radios instalados en Itaipu estarán configurados para operar en la banda de 918 MHz a 928 MHz.

El transmisor de radio utilizado es de la marca FREEWAVE.

2.2.2. Estaciones Medidoras Remotas.

Las Estaciones de Medición Remota/Unidades de Transmisión Remota están compuestas por casetas de mampostería o metálicas, en las cuales se ubican los equipos que componen las Unidades de Transmisión Remota (UTR): Caja Externa UTR, Datalogger para adquisición y procesamiento de datos de sensores, pluviómetros, limnímetros (sensor de nivel de agua), sistema de comunicación, dispositivos de protección contra descargas atmosféricas; sistema de alimentación a través de un panel solar, un controlador de carga de batería y una batería de 12V.

Los equipos que componen las Estaciones de Medición Remota son de bajo consumo, pudiendo operar a través de un sistema de suministro eléctrico alimentado por un panel solar en 12 V de tensión y corriente continua, tienen la capacidad de medir, almacenar y enviar el valor de voltaje de la batería; además de monitorear, almacenar y enviar el valor de corriente de salida de los terminales del regulador de voltaje.

Las lecturas del sensor de nivel de agua se toman a intervalos periódicos. El intervalo entre lecturas consecutivas es programable, entre 5 minutos y 24 horas, con una resolución de 1 minuto.

El intervalo de adquisición de datos pluviométricos es programable, entre 5 minutos y 24 horas, con una resolución de 5 minutos, que podrá reducirse según sea necesario.

Las Estaciones de Medición Remota generan y almacenan alarmas para los siguientes eventos: nivel de batería baja, falta de lectura de los sensores, falta de sincronización, falla de comunicación, reinicios.

Los tipos de Estaciones Medidoras Remotas instaladas con la modernización del sistema son los siguientes:

- **Estación Medidora Remota Pluviométrica** (Sensor de Precipitación)

Estaciones Medidoras Remotas que tienen instalados un sensor pluviómetro y tienen como finalidad la obtención de datos de precipitación y envío de los mismos a la Estación Central de manera automática.

- **Estación Medidora Fluviométrica** (Sensor de Nivel de agua)

Estaciones Medidoras Remotas que tienen instalados un sensor limnómetro y tienen como finalidad la obtención de datos de referidos a nivel de agua de los ríos y envío de los mismos a la Estación Central de manera automática.

- **Estación Medidora Fluviométrica/Pluviométrica** (Sensor de Nivel de agua/Sensor de Precipitación)

Estaciones Medidoras Remotas que tienen instalados un sensor limnómetro y un sensor pluviómetro, tienen como finalidad la obtención de datos de referidos a nivel de agua de los ríos y datos de precipitación, luego realiza el envío de estos a la Estación Central de manera automática.

**XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022**

2.2.2.1. Componentes de las Estaciones Medidoras Remotas.

Tabla II: Listado de equipos que componen la Estación Medidora Remota.

Ítem	Componente	Marca	Descripción
1	Caja Externa UTR	DualBase	Caja Externa con material metálico apto para instalación en exterior con protección mínima IP 66 y pintura electrostática en polvo Epoxi con un espesor mínimo de 100 μ m, que contiene una placa de montaje para la fijación de equipos y accesorios.
2	Datalogger	Campbell Scientific	Módulo de Monitoreo y colector de datos, del tipo "Datalogger", programable, con terminales para conexiones configurables de tipo "universal" para conectar sensores, transmisores y accesorios. Memoria Interna 4 MB 12 entradas configurables para funciones analógicas o digitales 16 terminales configurables para entradas y salidas digitales. Puertas de Comunicación: Ethernet, USB Micro B, CS I/O, CPI, RS-485, RS-422, SDI-12
3	GPS	DualBase	Utilizado para sincronización de reloj interno del Datalogger. Antena RHCP activa integrada. Grado de protección IP67
4	Limnómetro	DualBase	Sensor de nivel de agua: tipo capacitivo con un elemento tipo capacitor cerámico, para medir la presión absoluta. Grado de protección IP68.
5	Barómetro	DualBase	El sensor tipo barómetro es utilizado para compensar la presión atmosférica en la determinación del nivel del agua. Faja de medición 600 a 1100 hPa.

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

			Grado de protección IP66.
6	Pluviometro	DualBase	Sensor tipo pluviómetro basculante (TBRG), con sifón, compuesto por un conjunto con base y colector extraíble. Capacidad: 0 a 500 mm/h Señal de salida: cierre de contacto NA – Pulso de 25 ms
7	Panel Solar	Komaes	Potencia máxima 20 W Tolerancia 5%
8	Controlador de Carga	Morningstar	Tipo de carga: Serie PWM Punto de regulación: 14,3V Protecciones contra cortocircuitos.
9	Batería	Unipower	Tensión 12 VDC. Corriente: 26 Ah

XIV SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRE
23 y 24 de Junio 2022

3. CONCLUSIÓN

La conclusión de los trabajos de modernización del Sistema de Telemetría Hidrometeorológica permitirá la renovación de todos los equipos de las Estaciones Medidoras Remotas además de ampliar el número de Estaciones de la red de recolección de datos hidrometeorológicos.

Además, incluye la renovación total de los equipos y software que conforman la Estación Central dotándola de una infraestructura de Alta Disponibilidad.

La modernización del Sistema de Telemetría Hidrometeorológica aumentará la disponibilidad y confiabilidad de la colecta de datos que orientan los procesos de previsión, supervisión y control de la operación hidroenergética de la ITAIPU.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Especificación Técnica 2017-20-15203-E “Modernización del Sistema de Telemetría Hidrometeorológica”. Itaipu Binacional, Paraguay, 2018, páginas 3-44.
- [2] Documentación Técnica 2017-20-J4843-P “Memorial Descriptivo de la Estación Central”. Itaipu Binacional, Paraguay, 2021, páginas 3-19.
- [3] Documentación Técnica 2017-80-J4841-P “Manual Sensores Hidrometeorológicos”. Itaipu Binacional, Paraguay, 2021, páginas 3-57.
- [4] Documentación Técnica 2017-20-J4844-P “Memorial Descriptivo del Sistema de Transmisión vía Radio”. Itaipu Binacional, Paraguay, 2021, páginas 3-6.
- [5] Documentación Técnica 2017-20-J4849-P “Memorial Descriptivo del Sistema de Transmisión vía Satélite”. Itaipu Binacional, Paraguay, 2021, páginas 3-5.