

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO HIDROMÉTRICO Y METEOROLÓGICO EN LÍNEA DEL RÍO PILCOMAYO

Amás Galindo, Fohad Jorge – LU 116714
Ingeniería en Comunicaciones

Tutor:

Basualdo Lebraud, Rafael Emilio, UADE

AGOSTO 11, 2016



UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS

RESUMEN:

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de monitoreo en línea que permitirá capturar y gestionar los datos hidrométricos, meteorológicos y de calidad de agua del Río Pilcomayo, para prevenir, alertar y controlar inundaciones y/o desastres ambientales.

El Sistema esta compuesto por ocho Estaciones Remotas de Monitoreo conectadas por medio de una Red de Comunicaciones con un Centro de Gestión y Monitoreo.

Las Estaciones Remotas de Monitoreo, serán instaladas en las adyacencias del Río Pilcomayo en las provincias de Salta y Formosa, y estarán equipadas con sensores para la detección y medición de variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad de agua. Los datos de los sensores serán concentrados en una Unidad Terminal Remota y enviados al Centro de Gestión y Monitoreo por medio de la Red de Comunicaciones.

La Red de Comunicaciones utilizará el protocolo IP (*Internet Protocol*) y estará constituida por una Red Principal compuesta por vínculos satelitales del tipo VSAT y por una Red Secundaria del tipo GPRS en los lugares donde exista cobertura de las redes de telefonía móvil.

El Centro de Gestión y Monitoreo se ubicará en la ciudad de Formosa y estará equipado con el hardware y software necesario para recibir, almacenar y procesar los datos provenientes de las Estaciones Remotas de Monitoreo, así como la administración y gestión de todos los dispositivos que componen el Sistema.

Para el diseño del sistema, se realizó un relevamiento sobre los mecanismos y procedimientos utilizados actualmente para monitorear el Río Pilcomayo y un trabajo de investigación y análisis de las alternativas tecnológicas de los componentes que constituyen el sistema, para contar con una solución integral, modular y escalable.

La solución obtenida, cubrirá una necesidad real y actual, estará basado en tecnología probada y tiene viabilidad técnica, económica, social, ambiental y legal.

ABSTRACT:

The project involves the design of a technological solution that will capture and manage the hydrometric, meteorological and water quality data Pilcomayo River to prevent, alert and flood control and/or environmental disasters.

The system is composed of eight Remote Monitoring Stations connected via a communications network with Management and Monitoring Center.

The Remote Monitoring Stations will be installed in the vicinity of the River Pilcomayo in the provinces of Salta and Formosa, and will be equipped with sensors for detecting and measuring hydrometric, meteorological variables and water quality. The sensor data will be concentrated in a Remote Terminal Unit and sent to the Center for Management and Monitoring through Network Communications.

Network Communications will use the IP (Internet Protocol) and will comprise a main network consisting of satellite VSAT links and a secondary network of GPRS type in places where there is coverage of mobile phone networks.

The Center for Management and Monitoring will be located in the city of Formosa and will be equipped with the hardware and software needed to receive, store and process data from the Remote Monitoring Stations, as well as administration and management of all devices that make the system.

For the design of the system, a survey on the mechanisms and procedures currently used to monitor the Pilcomayo River and a research and analysis of technological alternatives of the components constituting the system to have a integral, modular and scalable solution.

The resulting solution will cover a real and present need, it will be based on proven technology and has technical, economic, social, environmental and legal feasibility.

CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CONTENIDOS	3
1. Introducción	6
1.1. Objetivo	6
1.2. Alcances	6
1.3. Estructura del Informe	7
2. Antecedentes	8
2.1. Características y Problemática del Río Pilcomayo	8
2.2. Situación actual	11
3. Metodología de Desarrollo	14
4. Aspectos Técnicos y Funcionales del Proyecto	15
4.1. Descripción General	15
4.2. Ubicación Geográfica	17
4.3. Ubicación de los Sitios	17
4.4. Variables a Medir y Monitorear	18
4.5. Estaciones Remotas de Monitoreo (ERM)	19
4.5.1. Características Generales	19
4.5.2. Unidad Terminal Remota (RTU)	20
4.5.2.1. Unidad de Procesamiento Central (CPU)	21
4.5.2.2. Módulo de Comunicaciones	22
4.5.2.3. Módulo de Entradas y Salidas	22
4.5.3. Sensores Hidrométricos	24
4.5.3.1. Sensores de Nivel	24
4.5.3.2. Sensores de Caudal	25
4.5.4. Sensores Meteorológicos	26
4.5.4.1. Sensores de Humedad	26
4.5.4.2. Sensores de Precipitación	27
4.5.4.3. Sensores de Presión Atmosférica	27
4.5.4.4. Sensores de Radiación Solar	28

4.5.4.5. Sensores de Temperatura Ambiente	28
4.5.4.6. Sensores de Intensidad y Dirección del Viento	29
4.5.5. Sensores de Calidad del Agua	30
4.5.5.1. Sensores de Temperatura y pH del agua	30
4.5.5.2. Sensores de Oxígeno Disuelto	30
4.5.5.3. Sensores de Conductividad del Agua	31
4.5.5.4. Sensores de Calidad de Agua Compuestos (Multiparamétricos)	32
4.5.6. Equipamiento de Comunicaciones	35
4.5.7. Equipamiento de Energía	36
4.6. Red de Comunicaciones	38
4.6.1. Características Generales	38
4.6.2. Análisis de Tráfico de Datos	38
4.6.3. Selección de Tecnologías	41
4.6.4. Red Principal (VSAT)	42
4.6.4.1. Descripción de la Tecnología VSAT	43
4.6.4.2. Características de la Red Principal	44
4.6.5. Red Secundaria (GPRS)	45
4.6.5.1. Descripción de la Tecnología GPRS	45
4.6.5.2. Características de la Red Secundaria	46
4.6.6. Conexión a Internet	46
4.7. Centro de Gestión y Monitoreo (CGM)	47
4.7.1. Descripción General	47
4.7.2. Subsistema de Almacenamiento	48
4.7.2.1. Hardware de Almacenamiento	49
4.7.3. Subsistema de Reportes y Tableros	50
4.7.4. Subsistema de Administración y Control	51
4.7.4.1. Módulos del Subsistema de Administración y Control	52
4.7.4.2. Funcionalidad del Software SCADA	54
4.7.4.3. Recursos del Software SCADA	54
5. Consideraciones para la Instalación y Puesta en Marcha	55
5.1. Instalación y Puesta en Marcha de las Estaciones Remotas de Monitoreo	55
5.2. Instalación y Puesta en Marcha de la Red de Comunicaciones	56

5.3. Instalación y Puesta en Marcha del Centro de Gestión y Monitoreo	56
6. Consideraciones sobre la Operación del Sistema	57
6.1. Recursos Humanos (RR.HH).	57
6.2. Capacitación	58
6.3. Mantenimiento	58
7. Expansión del Sistema	59
7.1. Nuevas Variables a Medir y Monitorear	59
7.2. Nuevas Estaciones Remotas de Monitoreo	60
8. Aspectos Regulatorios	60
9. Costos referenciales	61
CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64

1. Introducción

1.1. Objetivo

El objetivo del proyecto es plantear una solución tecnológica integral, modular y escalable que permita contar con un sistema de monitoreo en línea de los datos hidrométricos, meteorológicos y de calidad de agua del Río Pilcomayo, con el propósito de obtener información cuasi en tiempo real (*near real time*) para prevenir, alertar y controlar inundaciones y/o desastres ambientales.

1.2. Alcances

Los alcances del Proyecto son:

- Descripción de la problemática del Río Pilcomayo y sus implicancias geopolíticas, ambientales, económicas, sociales y culturales.
- Esquema y descripción integral desde el punto de vista técnico y funcional de todos los componentes y módulos que constituyen el sistema.
- Diseño de la solución tecnológica de captura de datos en las Estaciones Remotas de Monitoreo desde el punto de vista técnico y funcional.
- Diseño de la Red de Comunicaciones del sistema desde el punto de vista técnico y funcional.
- Descripción funcional de los componentes del Centro de Gestión y Monitoreo. El diseño de los componentes (Hardware y Software) de los sistemas informáticos que componen el Centro, no forman parte del Proyecto.
- Pautas y recomendaciones para la instalación y puesta en marcha del Sistema.
- Pautas y recomendaciones para el funcionamiento y operación del Sistema.
- Consideraciones sobre el cumplimiento de la normativa regulatoria vigente y aspectos a tener en cuenta para la operación y expansión del Sistema en territorio nacional como internacional.
- Costos referenciales de los diferentes componentes y módulos que conforman el Sistema.

1.3. Estructura del Informe

El presente informe comienza con un **Resumen** del proyecto en idioma español y en idioma inglés (**Abstract**), posteriormente continúa con los **Contenidos**, los cuales se encuentran divididos en 7 secciones:

La **primera sección** contiene la parte introductoria, el objetivo del proyecto y los alcances del mismo.

En la **segunda sección** se describen los antecedentes del proyecto, teniendo en cuenta las características e importancia que tiene el Río Pilcomayo para el norte Argentino, Bolivia y Paraguay, como así también la situación actual del monitoreo de los diferentes parámetros del río.

En la **tercera sección** se describe la metodología que se utilizó para realizar el proyecto, así como un listado de las actividades que se llevaron a cabo.

En la **cuarta sección** se detalla la ubicación geográfica de los sitios, la descripción de las variables a monitorear y las características técnicas y funcionales de los componentes que forman el sistema (Centro de Gestión y Monitoreo, Estaciones Remotas de Monitoreo y Red de Comunicaciones).

En la **quinta sección** se trata las consideraciones más relevantes a tener en cuenta para la instalación y puesta en marcha del Sistema.

En la **sexta sección** se describen los aspectos inherentes a la operación del proyecto. Se realizan consideraciones sobre recursos humanos, capacitación de los mismos y sobre el mantenimiento del Sistema.

En la **séptima sección** se realizan consideraciones sobre la potencial expansión del Sistema tanto en lo referente a nuevas variables a monitorear como en la incorporación de nuevos sitios remotos.

La **octava sección** trata las consideraciones del tipo regulatorio que se deben tener en cuenta para el funcionamiento del presente proyecto.

En la **novena sección** se efectúan tablas de costos estimados del proyecto.

Posteriormente se realizan las **Conclusiones**, analizando la utilidad que tiene el Sistema objeto del proyecto y su viabilidad desde los puntos de vista técnico, económico, social, ambiental y legal.

Por último, en **Bibliografía** se detallan los sitios web consultados.

2. Antecedentes

2.1. Características y Problemática del Río Pilcomayo

La cuenca del Río Pilcomayo forma parte de la gran Cuenca del Plata abarcando una extensa región de 288.360 km² de superficie compartida por Argentina Bolivia y Paraguay con una población estimada de 1,5 millones de habitantes. (Ver Fig. 1)



Figura 1: Ubicación de la Cuenca del Río Pilcomayo

El Río Pilcomayo tiene un recorrido de más de 1.100 km. desde sus nacientes en Bolivia (Departamento de Potosí) hasta su desembocadura en el Río Paraguay en Puerto Pilcomayo (Provincia de Formosa, República Argentina), debido a sus características cambiantes, su cuenca se la divide en Alta, Media e Inferior. (Ver Fig. 2)

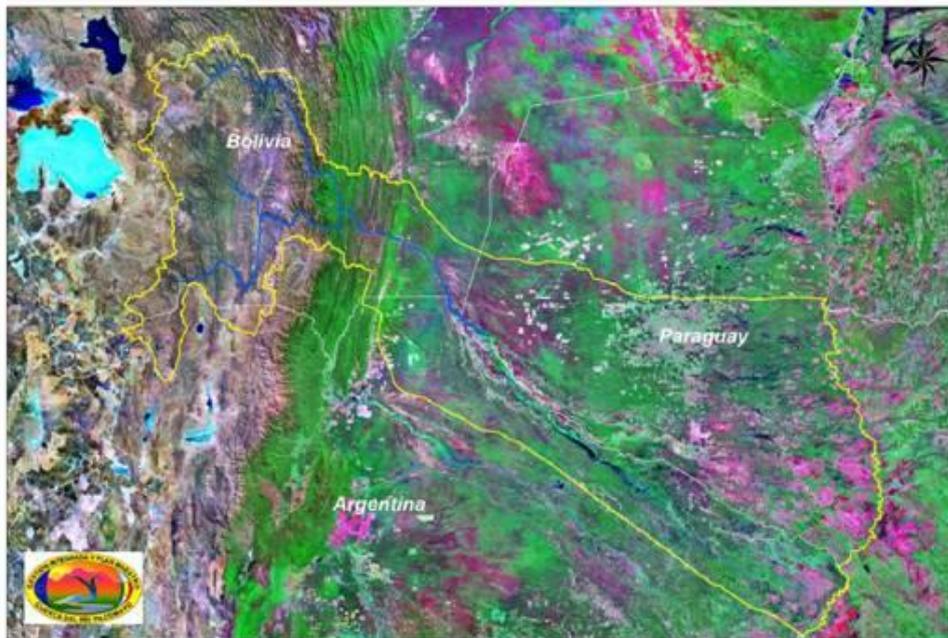


Figura 2: Cartografía Física de la Cuenca del Río Pilcomayo

En su Cuenca Alta, desde sus nacientes ubicadas a 4.200 m.s.n.m. en Bolivia hasta que llega a los 350 m.s.n.m. de la llanura del chaco boliviano, se comporta como un río de montaña.

En la Cuenca Media, pasa a comportarse como un río de llanura, esto se produce al abandonar la Cordillera de los Andes e ingresar en la planicie chaqueña.

En su Cuenca Inferior, el Río Pilcomayo adopta una forma de río menor hasta que desemboca en el río Paraguay, parece hidrológicamente desconectado del río superior ya que su caudal da lugar a la formación de bañados.

Entre las particularidades naturales que tiene el Río Pilcomayo se destacan dos: La cantidad de sedimentación que acarrea y el fenómeno de atarquinamiento que presenta.

En lo que respecta al transporte de sedimentos, el río es considerado uno de los mayores en el mundo, tiene una tasa media anual de 125 millones de toneladas, lo que produce taponamientos y cambios de curso o bifurcaciones del flujo de agua en forma muy frecuente en la cuenca media. Esta característica es debida a la gran diferencia de altura entre la cuenca alta y la cuenca media.

La otra particularidad, asociada a la anterior, es que es el único río en el mundo cuyo cauce se extingue por la deposición de sedimentos, lo que se conoce como

atarquinamiento, eso ocurre en la cuenca inferior, el cauce del río desaparece pero su importante caudal sigue fluyendo formando bañados.

Desde el punto de vista territorial, El 44% del área total de la Cuenca se encuentra en Paraguay, el 31% en Bolivia y el 25% en Argentina (Fig. 2).

Forman parte de la cuenca los Departamentos de Potosí, Chuquisaca y Tarija por Bolivia, las Provincias de Salta y Formosa de la Argentina y los Departamentos de Boquerón y Presidente Hayes del Paraguay. El Río Pilcomayo forma 835 km de frontera entre la República Argentina y la República del Paraguay.

En cuanto a la población, de los aproximadamente 1,5 millones de habitantes, 66% viven en Bolivia, 24% en la Argentina y un 10% habitan en Paraguay.

Un 56% de la población habita en áreas urbanas y un 44% e población rural. Generalmente, las poblaciones urbanas se ubican en las cercanías a los cursos de agua (río, riachos o quebradas (Ver Fig. 3).



Figura 3: Localidades de la Cuenca del Río Pilcomayo.

Los ingresos del 60% de la población están por debajo de la línea de pobreza de sus respectivos países, a su vez, el 30% del total de esa población se encuentran en línea de pobreza extrema o indigencia.

Existen alrededor de 20 etnias que habitan en la Cuenca del Pilcomayo, se estima que el porcentaje de población indígena en relación a la población total del área de estudio es del 37% en Bolivia, de 32% en Paraguay y de 7% en Argentina,

Las etnias se distribuyen de la siguiente manera: 12 etnias en Paraguay, siendo las de mayor población los Nivaclé, Enlhet Norte y Enlhet Sur; 6 etnias en Argentina de las cuales se destacan los Tobas y los Wichis y 3 etnias en Bolivia, los Guaraníes, los Tapiete y los Weenhayek.

Como se puede observar, la importancia geopolítica, social, económica ambiental, sus particularidades naturales y riesgos ambientales que tiene el Río Pilcomayo generan una problemática de carácter internacional muy compleja y que es de interés común de los países miembros de la cuenca abordarla.

Es por esta razón que los Gobiernos de Argentina, Bolivia y Paraguay han decidido integrar esfuerzos en forma participativa y coordinada, sin renunciar a sus acciones que les otorga su soberanía, a través de la conformación de una Comisión Trinacional de trabajo, de la suscripción de acuerdos y solicitud de préstamos de la cooperación internacional para proyectos, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible en toda la región.

2.2. Situación Actual

La Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo (CTN), fue creada por los tres países miembros con el fin de trabajar en forma participativa y coordinada en la gestión de acuerdos, acciones y capacidades para el desarrollo de la cuenca.

La Comisión Trinacional facilita que las acciones de interés común de los tres Países sean llevadas a cabo sin reemplazar las acciones soberanas que realizan los Organismos de cada uno de ellos, para lo cual cuenta con tres instancias con roles claramente definidos. (Ver Fig. 4)

El Consejo de Delegados es la instancia de política, es la Autoridad de cuenca, es la que establece por mandato las responsabilidades de las otras dos instancias y su accionar se orienta con las recomendaciones de éstas últimas.



Figura 4: Esquema Organizacional de la CTN

El Comité de Coordinación Trinacional, es la instancia de negociación, su rol es el de coordinar acciones con los actores institucionales y la sociedad civil, promoviendo un esquema participativo de los actores locales de los tres países y la CTN.

La Dirección Ejecutiva, es la instancia técnica, su rol es funcionar como el brazo operativo de la Comisión Trinacional, siendo una de sus responsabilidades el monitoreo del Río Pilcomayo y sus afluentes.

Para el monitoreo de los variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua de la cuenca, la Dirección Ejecutiva de la CTN ha desarrollado una Base de Datos Única que concentra la información obtenida de las estaciones de monitoreo de distintos Organismos de los tres países miembros.

Los Organismos que operan estaciones de monitoreo de distinto tipo sobre el Río Pilcomayo y su área de influencia (Ver Tabla I) y que suscribieron convenios con la CTN son:

- Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina
- Unidad Provincial Coordinadora del Agua de la Provincia de Formosa
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia
- Dirección de Meteorología e Hidrología del Paraguay.

TABLA I: Tipo de Estaciones de Monitoreo Existentes

Símbolo	Tipo de Estación	Mediciones que Realiza
P	Pluviométrica	Precipitaciones
T	Termométrica	Temperaturas
S	Sinópticas	Datos Climatológicos
H	Hidrométricas	Caudales
L	Limnimétricas	Niveles del cuerpo del agua
CO	Climatológicas Ordinarias	Datos Climatológicos

Fuente: Dirección Ejecutiva de la CTN

Las formas, métodos procedimientos y frecuencias de medición de las variables del río, varían de acuerdo al tipo de Estación y al Organismo que la opera.

En general, las mediciones son realizadas por personal operario de la estación utilizando métodos manuales o semiautomáticos y son volcados en planillas que luego son consolidadas por el Organismo operador y posteriormente remitidas a la Dirección Ejecutiva de la CTN para ser cargados en la Base de Datos Única.

En cuanto a la frecuencia de la toma de muestras, existen frecuencias horarias (en caso de tormentas y fuertes precipitaciones), diarias, semanales, mensuales y semestrales (algunas mediciones de calidad del agua).

Como se menciona anteriormente, el Rio Pilcomayo tiene algunas particularidades por sus características naturales como es el caso del arrastre de sedimentación y atarquinamiento, pero también tiene varias amenazas producto del cambio climático y de la intervención del hombre.

El riesgo ambiental se ha incrementado por la amenaza de contaminación de filtrados o derrames de los diques de cola de los emprendimientos mineros bolivianos en la cuenca alta del río, por la amenaza de contaminación de la explotación de yacimientos de hidrocarburos en la cuenca media y a lo que se suma la contaminación producida por el crecimiento de las ciudades ribereñas en los tres países.

La Dirección Ejecutiva de la CTN ha recomendado al Consejo de Delegados de la CTN y por su intermedio a los Gobiernos de los tres países miembros, la mejora en la forma y frecuencia de adquisición de los datos hidrométricos, meteorológicos y de calidad del agua de la cuenca del Río Pilcomayo, para lo cual se necesitaría un sistema de monitoreo moderno, dinámico y de mayor calidad que permita proporcionar información aplicable a la gestión de riesgos de desastres naturales y ambientales, la implementación de sistemas de alerta temprana y que cubran las necesidades de información para la planificación anticipada de actividades de prevención y mitigación de la cuenca.

3. Metodología de Desarrollo

Para la elaboración del Proyecto se realizaron diversas actividades de relevamiento, investigación y análisis de información de diversa índole que contribuyeron a obtener la solución tecnológica final.

Entre las actividades más relevantes tenemos las siguientes:

- Relevamiento de los requerimientos de medición de variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua para el monitoreo del Río Pilcomayo.
- Análisis de las metodologías y procedimientos que actualmente son utilizadas actualmente para el monitoreo del Río Pilcomayo.
- Relevamiento de alternativas tecnológicas y características de los sensores de captura de los datos de las variables requeridas.
- Relevamiento de los requerimientos de comunicaciones de los dispositivos concentradores de los datos provenientes de los sensores y alternativas tecnológicas para establecer la Red de Comunicaciones.
- Análisis y definición de los lugares para establecer las características y ubicación de las Estaciones Remotas de Monitoreo, considerando el aspecto funcional y la infraestructura asociada (energía eléctrica, condiciones del lugar, vías de acceso entre otras).
- Análisis y definición de la ubicación del Centro de Gestión y Monitoreo.
- Análisis de alternativas de contingencia para garantizar confiabilidad y disponibilidad de los enlaces que forman la red de comunicaciones.

- Aunque no se profundizará en las aplicaciones informáticas, se analizó las alternativas de comunicaciones, componentes y funcionalidades del Centro de Gestión y Monitoreo en los aspectos de seguridad, almacenamiento, procesamiento y presentación de la información.
- Se hizo un análisis de la operación y funcionamiento del Centro de Gestión y Monitoreo con el fin de establecer los recursos humanos necesarios y sus necesidades de capacitación.
- Se realizó una investigación y análisis de los aspectos regulatorios que se deben tener en cuenta.

4. Aspectos Técnicos y Funcionales del Proyecto

4.1. Descripción General

El Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo es una solución tecnológica integral, modular y escalable que permitirá obtener información cuasi en tiempo real (*near real time*) para prevenir, alertar y controlar inundaciones y/o desastres ambientales.

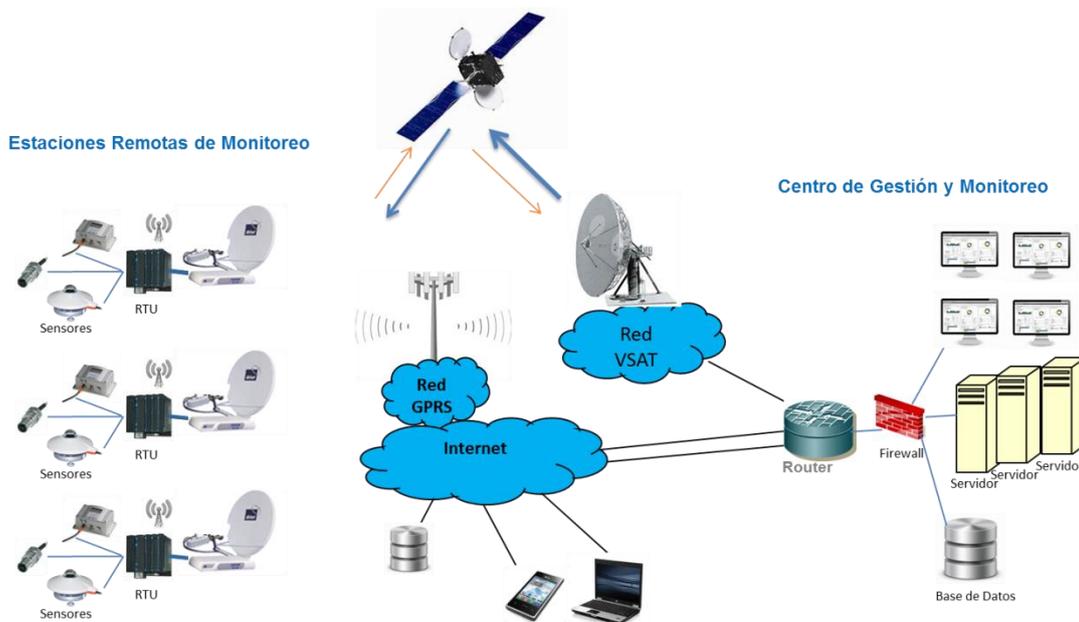


Figura 5: Esquema General

El sistema estará compuesto por un Centro de Gestión y Monitoreo (CGM) ubicado en la ciudad de Formosa, el cual estará conectado a ocho Estaciones Remotas de Monitoreo (ERM) instaladas en las adyacencias del Río Pilcomayo y sus afluentes, por medio de una Red de Comunicaciones. (Ver Fig. 5)

Las Estaciones Remotas de Monitoreo estarán equipadas con sensores de detección y medición de variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad de agua, que se conectarán a un dispositivo concentrador denominado Unidad Terminal Remota (RTU por sus siglas en inglés *Remote Terminal Unit*), quien gestionará y recibirá los datos provenientes de los sensores y luego los enviará por medio de la Red de Comunicaciones al Centro de Gestión y Monitoreo.

La información viajará entre las Estaciones Remotas de Monitoreo y el Centro de Gestión y Monitoreo por la Red de Comunicaciones utilizando el protocolo IP (*Internet Protocol*). La Red de Comunicaciones contará con una Red Principal compuesta por vínculos satelitales del tipo VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) y por una Red Secundaria del tipo GPRS (*General Packet Radio Service*) utilizando la cobertura de las redes de telefonía móvil.

El Centro de Gestión y Monitoreo es el sitio donde se recibirá, almacenará y procesará los datos provenientes de las Estaciones Remotas de Monitoreo y desde donde se administrará y controlará los dispositivos que componen el Sistema.

En el Centro de Gestión y Monitoreo se alojará el hardware y software para el funcionamiento del Subsistema de Almacenamiento (Base de Datos), del Subsistema de Reportes y Tableros (*Dashboards*) y del Subsistema de Administración y Control (SCADA).

A su vez, el Centro de Gestión y Monitoreo tendrá una conexión a internet a fines de intercambiar información con otras Bases de Datos y dar acceso a usuarios institucionales, científicos, académicos a los datos históricos y estadísticos del Sistema.

Los componentes del Sistema se han diseñado siguiendo el criterio de sistema de misión crítica, a fin de permitir su uso en las más duras condiciones meteorológicas, con sistemas de respaldo a fin de evitar que los datos se pierdan por falta de energía eléctrica o falla en la Red de Comunicaciones.

4.2. Ubicación Geográfica del Proyecto

El proyecto geográficamente estará localizado en el norte de la República Argentina, más precisamente en el noreste de la Provincia de Salta y en el norte de la Provincia de Formosa, ambas provincias forman parte de la cuenca media e inferior del Río Pilcomayo.

4.3. Ubicación de los sitios

El Centro de Gestión y Monitoreo se ubicará la ciudad de Formosa, en instalaciones provistas por el Gobierno de la Provincia mediante convenio entre la Unidad Provincial Coordinadora del Agua de la Provincia de Formosa y la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación.

Se definieron nueve sitios donde se instalará el equipamiento que compone el Sistema, ocho Estaciones Remotas de Monitoreo (ERM) y el Centro de Gestión y Monitoreo (CGM). (Ver Tabla II)

TABLA II: Ubicación de los Sitios

Código	Localidad	Provincia	Ubicación
CGM	Formosa	Formosa	Ciudad de Formosa
ERM-1	Misión La Paz	Salta	Lat.: -22,3772 Long.: -62,5232
ERM-2	Puesto Jerez	Formosa	Lat. : -22,7279 Long.: -62,2121
ERM-2	Fortín Nuevo Pilcomayo	Formosa	Lat. : -23,8500 Long.: -60,8666
ERM-3	María Cristina	Formosa	Lat. : -22,6646 Long.: -62,1978
ERM-4	El Potrillo	Formosa	Lat. : -23,1018 Long.: -62,2197
ERM-5	Ruta 28 – Vertedero	Formosa	Lat. : -24,4088 Long.: -60,3339
ERM-7	Puente San Ignacio de Loyola	Formosa	Lat. : -25°1756 Long.: -57,4745
ERM-8	Puerto Pilcomayo	Formosa	Lat. : -25°3737 Long.: -57,6518

Para establecer la localización de las Estaciones Remotas de Monitoreo, se fijaron las siguientes condiciones y características mínimas que debieran cumplir los sitios:

- Que cumplan con los requisitos técnicos y funcionales para el funcionamiento de los sensores, es decir, que permitan la medición en todo el ciclo hidrológico y que sean lugares abiertos y sin obstáculos.
- Que cuenten con una infraestructura de obras civiles básica, para el resguardo y seguridad de los equipos.
- Que cuenten con un acceso vial seguro, fácil y permanente.
- Que permitan la seguridad necesaria para el personal que mantenga el sistema, aun en condiciones climáticas adversas.
- Que cuenten con energía eléctrica de red (no excluyente)
- Que tengan cobertura de redes móviles (no excluyente).

4.4. Variables a Medir y Monitorear

Las variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad de agua que serán detectadas, medidas y monitoreadas son:

a) Variables Hidrométricas:

- Nivel de agua
- Caudal líquido

b) Variables Meteorológicas

- Humedad del aire
- Precipitación
- Presión atmosférica:
- Radiación solar:
- Temperatura ambiente
- Dirección del viento
- Velocidad del viento

c) Variables para el monitoreo de la Calidad de Agua

- Temperatura del agua
- pH del agua

- Oxígeno disuelto en el agua
- Conductividad del agua
- Turbiedad del agua
- Sólidos en suspensión
- Presencia de Nitrato
- Presencia de hidrocarburos en el agua
- Presencia de Cromo
- Presencia de Arsénico

4.5. Estaciones Remotas de Monitoreo (ERM)

4.5.1. Descripción General

Las Estaciones Remotas de Monitoreo del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en línea del Río Pilcomayo constituyen los sitios donde se capturan y miden las variables hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua; las mismas se encuentran ubicadas en las adyacencias del Río Pilcomayo.

Las Estaciones Remotas de Monitoreo contarán con un equipamiento preparado para operar en condiciones ambientales extremas, por las condiciones de temperatura y humedad de la región donde se instalarán. Los componentes de las Estaciones Remotas de Monitoreo garantizarán un régimen de trabajo de las mismas, en el rango de temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa entre 5% a 95% a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura ambiente sin condensación.

Cada una de las Estaciones Remotas de Monitoreo operará en forma independiente, de tal forma que ante posibles fallas de la Red de Comunicaciones, seguirán funcionando en forma ininterrumpida, es decir, continuarán capturando los datos de las diferentes variables y los almacenarán en forma local hasta el restablecimiento del vínculo de comunicaciones, situación en que se transmitirá la totalidad de la información almacenada.

Las Estaciones Remotas de Monitoreo tendrán una arquitectura modular, flexible y escalable, que redundará en una mejor funcionalidad y operación. Estarán compuestas del siguiente equipamiento: (Ver Fig. 6)

- Unidad Terminal Remota (RTU, *Remote Terminal Unit*)

- Sensores Hidrométricos
- Sensores Meteorológicos
- Sensores de Calidad del Agua
- Equipamiento de Comunicaciones
- Equipamiento de Energía



Figura 6: Esquema de una Estación Remota de Monitoreo

El dimensionamiento del equipamiento permitirá el agregado de nuevos sensores que permitan mejores prestaciones en la adquisición de datos o de nuevas variables que se requieran medir.

4.5.2. Unidad Terminal Remota (RTU)

La Unidad Terminal Remota (RTU, por su nombre en inglés, *Remote Terminal Unit*) es el dispositivo que constituye el núcleo de la Estación Remota de Monitoreo, a ella se conectan los sensores de medición de las diferentes variables y la Red de Comunicaciones que permite a la Estación Remota de Monitoreo comunicarse con el Centro de Gestión y Monitoreo.

La RTU es un equipo modular y programable que cuenta con herramientas de configuración, programación y diagnóstico que permiten la visualización de mediciones en línea, la verificación de fecha y hora de los eventos, diagnósticos de los dispositivos conectados y diferentes opciones de comunicaciones tanto en interfaces como en protocolos. (Ver Fig. 7)

Las RTU podrán ser configuradas de manera local por medio de una computadora portátil estándar o en forma remota a través de la Red de Comunicaciones.

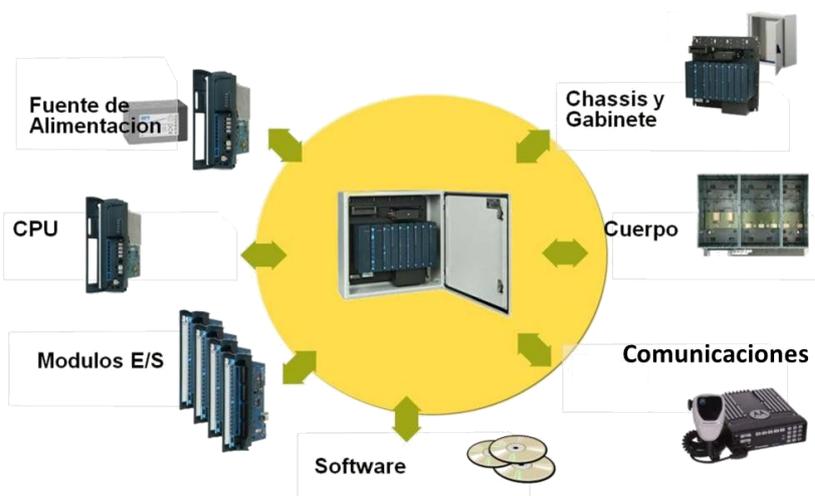


Figura 7: Característica Modular de la RTU.

Funcionalmente, cada RTU recibirá los datos adquiridos por los sensores conectados a ella y los transmitirá por medio de la Red de Comunicaciones hacia el Centro de Gestión y Monitoreo (CGM). Esta transmisión será configurable de acuerdo a las necesidades operativas de monitoreo, para lo cual existirán tres alternativas:

- Transmisión por interrogación cíclica (*polling*)
- Transmisión por excepción (Interrogación manual desde el CGM)
- Transmisión por eventos (Comunicación espontánea generada desde la RTU)

Las RTU, en general, cuentan con una arquitectura modular que consta de:

- Módulo de Procesamiento Central (CPU)
- Módulo de Comunicaciones
- Módulos de Entrada/Salida

4.5.2.1. Módulo de Procesamiento Central (CPU).

El Módulo de Procesamiento Central es donde reside la inteligencia de la RTU, básicamente es una Unidad de Procesamiento Central (CPU, por su nombre en inglés, *Central Processing Unit*) cuyas características principales son:

- Multiprocesador de 32 bits con operaciones de punto flotante, soporte de Acceso Directo a Memoria (DMA, por su nombre en inglés, *Direct Memory Access*) que controla todas las funciones desde la recolección y procesamiento de datos hasta las capacidades comunicaciones.
- Memorias Flash, SDRAM, SRAM que permiten el almacenamiento por un determinado tiempo de los datos en caso de inconvenientes con la Red de Comunicaciones.
- Indicadores tipo LED para el estado de funcionamiento del equipo.
- Reloj de tiempo real, con batería interna de Litio recargable, gestionada por cargador interno alojado.
- Registrador de Datos (*Datalogger*) configurable para periodos de tiempos.
- *Backplate* para la inserción de las placas de los módulos de entrada y salida

4.5.2.2. Módulo de Comunicaciones

El módulo de comunicaciones permite a la RTU contar con diversas opciones para la transmisión de datos, las cuales pueden ser configuradas de acuerdo a las necesidades operativas y a los medios de enlace conectados.

Las características técnicas de éste módulo son:

- Puertos de comunicaciones con interfaces RS-232, RS-485 y Ethernet 10/100 MB.
- Soporte de módems dial up y de telefonía móvil.
- Protocolos de TCP, UDP, IP, PPP, DHCP.
- Protocolo MODBUS maestro/esclavo RS-232/RS-485.
- Sincronización por distintos métodos: NTP (*Network Time Protocol*) y GPS (Satelital).

4.5.2.3. Módulos de Entrada y Salidas

Los módulos de Entrada y Salida son placas que se conectan al *Backplate* del CPU, y permiten a la RTU todas las funciones necesarias para la adquisición y adecuación de las señales digitales o analógicas provenientes de los sensores.

Las entradas y salidas tienen las siguientes características:

- Aislación Galvánica.
- Indicación de LEDS individuales por canal.
- Terminales de conexión con bornera enchufable.
- Fuente de energía auxiliar aislada galvánicamente (opcional).
- Hot swap (intercambiables en caliente).
- Ensayos y diagnósticos del hardware.
- Calibración por software.

Entradas Digitales:

- 16 entradas configurables.
- Entrada por contacto húmedo en corriente alterna o corriente continua.
- Fuente de alimentación flotante configurable por software.
- Manejo de eventos de alta prioridad (Interrupciones).
- Contador de alta velocidad (Hasta 12.5Khz).
- Modo de bajo consumo.

Entradas Analógicas

- 8 entradas analógicas 2/4 hilos.
- 4/20 mA.
- 16 bits de resolución.
- Rechazo al ruido entre canales, mejor que 80dB.
- Filtrado tipo notch para rechazar frecuencia de red para 50 o 60 Hz.
- Filtrado digital.
- Transmisión de datos por cambio de estado.
- Detección de condiciones de baja y excesiva corriente de lazo.

Salidas Digitales

- 4 Salidas controladas por relay.
- Bornera enchufable.
- Salidas Normal Abierto y Normal Cerrado.
- Corriente máxima: 2 A.
- Comportamiento de la salida programable durante el reinicio del equipo.
- Mantiene el ultimo valor antes del reinicio.

4.5.3. Sensores Hidrométricos

4.5.3.1 Sensores de Nivel.

Los sensores de nivel superficial de un cuerpo agua, también conocidos como Limnímetros, consisten en una celda que contiene una membrana cerámica o material similar, de considerable resistencia, que debido a la presión hidrostática exterior a la que es sometida, permite variar su capacidad eléctrica dentro de la celda y esa variante es transmitida a través de una señal electrónica que se transforma en una medida del nivel del recinto donde está instalado el sensor.

Contará con un cable robusto, con una vaina exterior resistente al agua de 1mm de espesor que contará con un tubo de venteo con su filtro para asegurar una operación sin mantenimiento durante 1 año aproximadamente.

Trabjará en inmersión y tendrá protección contra descargas atmosféricas y estarán conectados a una de las entradas analógicas de la RTU (4/20 mA).

.Las características principales son los siguientes:

- Acero inoxidable.
- Celda: Cerámica capacitiva, sin aceite.
- Rango del Celda: 0 – 1 Bar.
- Salida: 4-20 mA.
- Exactitud de Medición: $\pm 0.2 \%$.
- Temperatura de trabajo: -10 a 70 °C.
- Cable Polietileno.
- Conexión: Clamp, Ac Inox. AISI 316 o Similar.
- Diámetro del Sensor: 20 a 23 mm Ac Inox. AISI 316.
- Longitud del Sensor: 230 a 260 mm.
- Sello: Viton o Similar.

Físicamente, los sensores de nivel se ubicarán en el curso de agua del río, dentro de un caño de PVC de 10 cm de diámetro que oficiará de camisa y que deberá estar fijado o amurado a una estructura rígida. En el extremo superior del caño se colocará un prensacable estanco para permitir la salida del cable, luego se colocará

un cañero hasta la salida a la superficie y su posterior acceso al lugar se encuentra la caja de conexión de la RTU.

4.5.3.2. Sensores de Caudal.

También llamados Caudalímetros, los sensores de caudal son básicamente la integración de un sensor ultrasónico para medir nivel y un sensor de radar para la medición de velocidad del fluido, que permiten aplicar la fórmula que establece que el caudal es igual a la velocidad media del agua por el área efectiva de fluido en el canal.

Cada sensor de caudal, constará de dos elementos: El Transductor y la Unidad de Evaluación, cuyas características principales son:

Transductor

- Método de medición de velocidad: Radar, sin contacto.
- Rango de frecuencia: 24.075 a 24.175 GHz.
- Rango de medición caudal: 0,23 a 6,1 m/seg (0,75 a 20 pies/seg).
- Precisión: $\pm 0,5 \%$; $\pm 0,03$ m/seg.
- Medición de nivel: Sensor Ultrasónico incorporado, sin contacto.
- Rango de medición: 0 a 6,1 m.
- Precisión: $\pm 2,5$ mm; 1 %.
- Compensación de temperatura incorporada.
- Cálculo de flujo: Método: Área * Velocidad, (Área del perímetro mojado).
- Temperatura de operación: -10 a 50 °C.
- Protección del sensor: IP68.
- Material del sensor: Polietileno resistente de alto impacto.
- En caso de que el sensor esté completamente inundado, medirá el caudal por principio electromagnético.

Unidad de Evaluación

- Rango de medición: 0.23 m/s a 6,1 m/s.
- Precisión: $\pm 0,5\%$, de la lectura. 0,03 m/s (0,1 ft/s).
- Estabilidad del cero: $\pm 0,001$ m/s.
- Cálculo de caudal: Área * Velocidad, (Área del perímetro mojado).

- Exactitud de medición de flujo: +/- 5% de lectura típica.
- Display de 4 líneas para Caudal instantáneo, velocidad, nivel y caudal total.
- Salidas: 4-20 mA.
- Alimentación: 12 VCC.
- Temperatura de trabajo: -10 a 50 °C.
- Carcaza: ABS plástico, NEMA 4.
- Unidad de control programable por software.

El transductor de los sensores de caudal se sujetará a una estructura o montaje estable y su nivelación se realizará utilizando la herramienta de indicación incluida en el mismo sensor. Mediante un cañero se llevará el cable hasta la Unidad Evaluadora del sensor, la cual estará conectada a una de las entradas analógicas de la RTU.

4.5.4. Sensores Meteorológicos

Los sensores meteorológicos del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo, constituirán en forma integrada lo que se conoce como Estación Climatológica Automatizada, por las diferentes variables que se medirán.

Las características generales de los sensores meteorológicos que componen el sistema son:

4.5.4.1. Sensores de Humedad

Se los conoce como Higrómetros, su funcionamiento se basa en un principio capacitivo, al detectar la variación de la constante dieléctrica de un material polimérico.

Sus especificaciones generales son:

- Rango: 0 -100% RH sin condensación.
- Precisión: $\pm 2\%$.
- Rango de señal de salida: 0 a 1 Vdc.
- Estabilidad a largo plazo: < 1% RH por año.
- Tiempo de respuesta: Típico 10 s, 63% de 35% a 80% RH.

- Temperatura de trabajo: -40° a $+100^{\circ}\text{C}$.
- Filtro: Polietileno (estándar).
- Bajo consumo de energía.

El sensor de humedad, se fijará en el mástil de la Estación de Remota de Monitoreo y estará recubierto de un filtro de polietileno para protegerlo de las partículas de polvo y para minimizar la retención y absorción del agua.

4.5.4.2. Sensores de Precipitación

También llamados Pluviómetros, son sensores para medir la cantidad de precipitación de lluvia, nieve, aguanieve, lluvia helada o granizo.

Los sensores de precipitación utilizarán el principio del Radar Doppler por el cual se detecta el tamaño y velocidad de caída de las gotas, con lo cual se obtiene la intensidad de la precipitación y de la diferencia de velocidad entre las gotas resulta el tipo de precipitación.

Sus especificaciones generales son:

- Resolución solicitada: $0,01 \text{ mm/m}^2$.
- Tamaño de la gota: entre 0,3 y 5 mm.
- Rango: 0 -100% RH sin condensación.
- Temperatura de trabajo: -40 a $+60^{\circ}\text{C}$.
- Protección IP66.
- Largo del cable 20 metros.
- Bajo consumo de energía.

El sensor de precipitación se instalará en el mástil de la Estación Remota de Monitoreo y se conectará a una entrada digital de la RTU, dado que cuenta con un conversor A/D integrado.

4.5.4.3. Sensores de Presión Atmosférica

También llamados Barómetros, son dispositivos que se basan en un sensor de silicio capacitivo que permite un amplio rango de medición, con una precisión casi absoluta y estabilidad a largo plazo.

Sus especificaciones generales son:

- Rango: 400 a 1200 hPa.
- Precisión: $\pm 0,2$ hPa a 20 °C.
- Temperatura de trabajo: -40° a +60 °C.
- Protección IP66.
- Salida analógica: 4-20 mA.
- Bajo consumo de energía.

El sensor de precipitación se instalará en el mástil de la Estación Remota de Monitoreo y se conectará a una entrada analógica de la RTU.

4.5.4.4. Sensores de Radiación Solar

Los dispositivos que miden la radiación solar se denominan Piranómetros, son sensores que basan su funcionamiento en el principio de la termocupla, es decir, se trata de un transductor formado por dos materiales metálicos diferentes que producen una diferencia de tensión con la variación de la temperatura.

Sus especificaciones generales son:

- Rango de medición: 0 a 1400 W/m².
- Espectro: 300 a 2800 nm.
- Temperatura de trabajo: -40 a +80 °C.
- Salida analógica: 4-20 mA.
- Nivel de burbuja con tornillos para nivelar.
- Bajo consumo de energía.

El sensor de radiación solar se instalará en el mástil de la Estación Remota de Monitoreo perfectamente sujetado y nivelado y se conectará a una entrada analógica de la RTU.

4.5.4.5. Sensores de Temperatura Ambiente

También llamados Termómetros, los más utilizados para estaciones meteorológicas son los sensores de temperatura por resistencia denominados Termistores, que basan su funcionamiento en la variación de la resistividad que presenta un material semiconductor con la temperatura.

Sus especificaciones generales son:

- Rango de medición: -40 a +80 °C.
- Precisión: 0,2 a 0,5.
- Temperatura de trabajo: -50 a +85 °C.
- Protección IP66 e IP69.
- Material: Acero Inoxidable.
- Salida digital.
- Bajo consumo de energía.

El sensor de temperatura ambiente se instalará en el mástil de la Estación Remota de Monitoreo y se conectará a una entrada digital de la RTU, dado que cuenta con un conversor A/D integrado.

4.5.4.6. Sensores de Intensidad y Dirección del Viento

Los sensores que miden los parámetros del viento son denominados Anemómetros, los más robustos en cuanto a prestaciones son del tipo ultrasónico y cuenta compensadores para evitar los efectos de la temperatura, humedad y presión

Sus características generales son:

- Rango de medición de Intensidad: 0 a 75 m/s.
- Precisión de Intensidad: $\pm 0,2$ m/s.
- Resolución de Intensidad: $\pm 0,1$ m/s.
- Rango de medición de Dirección: 0° a 360°.
- Precisión de Dirección: $\pm 0,2^\circ$.
- Resolución de Dirección: $\pm 1^\circ$.
- Temperatura de trabajo: -40 a +70 °C.
- Protección IP66.
- Salida digital.
- Material: Acero inoxidable.
- Bajo consumo de energía.

El sensor de temperatura ambiente se instalará en el mástil de la Estación Remota de Monitoreo y se conectará a una entrada digital de la RTU.

4.5.5. Sensores de Calidad del Agua

La Calidad del Agua es una medida de las características fisicoquímicas y biológicas del agua que se obtiene a partir de la comparación estandarizada y sistemática de estos atributos con los que presenta la calidad natural (sin alteración) o de referencia.

En el caso del Río Pilcomayo se pretende monitorear la calidad y cantidad del agua para establecer detectar en forma temprana cualquier proceso de alteración (Físico, químico o biológico) de carácter natural, inducido o antrópico.

A tal efecto, las Estaciones Remotas de Monitoreo del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo estarán equipadas de sensores de calidad de agua simples (miden uno o pocas variables) y compuestos (multiparamétricos):

4.5.5.1. Sensor de Temperatura y pH del agua

Se trata de un sensor simple que mide dos variables y cuyas especificaciones técnicas son:

- Rango de medición de temperatura: -5 a +105 °C.
- Rango de medición de pH: -2 a 14 pH.
- Máxima presión: 6,9 bar a 105 °C.
- Sensibilidad: $\pm 0,01$ pH.
- Método de Medición: Diferencial.
- Material del electrodo: Vidrio.
- Material de las juntas: Kynar, Titanio y Viton o similar.
- Material del cuerpo: PEEK o similar.
- Sensor de temperatura: Termistor NTC 300 ohm.
- Salida digital.

4.5.5.2. Sensor de Oxígeno Disuelto

Es un sensor simple que utiliza el principio de la luminiscencia para la medición del oxígeno disuelto en el agua.

Sus características técnicas son:

- Rango de medición: 0 a 20 ppm, 0 a 20 mg/l, 0 a 200 % saturación.
- Exactitud: ± 0.1 ppm (menor a 5 ppm) y ± 0.2 ppm (mayor a 5 ppm).
- Temperatura: $\pm 0.2^{\circ}\text{C} \pm 0,5 \%$.
- Repetitividad: $\pm 0,1$ ppm.
- Resolución: 0.01 ppm (mg/L) / 0.1% saturación.
- Temperatura de operación: 0 a $+50^{\circ}\text{C}$.
- Salida digital.
- Montaje: Celda de flujo para sensor de Oxígeno disuelto.

4.5.5.3. Sensor de Conductividad del Agua

El sensor de conductividad es un sensor simple cuyo funcionamiento se basa en el principio de la inducción magnética, consiste de 2 toroides herméticamente sellados con un recubrimiento altamente resistente a la corrosión y a químicos agresivos.

El sistema de medición continuamente hace conducir una pequeña corriente por uno de los Toroides, este esquema una vez inmerso en una solución hace que la corriente inducida en el otro toroide varíe en función de la conductividad de la solución que pasa a través del sensor. Esta relación se mantiene constante a una determinada temperatura.

Sus especificaciones técnicas son:

- Rango de medición: 200 a 2.000.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Rango de temperatura: -10 a $+150^{\circ}\text{C}$.
- Máxima presión: 6,9 bar a 100°C .
- Tasa máxima de flujo: 3 m/seg.
- Exactitud: $\pm 0,5 \%$ de la lectura.
- Material del sensor: Polipropileno.
- Sensor de temperatura: Pt1000.
- Protección: IP68.
- Salida directa de Cable.

4.5.5.4. Sensores de Calidad de Agua Compuestos (Multiparamétricos)

El sensor multiparamétrico que se instalará en cada una de las Estaciones Remotas de Monitoreo medirá las siguientes variables:

- Turbiedad y sólidos suspendidos
- Presencia de Hidrocarburos en Agua
- Presencia de Nitrato
- Presencia de Cromo
- Presencia de Arsénico

Los sensores multiparamétricos requieren de una instalación especial para su correcto funcionamiento, se montarán en plataformas flotantes en el curso del Río Pilcomayo y contarán con un sistema de cableado que unirá cada una de las plataformas con un Gabinete especialmente acondicionado y energizado por un tablero eléctrico dedicado.

Sensor de Turbiedad y Sólidos en suspensión

Su funcionamiento se basa en la reflexión de dos haces de luz infrarroja con diferente ángulo y de la medición de la luz dispersa por las partículas de la muestra se mide la turbidez y los sólidos en suspensión.

Una fuente de luz LED transmitirá un haz de luz infrarroja con un ángulo de 45° respecto del flujo de la muestra acuosa a medir y un par de fotorreceptores detectaran el reflejo de la luz dispersa por las partículas a 90° del haz transmitido, para la medición de turbidez.

Con los sólidos suspendidos, se procede de la misma manera pero cambiando el ángulo de emisión a 140° respecto del flujo de la muestra. De esta forma el sensor tiene la posibilidad de medir ambos parámetros, turbidez y sólidos suspendidos.

El hecho de utilizar haces de luz infrarroja tiene por objetivo eliminar la interferencia por color que siempre tiene la muestra.

Sus especificaciones son:

- Sólidos en suspensión: 0,001 a 50 g/l.
- Rango de turbiedad: 0,001 a 4000 NTU.

- Exactitud: Mejor a 1% de la lectura, para Turbiedad.
- Repetitividad Turbidez: Mejor a 1% de la lectura.
- Repetitividad Sólidos Suspendidos: Mejor a 3% de la lectura.
- Respuesta en el tiempo: 1 seg.
- Temperatura máxima de operación: +40 °C.
- Presión máxima de operación: 6 bar.
- Cuerpo del sensor: PVC.
- Sistema de auto limpieza: Incluido por wiper.
- Montaje: Por inmersión.
- Protección: IP68.
- Salida directa de Cable.

Analizador de Hidrocarburos en Agua

Utiliza la fluorescencia como principio de funcionamiento y sus mediciones no son afectadas por la presencia de sólidos en suspensión y la turbidez del agua.

Los hidrocarburos que detectará son: Petróleo, BETEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno); Fenoles, Anilina, Gasolina, Diesel, Aceite lubricante, Aceite de Transformador y Aceite Hidráulico.

Las principales especificaciones son:

- Alimentación: 90 – 240 VAC.
- Alarma de Contacto Seco.
- Salida de 4 - 20 mA.
- Rango de 1 ppb a 1000 ppm.
- Requerimiento de aire para cortina de limpieza.
- Respuesta de Tiempo menor a 10 segundos.
- Rango de temperatura de la muestra 0 a +88 °C.
- Kit óptico para mezcla de hidrocarburos.
- Calibración Multipunto en fábrica.
- Dos niveles de seguridad para acceso.
- Entrada de muestra con válvula en acero inoxidable.
- Montaje frontal para aplicaciones generales.

- Kit de estándares ópticos.
- Kit de montaje sobre pared, de acero inoxidable 316 o similar.

Analizador de Nitrato

El principio de funcionamiento de este analizador es por absorción de rayos Ultra Violeta (UV), sus principales características son:

- Longitud de paso: 1 mm.
- Rango de medición: 0,1 a 100 mg/l (NO₃-N).
- Resolución: 0,1 mg/l.
- Exactitud: ± 3 % de la lectura.
- Tiempo de respuesta: 15 seg.
- Material del sensor: acero inoxidable AISI 316.
- Intervalo de servicio: 6 meses.
- Caudal de la muestra: 0,5 a 10 l/h.
- Temperatura de operación: +2 a +40 °C.
- Presión de operación: 0,5 bar.
- Protección: IP68.
- Longitud del cable: 10 m.
- Autolimpieza incorporada.

Analizador de Cromo

Es un analizador del tipo espectrofotométrico. El cromo forma un complejo coloreado con el reactivo indicador. La intensidad de luz visible que pasa a través de la cubeta de reacción es directamente proporcional a la concentración de cromo.

Las especificaciones son las siguientes:

- Medición de Cr VI, Cr III y Cr Total.
- Rango de medición: 0-100 ppb.
- Compensación por color (medición del cero).
- Exactitud: < 5 % del valor medido o $\pm 0,003$ ppm.
- Repetitividad: < 3 % del valor medido o $\pm 0,003$ ppm.
- Resolución: 0,003 ppm.

- Limpieza automática luego de cada lectura.
- Calibración automática de hasta seis puntos.
- Temperatura de operación: +1 a +40 °C.
- Caudal requerido de muestra: 200 a 500 ml/min.
- Presión de la muestra: Max. 5 psi.
- Display: LCD con panel táctil y luz de fondo.
- Alimentación: 220-230 VAC, 50-60 Hz.

Analizador de Arsénico

Su funcionamiento se basa en el principio de la espectrofotométrico. El arsénico forma un complejo coloreado con el reactivo indicador. La intensidad de luz visible que pasa a través de la cubeta de reacción es directamente proporcional a la concentración de arsénico.

Sus características principales son:

- Rango de medición: 1-100 ppb.
- Compensación por color (medición del cero).
- Exactitud: < 3 % del valor medido o +/- 0,003 ppm.
- Repetibilidad: < 3 % del valor medido o +/- 0,003 ppm.
- Resolución: 0,003 ppm.
- Limpieza automática luego de cada lectura.
- Calibración automática de hasta seis puntos.
- Temperatura de operación: 1 a 40 °C.
- Caudal requerido de muestra: 200 a 500 ml/min.
- Presión de la muestra: Max. 5 psi.
- Display: LCD con panel táctil y luz de fondo.
- Alimentación: 220-230 VAC, 50-60 Hz.

4.5.6. Equipamiento de Comunicaciones

El equipamiento de comunicaciones de las Estaciones Remotas de Monitoreo serán las terminales remotas de la Red de Comunicaciones que se conectarán a las RTU de cada una de las Estaciones.

La Red de Comunicaciones del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo, estará conformada de una Red Principal del tipo satelital basada en tecnología VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) y por una Red Secundaria que utilizará el servicio GPRS (*General Packet Radio Service*) de las redes de telefonía móvil.

En consecuencia, el equipamiento de comunicaciones que se instalará en cada Estación Remota de Monitoreo será:

- Antena Satelital VSAT
- Equipo de Controlador de la VSAT
- Modem de telefonía celular configurado para el servicio GPRS
- Cableado e interfaces físicas para las conexiones de las terminales de las redes principal y secundaria a las RTU.

4.5.7. Equipamiento de Energía

El equipamiento de energía de una Estación Remota de Monitoreo estará dimensionado para abastecer y asegurar el suministro de energía de todos los componentes de la misma.

Se utilizará un sistema de alimentación a partir de paneles solares que alimentarán a un banco de baterías dimensionado para operar durante 10 días sin carga de paneles, es decir contemplando la posibilidad de 10 días de radiación solar deficiente.

La energización de la Estación Remota de Monitoreo será de corriente alterna de 220 V, para lo cual se contará con un Inversor, dispositivo que convierte la corriente continua entregada por las baterías a corriente alterna de 220 V de valor eficaz y una frecuencia de 50 Hz.

A su vez, al inversor se conectará la red eléctrica (en los lugares donde exista el suministro), con el fin de que funcione como *switch* en caso de que la carga de las baterías se haya reducido al 10% de su capacidad. En esa situación, el inversor dejará pasar la energía de red para alimentar a la Estación Remota de Monitoreo.

En resumen, el equipamiento de energía que se instalará en cada Estación Remota de Monitoreo será básicamente el siguiente:

- Paneles solares y sus accesorios

- Banco de baterías externas para garantizar un suministro estable e ininterrumpido.
- Regulador de carga para evitar la sobrecarga de las baterías.
- Inversor para convertir corriente continua en corriente alterna a 220V y 50 Hz.
- Tablero de entrada con su correspondiente cañería para la toma de energía eléctrica desde el exterior (En los lugares donde exista suministro eléctrico de red).
- Tablero principal de energía de los distintos componentes que forman la Estación Remota de Monitoreo.
- Tablero de energía dedicado para el sensor de calidad de agua multiparamétrico.
- Jabalina de puesta a tierra.
- Materiales eléctricos: Gabinete metálico, llaves térmicas bipolares, llave disyuntor bipolar, cañería PVC, conectores de puesta a tierra (PAT), terminales y conectores y adaptadores necesarios.

Consideraciones para los Paneles Solares

Los Paneles solares contarán con módulos fabricados en base a celdas fotovoltaicas de silicio policristalino de alta eficiencia.

Estarán protegidos de agentes atmosféricos y estarán aisladas eléctricamente, las celdas estarán encapsuladas con material plástico EVA (etil-vinil-acetato) para mayor estabilidad ante la radiación ultravioleta.

El frente expuesto será de vidrio templado de alta transparencia (bajo contenido de hierro) y de aproximadamente 3 mm de espesor, lo que le otorgará una mayor resistencia al impacto. La cara posterior deberá ser de TPE (elastómero termoplástico) o algún material similar que ofrezca una lámina plástica compuesta de elevada resistencia mecánica y eléctrica.

Deberá poseer un marco de aluminio anodizado para asegurar la rigidez estructural y facilitar su instalación. La caja de conexiones deberá estar fijada a la cara posterior para permitir la interconexión con los otros componentes del sistema.

4.6. Red de Comunicaciones

4.6.1. Características Generales

La Red de Comunicaciones del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo conectará al Centro de Gestión y Monitoreo a ubicarse en la Ciudad de Formosa con las Estaciones Remotas de Monitoreo que serán instaladas en las adyacencias del río en la Provincias de Salta y Formosa.

La Red de Comunicaciones estará basada en el protocolo IP (*Internet Protocol*) y estará conformada por una Red Principal del tipo satelital basada en tecnología VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) y por una Red Secundaria basada en el servicio GPRS (*General Packet Radio Service*) de las redes de telefonía móvil, con el fin de garantizar un servicio de elevada disponibilidad.

Funcionalmente la Red Secundaria trabajará como respaldo de la Red Principal, y entrará en funcionamiento parcial o totalmente sólo en caso de falla parcial o total de la Red Principal, respectivamente.

El enlace a internet del Centro de Gestión y Monitoreo, también forma parte de la Red de Comunicaciones y su uso básicamente será para proveer el acceso al servicio GPRS que conforma la Red Secundaria, para intercambiar información con bases de datos externas y para permitir a usuarios externos acceder a los reportes que generará el Sistema.

4.6.2. Análisis de Tráfico de Datos

Para el análisis de tráfico se han tomado los siguientes supuestos:

- Cada RTU transmitirá cada 120 segundos en forma cíclica. Es decir existirá un *master clock* que le dará a cada RTU el momento indicado para transmitir.
- La RTU tendrá almacenada en su memoria interna los datos que recibe de cada uno de los sensores.
- El valor que se transmitirá será el que tiene almacenado cada RTU en el momento que el *Timestamp* del *master clock* así lo designe.
- Cada sensor estará unívocamente definido de modo que pueda ser representado dentro de la Base de Datos en forma reconocible.

- En caso que al momento de transmitir la RTU no tenga el dato requerido, enviará el dato del segundo inferior para evitar que llegue un campo en blanco a la base de datos para su posterior análisis.
- Al momento de transmitir cada RTU, enviará un paquete con toda la información que tenga de todos los sensores conectados a esa RTU.
- Existen dos formas o filosofías en cuanto al envío de los datos de cada uno de los sensores. Uno es mandar el promedio con los datos almacenados y sus respectivas variables de los últimos 120 segundos. La segunda es enviar el dato real almacenado en el momento que la RTU lo designe.
- Para esta simulación se optó por la segunda de las mencionadas previamente.
- Cada paquete tendrá un *timestamp* único, de modo que se podrá contar con la información real y valedera de cada uno de los sensores en el momento que se necesita.
- El primer byte estará destinado a identificar cada uno de los sensores en el Sistema. Por ejemplo para la primer RTU se tendrá el número 1 identificado con el sensor elegido que esté conectado a la primer RTU, luego se irá incrementando de a uno. Para este caso el máximo a conectar sería 255 sensores.
- Se supone que cada sensor envía hasta un máximo de 15 variables definidas. En caso que los sensores envíen menos información se enviará un campo con el valor “*null*” para su posterior análisis en la base de datos. En caso que la variable no esté disponible se enviará el valor “cero”.
- En algunos casos las mediciones tienen un valor negativo por lo cual se empleará un byte para detectar si el valor es positivo o negativo.
- Para el resto de la información se enviarán dos bytes ya que el primer dígito es entero y el segundo corresponde a la parte decimal. La RTU se encargará de transformar el dato antes de ser enviado.
- Por cada variable medida en los sensores se enviarán tres bytes por lo enunciado precedentemente.

- Cada sensor tendrá un máximo de 15 (quince) variables. A eso hay que agregar el ID (*Identification number*) del sensor más el *timestamp* para que pueda saber el momento de la medición.
- Ese paquete es encapsulado y transmitido por alguno de las dos formas de comunicación planteadas.
- Además de los datos provenientes de los sensores, existirá el tráfico de control y monitoreo del Subsistema de Administración y Control (Software SCADA), el cual no agrega un tráfico significativo.
- El paquete que se transmitirá por cada uno de los sensores será de la siguiente manera:

1 byte	ID Sensor 1
2 bytes	Timestamp
6 bytes	Hora de Lectura
3 bytes	Datos variable 1 Sensor 1
3 bytes	Datos variable n Sensor n
3 bytes	Datos variable y Sensor y
2 bytes	Corrección de Errores

Cantidad de Sensores por Remota: 24
 Cantidad de Bytes por cada interrogación: 45 bytes por sensor
 Frecuencia de Interrogación: 120 seg (a pedido del Master Clock)
 Cantidad de Bits a transmitir por remota = $45 \times 8 \times 24 + 11 \times 8 = 8.728$ bits.

Según el cálculo precedente, los paquetes son pequeños. Esto tiene la ventaja que son sistemas que no consumen gran cantidad de recursos de ancho de banda y son flexibles para adaptarse en caso que se necesite cambiar la frecuencia de muestreo.

Para el tráfico de datos que manejará el Sistema, las tecnologías seleccionadas para ser utilizadas en la Red de Comunicaciones cumplen holgadamente los requisitos de ancho de banda necesarios para la transmisión de los datos.

4.6.3. Selección de Tecnologías

La Red de Comunicaciones del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo será de misión crítica, es decir, garantizará la transmisión de datos aun en las situaciones meteorológicas más adversas; por lo que la Red de Comunicaciones tendrá una Red Principal y una Red Secundaria de respaldo de la primera, para de esta manera elevar la disponibilidad de comunicaciones.

Las consideraciones realizadas para la selección de las tecnologías de las Redes Principal y Secundaria, fueron:

- La primera condición que se definió fue la contratación en **modalidad de servicio** por uno o varios prestadores de la Red de Comunicaciones.
- Por las ubicaciones donde se emplazarán las Estaciones Remotas de Monitoreo, se descartó alternativas de enlaces que utilizan tecnologías basadas en tendido de cables (multipares, coaxial, fibra óptica).
- Se descartaron tecnologías basadas en radioenlaces del tipo microondas y bandas no licenciadas por no haber prestadores con infraestructura (nodos) en un radio cercano a la mayor cantidad de los sitios a conectar.
- No existen redes de radios troncalizados en la zona donde se emplazarán las Estaciones Remotas de Monitoreo, por lo que también se descartaron ese tipo de soluciones.
- Las soluciones satelitales son las únicas alternativas tecnológicas que cumplen el requisito de cobertura total en los sitios a conectar. Se descartó una red del tipo SCPC (*Single Channel Per Carrier*) por su elevado costo ante otras opciones viables como los Servicios de datos en Banda Ka y los de VSAT (*Very Small Aperture Terminal*).
- En los sitios definidos para el funcionamiento de las Estaciones Remotas de Monitoreo, existe cobertura de las redes de telefonía móvil, por lo que la opción de utilizar el servicio GPRS (*General Packet Radio Service*) es viable.

De la evaluación de las opciones viables (Ver Tabla 3), se descarta la Satelital en Banda Ka por ser vulnerable durante precipitaciones pluviales, condición crítica para el funcionamiento del Sistema.

Se selecciona a la tecnología satelital VSAT en Banda C para la Red Principal y al servicio GPRS de las redes de telefonía móvil para la Red Secundaria.

TABLA 3. Evaluación de Tecnologías de Comunicaciones

criterio	Telefonía Móvil (GPRS)	Satelital (BANDA Ka)	Satelital (VSAT)
Aplicación en Telemetría	Uso Probado	Pocos antecedentes	Uso Probado
Infraestructura	Compartida	Compartida	Compartida
Cobertura	Dependiente de la cobertura de las redes móviles	No tiene restricciones	No tiene restricciones
Funcionamiento en Precipitaciones	No es afectada por precipitaciones	Muy afectada por precipitaciones	En Banda Ku es afectada por precipitaciones. En Banda C no es afectada por precipitaciones
Costo Mensual	Variable (Depende de la cantidad da datos transmitidos)	Fijo (No depende de la cantidad de datos transmitidos)	Fijo. (No depende de la cantidad de datos transmitidos)
Consumo de energía	Bajo	Intermedio	Intermedio
Administración de la Red	Sólo monitoreo	Sólo monitoreo	Sólo monitoreo

4.6.4. Red Principal (VSAT)

La Red Principal de la Red de Comunicaciones del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo consistirá en una red satelital de tecnología VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) las cuales funcionarán en Banda C, esto con el fin de elevar las disponibilidad del red evitando las interferencias por fenómenos climatológicos, principalmente las ocasionadas por las precipitaciones pluviales. (Ver Fig.8)

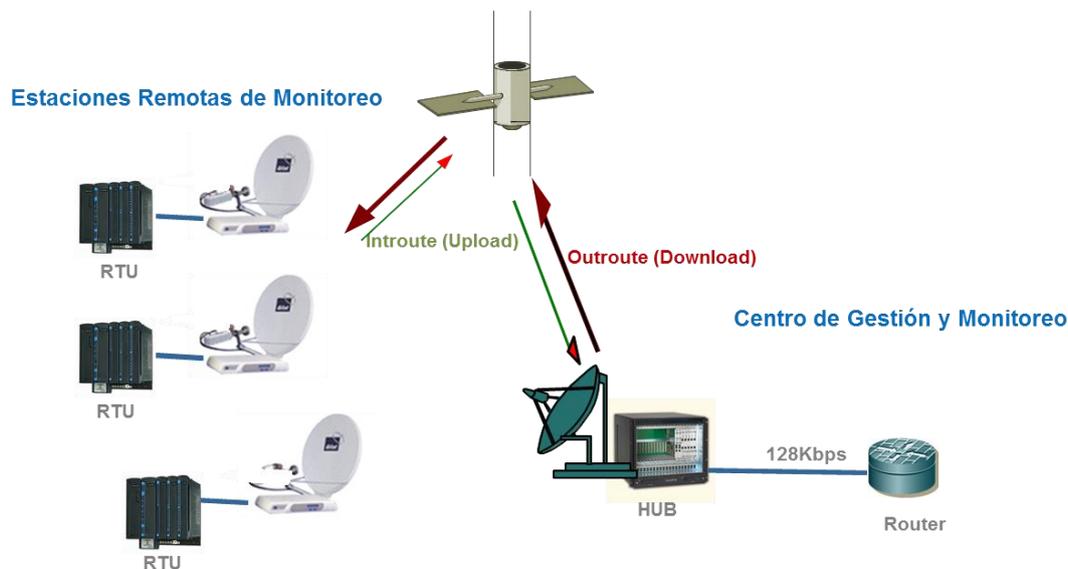


Figura 8: Esquema de la Red Principal (VSAT)

4.6.4.1. Descripción de la Tecnología VSAT

VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) es una tecnología de comunicaciones satelitales de topología estrella, en cuyo centro se encuentra la Estación Central (*Hub*) y en las puntas se encuentran las Estaciones Remotas, las cuales tienen la particularidad de utilizar antenas de tamaño reducido, lo que da lugar al nombre de la tecnología (*Very Small Aperture Terminal* significa Terminal de Apertura Muy Pequeña).

La tecnología permite la transmisión de datos, voz y video, siendo sus mejores y mayores prestaciones el servicio de transmisión de datos, para el cual admite la configuración en varios protocolos de comunicaciones.

La Estación Central transmite hacia las Estaciones Remotas por medio de una portadora satelital (*outroute*) de alta capacidad (de hasta 60 Mbps).

A su vez, las Estaciones Remotas envían sus datos a la Estación Central mediante portadoras satelitales de menor capacidad (*inroutes*).

Comercialmente, la tecnología VSAT utiliza los satélites geoestacionarios y trabaja en Banda C, en Banda Ku y recientemente en Banda Ka.

Descripción de Estación Remota

- La estación remota está conformada por los siguientes elementos:

- Antena parabólica (de 1,2m a 2,4m de diámetro conforme ubicación y capacidad de transmisión).
- Electrónica de transmisión y de recepción (ODU: *OutDoor Unit*).
- Unidad electrónica interior (IDU: *InDoor Unit*).
- Puede funcionar como servidor de DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) asignando las direcciones IP de las PC y servidores conectados a dicha estación.
- Posee funcionalidades básicas de *routing* y *firewalling* que permiten adecuarse a los requerimientos de red evitando agregar componentes adicionales.

Descripción del Equipamiento Central

La Estación Central generalmente se encuentra en el Telepuerto del prestador del servicio de telecomunicaciones, donde habitualmente se mantiene una operación permanente de la plataforma atendiendo las 24horas durante los 365 días del año.

Los componentes principales son:

- El Hub satelital (sistemas procesadores de señales) con su sistema de gestión que reporta todos los eventos en tiempo real.
- Antena master (incluye equipos de radiofrecuencia).

4.6.4.2. Características de la Red Principal

El servicio VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) a contratar tendrá las siguientes características:

- Funcionará en Banda C.
- Trabaja bajo protocolo IP (*Internet Protocol*).
- Trabaja con TCP (*Transport Control Protocol*) en el nivel 4 del modelo OSI (Nivel de Transporte).
- Soportará el protocolo de comunicaciones MODBUS, situado en el nivel 7 del modelo OSI, que se utiliza para el control de dispositivos en telemetría.
- El ancho de banda garantizado de la transmisión de las Estaciones Remotas será de 24 Kbps.

- Cada Estación Remota VSAT se conectará a la RTU de las Estación Remota de Monitoreo del Sistema.
- El Centro de Gestión y Monitoreo se conectará al Hub VSAT por medio de un enlace dedicado de 128 Kbps.

4.6.5. Red Secundaria (GPRS)

La Red Secundaria de la Red de Comunicaciones del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo consistirá en la utilización del servicio GPRS (Servicio General de Paquetes por Radio, por sus siglas en inglés, *General Packet Radio Service*) de las redes de telefonía móvil. (Ver Fig. 9)

Estaciones Remotas de Monitoreo

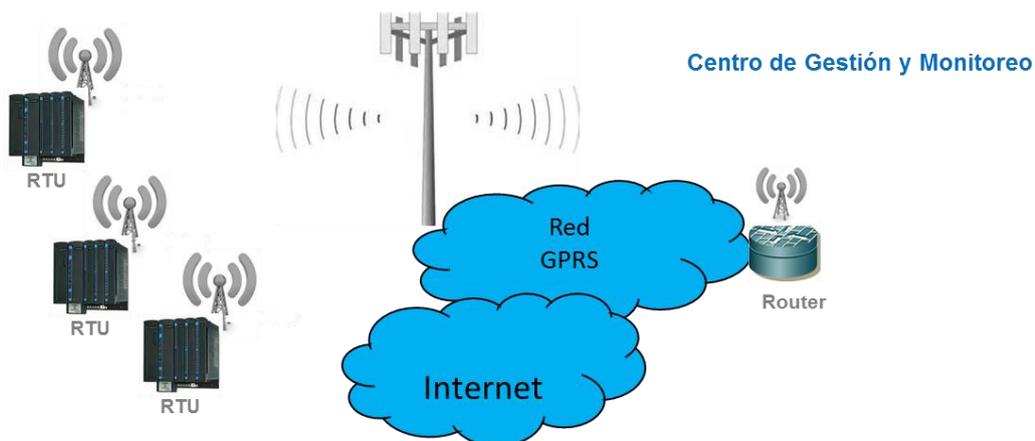


Figura 9: Esquema de la Red Secundaria (GPRS)

4.6.5.1. Descripción de la Tecnología GPRS

GPRS es una tecnología de transmisión de datos por paquetes que fue desarrollada para mejorar las prestaciones de transmisión de datos de las redes de segunda generación de telefonía móvil digital denominada GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles, por sus siglas en inglés, *System for Mobile Communications*).

El servicio de GPRS se brinda sobre las frecuencias de las redes GSM y tiene las siguientes características:

- Su modo de transmisión es asimétrico

- Velocidades de transferencia de hasta 144 Kbps de bajada y de hasta 40Kbps de subida.
- Soporta protocolo IP, TCP, UDP, MODBUS que son los utilizados en telemetría y telecontrol.
- Tiempo de establecimiento de conexión inferior a 1 segundo.
- Se tarifa por la transmisión de datos efectiva, no por el tiempo de conexión

4.6.4.2. Características de la Red Secundaria

El servicio GPRS (*General Packet Radio Service*) a contratar tendrá las siguientes características:

- En cada una de las Estaciones Remotas de Monitoreo se instalará un modem GPRS, el cual estará conectado a la RTU.
- La Red Secundaria funcionará como respaldo de la Red Principal, entrará en funcionamiento alguno de los enlaces o todos cuando haya una falla parcial o total de la Red Principal, respectivamente.
- En estado de inactividad, cada 6 horas se realizará automáticamente desde el Centro de Gestión y Monitoreo, un testeo del estado de funcionamiento de cada uno de los enlaces de la Red Secundaria, con el objetivo de garantizar su normal funcionamiento.

4.6.6. Conexión a Internet

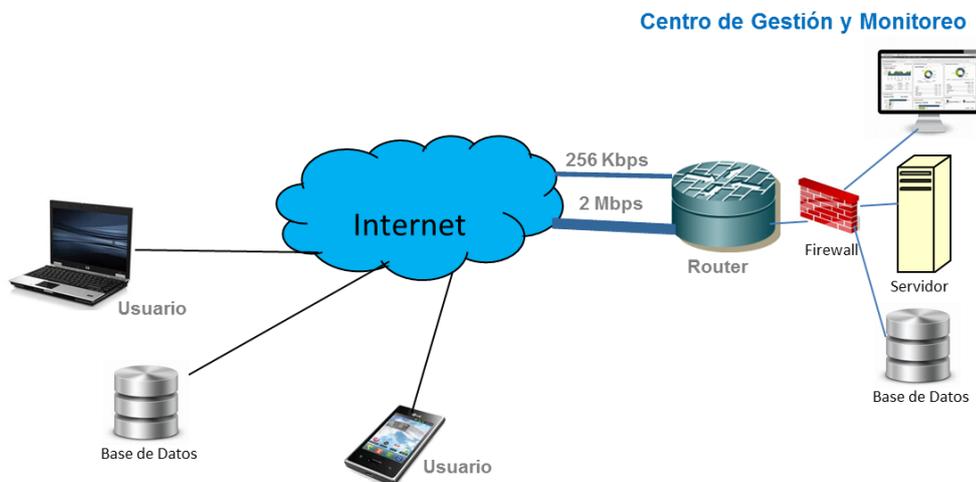


Figura10: Esquema del Acceso a Internet del CGM

El Centro de Gestión y Monitoreo tendrá dos accesos a internet. Uno de 256 Kbps y el otro de 2 Mbps. (Ver Fig. 10)

El acceso de 2 Mbps estará dedicado para aplicaciones y uso de internet propiamente dicho, por este acceso podrán acceder los usuarios externos que quieran acceder a los reportes y estadísticas del Sistema; como así también se utilizará para intercambiar información con otras Bases de Datos (*Web services*).

El acceso de 256 Kbps será de respaldo activo del enlace de 2 Mbps. Los enlaces físicos de ambos accesos, serán instalados por cableados y caminos diferentes desde el nodo del prestador del servicio de telecomunicaciones hasta el Centro de Gestión y Monitoreo.

4.7. Centro de Gestión y Monitoreo (CGM)

4.7.1. Descripción General

El Centro de Gestión y Monitoreo es el sitio central del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo, donde se recibirán, almacenarán y procesarán los datos provenientes de las Estaciones Remotas de Monitoreo, así como desde donde se realizará la administración gestión y supervisión de todos los dispositivos que componen el Sistema.

El Centro de Gestión y Monitoreo estará situado en la Ciudad de Formosa y contará con la infraestructura, hardware y software necesarios para soportar el procesamiento de las funcionalidades de los Subsistemas de Almacenamiento, Subsistema de Reportes y Tableros y del Subsistema de Administración y Control, que conforman el Sistema.

Dado que el Sistema es de misión crítica, el Centro de Gestión y Monitoreo operará en forma ininterrumpida (7 x 24), razón por la cual el equipamiento que lo conformarán serán de calidad y confiabilidad elevada para garantizar la disponibilidad requerida.

En el Centro de Gestión y Monitoreo se alojará equipamiento de comunicaciones (*router*), de seguridad (*firewall*), de procesamiento (servidores), paneles de visualización gráfica (monitores LCD de pared), estaciones de trabajo y los software con sus licencias correspondientes (sistemas operativos, motor de base de datos, SCADA, entre otros).

El Centro de Gestión y Monitoreo contará con acceso a Internet para permitir el acceso de usuarios externos a la información y reportes que generará el Sistema y para intercambiar información con otras Bases de Datos por medio de Servicios Web (*Web Services*), entre otras aplicaciones.

4.7.2. Subsistema de Almacenamiento

El Subsistema de Almacenamiento estará compuesto básicamente por un Motor de Base de Datos Relacional (Repositorio Unificado de Datos) donde se almacenarán, procesarán y protegerán los datos del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo.

El motor de base de datos cumplirá con las siguientes características:

- Administración de datos segura, confiable y eficiente.
- Soportará arquitecturas de 64-bit.
- Manejar particionamiento de tablas.
- Manipular datos espaciales.
- Operar sobre un *cluster* de servidores en la modalidad activo/activo.
- Proveer un conjunto integral de servicios que permitan crear, mantener, administrar y monitorear una o más bases de datos de contingencia para permitir que una base de datos productiva sobreviva a desastres y corrupción de datos.
- Minimizar bajadas de servicio permitiendo para el efecto actualizaciones progresivas durante la aplicación de parches, tanto de base de datos como de sistema operativo.
- Proveer recuperación rápida y predecible a fallos de sistema.
- Entender la evolución de los datos, determinando cómo crecen, monitoreando cómo cambia su uso y decidiendo por cuánto tiempo deberían ser mantenidos.
- Reconocer automáticamente el uso de vistas materializadas para satisfacer solicitudes que permitan optimizar los tiempos de respuesta.
- Brindar facilidades de mantenimiento de índices, reorganización y redefinición de tablas en línea.

- Capacidad para implementar backups incrementales rápidos a través del uso de algún mecanismo de registro de cambios.
- Realizar backups sobre múltiples dispositivos en paralelo.
- Permitir que parte de la base de datos pueda ser recuperada hasta un punto específico en el tiempo después de una falla o ejecución inadvertida de una transacción.
- Recuperación de prueba (recuperación aplicada sólo en memoria y no escrita en disco que fácilmente se puede deshacer).
- Comprimir bloques no utilizados en los backups.
- Permitir el desarrollo de capacidades de *Data Warehousing* (Almacén de Datos) y *Business Intelligence* (Inteligencia Empresarial)
- Permitir operaciones en Paralelo.
- Provee una herramienta que permita multiplexación de conexiones, conectividad multiprotocolo y control de acceso de red.

4.7.2.1. Hardware de Almacenamiento

Se requiere un sistema de almacenamiento que consistirá en un subsistema con una capacidad, conectividad y características de performance que cumplan con los requerimientos de la solución diseñada a proveer por los oferentes.

Las especificaciones generales serán:

- El sistema de almacenamiento deberá permitir todas las configuraciones RAID, de 0, 1, 5 y 6.
- Deberá contar con no menos de dos pasos de alimentación independientes.
- Montaje en rack de 19´.
- Administración redundante que permita mediante una interfaz tipo WEB, la gestión de las unidades de disco del sistema de almacenamiento, incluyendo reportes de falla, porcentaje de ocupación y funciones de automatización de tareas, entre otras.
- Todos sus componentes deberán ser redundantes.
- Capacidad para brindar un servicio con una disponibilidad de cinco 9s (99,999% de disponibilidad), para lo cual deberá permitir el reemplazo en

caliente de las partes; Contar con capacidad de realizar actualizaciones de código (*firmware*) sin interrupción del servicio.

- La solución deberá poseer un monitoreo del “*Disk error rate*” y utilizar capacidades proactivas para invocar al proceso de “*Hot Sparing*”. Este proceso minimizará los tiempos requeridos para que el disco de reemplazo tome el rol del disco dañado.
- Deberá contar con controladoras propias para RAID (cálculos de paridad, reconstrucciones de discos (*sparing*), *disk scrubbing*, etc.), y si correspondiera, controladoras propias para funcionalidades IP NAS.
- Soportará discos SAS de 6Gb/s de 2da generación y debe soportar *tiering online* entre todas las tecnologías de discos soportadas, permitiendo una escalabilidad inteligente y mantenimiento de la performance. Esta funcionalidad deberá incluirse en la configuración ofrecida.
- La solución deberá permitir escalar agregando discos sin interrupción o migración alguna de datos.

4.7.3. Subsistema de Reportes y Tableros

El Subsistema de Reportes y Tableros estará conformado por software y hardware que permitan la construcción de tableros con interfaces gráficas para los operadores y usuarios conocidos como Tableros o *Dashboards* y del armado de reportes del Sistema.

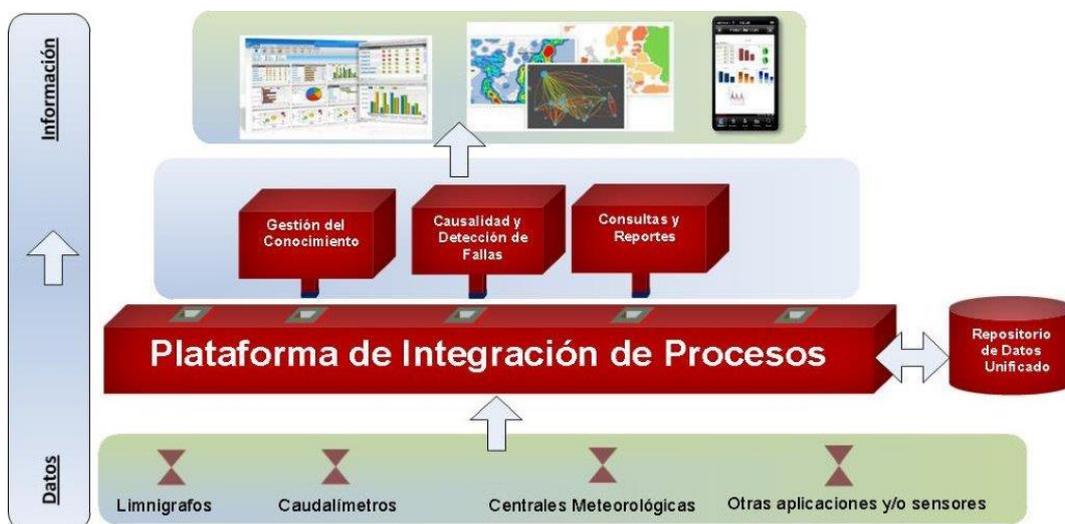


Figura11: Esquema Funcional del Subsistema de Reportes y Tableros

Los *Dashboards* o Tableros se armarán a partir de los datos almacenados en el Repositorio de Datos Unificado (Base de Datos) del Subsistema de Almacenamiento a partir de los cuales se elaborarán los indicadores analíticos que se mostrarán en los tableros y reportes. (Ver Fig. 11)

El Subsistema de Reportes y Tableros entregará información cuasi en tiempo real, en virtud de la criticidad de la información que se va a estar visualizando, para lo cual deberán contar con las siguientes características:

- Una interfaz de usuario totalmente amigable.
- Una biblioteca rica en gráficos.
- Facilidades para que el usuario final pueda armar sus propios reportes y/o *dashboard* sin asistencia del personal de TI (Tecnologías de la Información).
- Visualización de datos analíticos basado en mapas.
- Integrase con herramientas de Microsoft Office.
- Permitirá poder acceder desde estaciones desktop, como así también de *tablets* y/o *smartphones* basados en sistema operativo Android e IOs.

Asimismo, también formará parte del Subsistema de Reportes y Tableros el siguiente hardware y software destinado a su operación:

- Estaciones de trabajo con Procesador Intel Core I7, para la gestión, análisis y monitoreo integral.
- Licencias para las estaciones de trabajo de Windows 10 y Microsoft Office Professional 2016.
- Seis (6) Monitores de Pared LED de 42” que cuenten con la posibilidad de ser configurados en la modalidad video Wall para poder observar en forma general las aplicaciones en cada uno de los casos.

4.7.4. Subsistema de Administración y Control

El Subsistema de Administración y Control está conformado por un software de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA por sus siglas en inglés, *Supervisory Control And Data Acquisition*), el cual contiene un conjunto de herramientas para controlar y supervisar en forma automática procesos industriales a

distancia y dispositivos de adquisición de datos (sensores) en un único centro de control.

El Subsistema de Administración y Control permitirá el monitoreo, configuración, diagnósticos y mantenimiento de los equipamiento de comunicaciones, RTU y sensores de todo el Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo.

Los componentes de hardware y software del Subsistema de Administración son:

- Software SCADA con licencias para puntos de entrada y salida a monitorear, licencias de desarrollo, licencias de visualización y una (1) licencia de operación.
- Servidor para el software SCADA.
- Sistema Operativo del Servidor.
- Estaciones de trabajo con Procesador Intel Core I7 para los operadores.
- Licencias de Windows 10 y Microsoft Office Professional 2016 para las estaciones de trabajo.

4.7.4.1. Módulos del Subsistema de Administración y Control

Gestor Gráfico

- El Gestor gráfico provee la interfaz “hombre-máquina” necesaria para la interacción de los operadores con el Subsistema.
- Permite el desarrollo de las pantallas que representen los procesos a monitorear.
- Soporta imágenes de mapa de bits en segundo plano, lo que permite generar gráficos familiares a los operadores.
- El sistema integra ayudas para la navegación como ser botones y zonas sensibles, que permiten rápidamente acceder a los diferentes despliegues o reportes, en un ambiente de múltiples monitores.

Acceso Remoto

Con el fin de agilizar el mantenimiento, el SCADA soporta el acceso remoto vía la Red de Comunicaciones o por Internet.

Manejo de alarmas y eventos

El módulo de gestión de alarmas soporta el manejo de todo tipo de eventos y genera alarmas por visuales (tipo “Pop Up”) y/o audibles cuando se verifican las siguientes condiciones:

- Cambio de estado de puntos digitales o analógicos.
- La falla en el envío de un comando.
- Algún valor de medición fuera de los parámetros de operación.
- Pérdida de comunicaciones con las RTU, sensores o equipamiento de comunicaciones.
- Inconvenientes en el software de base o recursos informáticos.

Los eventos se podrán ordenar por hora, fecha y diversos filtros por función o prioridad, pudiendo observarse simultáneamente un importante número de alarmas, filtradas de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Generación de reportes

Podrá invocarse en forma manual o en forma programada con el fin de obtener listados de alarmas, eventos o mediciones históricas.

El generador de reportes enviará datos a las pantallas, impresora, archivo, base de datos, email y a herramientas de MS Office.

Autenticación y Seguridad

Este módulo permitirá administrar el acceso a la información. Algunas de sus características son:

- Control del acceso a los recursos del Sistema de Control a usuarios de acuerdo a nivel de seguridad
- Protección al acceso de datos Históricos.
- Herramientas de gestión de usuarios y grupos.
- Integración con el sistema de seguridad de Windows.
- Generación de reportes de auditoría de accesos.
- Configuración de diferentes perfiles de usuarios (Desarrolladores, Supervisores, Operadores).

4.7.4.2. Funcionalidad del software SCADA

El software SCADA tiene por función básica, la de proveer una herramienta de gestión para el mantenimiento preventivo y diagnósticos de las RTU, sensores y equipamiento de comunicaciones. Consta de los siguientes elementos:

- *Front end* de comunicaciones
- Servidor SCADA
- Estaciones de trabajo

Cada una de las RTU de las Estaciones Remotas de Monitoreo enviarán información desde el campo, valiéndose de la Red de Comunicaciones:

Los datos que serán transmitidos serán de dos tipos:

- **Datos de Telemetría:** Son las variables a monitorear, que serán enviadas desde la Estaciones Remotas de Monitoreo, hacia el Servidor SCADA, por la Red de Comunicaciones.
- **Datos de Diagnóstico:** Son para acceder al equipamiento de las Estaciones Remotas de Monitoreo para efectuar tareas de mantenimiento, como la calibración, programación y diagnósticos, entre otros.

Una vez recibidos en el Front end de comunicaciones, los datos pasarán inmediatamente al Subsistema de Almacenamiento y al Servidor SCADA.

El Servidor SCADA será el encargado de mantener una copia de la información en caso de contingencia, y para brindar una herramienta de diagnóstico.

4.7.4.3. Recursos del software SCADA

El Gestor Gráfico del software SCADA permite los siguientes recursos, que permitirán a los operadores una mejor interacción con la información proveniente de la red:

Pantalla gráfica general

Se trata del despliegue maestro del sistema. El despliegue principal ofrece la siguiente información:

- Mapa general del área de cobertura del sistema
- Iconos individuales que indican el nombre de cada sitio remoto
- Representación gráfica del estado general del sitio

Pantallas de detalle de cada sitio

El operador accederá desde la pantalla general, a la información particular de cada sitio, incluyendo:

- Dirección y datos generales
- Valores de tiempo real de cada una de las magnitudes
- Estado del sistema de comunicaciones primario y secundario

Pantalla Genérica de Administración

En estos despliegues, el operador podrá visualizar rápidamente el estado de la red e información general referida al funcionamiento de los distintos elementos:

- Estado de las RTU y sus módulos
- Estado de los sensores de campo
- Estado de la Red de Comunicaciones
- Diagnósticos del software de base

Pantalla de Alarmas

Esta pantalla muestra el detalle de las alarmas de tiempo real del sistema. El operador puede acceder a este despliegue con el fin de visualizar las alarmas existentes y proceder a su gestión. Cada alarma puede gestionarse en forma individual o mediante filtrado.

5. Consideraciones para la Instalación y Puesta en Marcha

La instalación y puesta en marcha del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo serán actividades muy críticas porque de su correcta realización dependerá el óptimo funcionamiento del Sistema.

5.1. Instalación y Puesta en Marcha de las Estaciones Remotas de Monitoreo

Para la instalación y puesta en marcha de las Estaciones Remotas de Monitoreo se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se realizarán obras civiles para el acondicionamiento de los lugares (cierre perimetral, iluminación externa, entre otras), base de hormigón, armado de

columnas, instalación de mástil, cableados de energía y montaje de los tableros con jabalina de puesta a tierra.

- Todas las instalaciones de los equipos del Sistema cumplirán los requisitos de los fabricantes, las normativas vigentes, los requisitos de seguridad y deberán ajustarse a las reglas del buen arte que aseguren la mayor disponibilidad funcional.
- Los sensores multiparamétricos de calidad de agua, requieren de un contenedor y tableros especiales y dedicados, además se hará una estructura especial a situarse en medido del curso del agua para soportar el sensor.
- La puesta en marcha de las RTU y la calibración de los sensores se realizarán cumpliendo los procedimientos especificados por sus fabricantes.
- Se confeccionarán y resguardarán los planos a detalle de la instalación de cada uno de los sensores.
- La instalación y puesta en marcha de los sensores deberá ser realizada por personal especializado.

5.2. Instalación y Puesta en Marcha de la Red de Comunicaciones

La instalación y puesta en marcha de la Red de Comunicaciones será realizada por el prestador de servicios de comunicaciones contratado. Generalmente los requisitos más importantes que se requieren es la provisión de un rack con energía estabilizada y puesta a tierra (PAT).

La puesta en marcha de cada uno de los vínculos serán respetando un protocolo de puesta en marcha donde se verifiquen que todas las especificaciones de la prestación del servicio se cumplen y que la comunicación entre cada una de las RTU de las Estaciones Remotas de Monitoreo con el Subsistema de Almacenamiento ubicado en el Centro de Gestión y Monitoreo sea la correcta.

5.3. Instalación y Puesta en Marcha del Centro de Gestión y Monitoreo

La instalación y puesta en marcha del equipamiento del Centro de Gestión y Monitoreo será realizada por personal especializado y certificado, siguiendo rigurosamente las recomendaciones y especificaciones de los fabricantes de los equipos.

El acondicionamiento del lugar es un factor clave, el mismo deberá contar con piso técnico, bandejas para el cableado, energía ininterrumpida y estabilizada, sistema de refrigeración con aires acondicionados de alta disponibilidad, entre otras.

6. Consideraciones sobre la Operación del Sistema

El Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo es un sistema de misión crítica, es decir, que funcionará aun en las situaciones más adversas, razón por la cual estará constituido de equipamiento con especificaciones de alta confiabilidad, con fuentes de energía redundantes y una Red de Comunicaciones de alta disponibilidad formada por dos redes de diferente tecnología.

Un factor clave para una buena performance del Sistema, será la forma en que se realizará la operación del mismo, la cual necesariamente deberá estar a cargo de personal técnico idóneo y capacitado, contar con un programa de mantenimiento preventivo del equipamiento de acuerdo a sus especificaciones y procedimientos de manipulación para tener una rápida respuesta ante fallas que pudieran suceder.

6.2. Recursos Humanos

Las características del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo hacen que se requerirá personal técnico calificado tanto para la operación del Centro de Gestión y Monitoreo como en la operación de las Estaciones Remotas de Monitoreo. (Ver Tabla IV)

TABLA IV: Personal Técnico de Operación del Sistema

Actividad	Personal
Personal Técnico del Centro de Gestión y Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Administrador de Base de Datos • 1 Administrador de Red • 2 Analistas y/o Desarrolladores • 9 Operadores
Personal Técnico para la Operación de las Estaciones Remotas de Monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Técnico especialista en comunicaciones y telemetría • 1 Técnico en electricidad • 1 Técnico especialista en sensores

Aparte del personal técnico dedicado a la operación y mantenimiento del Sistema, se deberá tener en cuenta al siguiente personal adicional:

- Personal jerárquico (Gerente, Jefe o Responsable).
- Personal de soporte administrativo y logístico en el Centro de Gestión y Monitoreo (Secretaría, Administrador, Personal de limpieza).

6.2. Capacitación

Lo operación del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo requerirá contar con un personal técnico capacitado y actualizado, razón por la cual se desarrollará un programa de capacitación y actualización continua.

Las consideraciones y actividades de capacitación más relevantes serán:

- A los analistas y/o desarrolladores se los capacitará en la explotación diaria del Sistema, en la construcción y/ o edición de los indicadores, tableros de control, *dashboards*.
- A los Operadores del Centro de Gestión y Monitoreo se los capacitará en la operación técnica del sistema (ej. Backups del sistema, cambios de configuración de los dispositivos, manejo de fallas, entre otros).
- A los Técnicos operadores de las Estaciones Remotas de Monitoreo se los capacitará en la manipulación, y configuración de los diferentes dispositivos que componen cada una de las estaciones.
- Los cursos serán dictados y planificados de tal forma que el personal instruido pueda desarrollar su actividad específica de manera autosuficiente.
- Los cursos a ser desarrollados contarán con certificaciones y se establecerán metas mensurables.
- Se recomienda contar con una biblioteca equipada con todos los manuales y documentos de capacitación de todos los componentes del Sistema.

6.3. Mantenimiento

La operación del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo requerirá permanentemente actividades de mantenimiento de los diferentes componentes que conforman el Sistema.

Las consideraciones más relevantes son las siguientes:

- Es crítico el mantenimiento preventivo de algunos sensores, en especial de los sensores multiparamétricos de calidad del agua, a los que se los debe limpiar y agregar algunos insumos químicos para su óptimo funcionamiento.
- El mantenimiento preventivo y correctivo de la Red de Comunicaciones corresponderá a los prestadores del servicio, y se encuadrarán dentro de las condiciones de contratación del servicio (SLA *Service Level Agreement*).
- El mantenimiento del hardware y software del Sistema en lo que hace a configuraciones y actualizaciones, entre otros, será realizado en forma remota desde el Centro de Gestión y Monitoreo utilizando la Red de Comunicaciones o de manera local por medio de un Técnico Operador.
- Es muy importante llevar un control del régimen de garantía de los diferentes dispositivos de adquisición de datos (RTU, Sensores) y de los servidores del Centro de Gestión y Monitoreo, dado que generalmente incluyen la reparación o reposición del equipo o partes del mismo en caso de fallas.
- También es recomendable la contratación de seguros para el equipamiento, en especial para evitar los actos de vandalismo o de robo, los cuales no son cubiertos por la garantía de los fabricantes de los equipos.

7. Expansión del Sistema

La arquitectura modular, flexible y escalable del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo permitirá que el mismo se pueda expandir en sus capacidades iniciales tanto en el territorio de la República Argentina como en Bolivia y Paraguay.

Las principales posibilidades de expansión son:

- Nuevas variables a medir y monitorear
- Nuevas Estaciones Remotas de Monitoreo

7.1. Nuevas Variables a Medir y Monitorear

Las Estaciones Remotas de Monitoreo están dimensionadas para soportar la incorporación de nuevos sensores que permitan la detección, medición y monitoreo de

nuevas variables, ya sea en el cauce de agua del Río Pilcomayo y sus afluentes como en las adyacencias del mismo.

Sólo contemplando los requisitos de instalación y de operación específica que tengan, el Sistema permite en forma sencilla la incorporación de sensores para medir variables de calidad del aire, niveles hídricos subterráneos, calidad de agua en las napas freáticas u otras de calidad de agua superficial.

7.2. Nuevas Estaciones Remotas de Monitoreo

La incorporación de nuevas Estaciones Remotas de Monitoreo se podrá realizar de manera sencilla y sin alterar el funcionamiento de las otras estaciones existentes del Sistema.

Es esperable la instalación de nuevas Estaciones Remotas de Monitoreo en los afluentes del Río Pilcomayo (tanto en territorio argentino, en territorio paraguayo y en territorio boliviano), como así también en otras cuencas del País, como por ejemplo, la cuenca del Río Bermejo que es paralela y cercana al Río Pilcomayo.

8. Aspectos Regulatorios

El Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo cumple la normativa regulatoria vigente en la República Argentina.

Las Redes Principal (VSAT) y la Red Secundaria (GPRS) que conforman la Red de Comunicaciones serán operados por prestadores de telecomunicaciones que cuentan con las licencias y permisos necesarios para la operación de los servicios.

En el supuesto y muy probable caso de la expansión del Sistema por la necesidad de la instalación de Estaciones Remotas de Monitoreo en Bolivia y/o Paraguay, se debe considerar que los prestadores del servicio de telecomunicaciones de esas Estaciones Remotas de Monitoreo, deberán contar con las respectivas licencias y permisos de operación tanto en Bolivia como en Paraguay respectivamente. Este requisito es indispensable y no estará eximido por los acuerdos existentes de trabajo conjunto entre los tres países miembros de la Cuenca del Río Pilcomayo.

9. Costos Referenciales

Los costos referenciales de inversión (CAPEX) como de operación (OPEX) del Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en Línea del Río Pilcomayo son: (Ver Tablas V, VI y VII)

TABLA V: Costos de una Estación Remota de Monitoreo (CAPEX)

Item	Cantidad	Precio Unitario (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
RTU de 16 entradas digitales, 8 entradas analógicas y 4 salidas	1	2.800	2.800
Sensor de Nivel	1	300	300
Sensor de Caudal	1	27.000	27.000
Sensor de Humedad	1	320	320
Sensor de Precipitación	1	600	600
Sensor de Presión Atmosférica	1	450	450
Sensor de Radiación Solar	1	400	400
Sensor de Temperatura ambiente	1	200	200
Sensor de Oxígeno disuelto	1	800	800
Sensor de Conductividad	1	700	700
Sensor Compuesto de Calidad de Agua	1	17.000	17.000
Paneles solares y accesorios	1	1.500	1.500
Baterías	4	600	2.400
Instalación de Tableros, jabalina PAT, cc	1	4.500	4.500
TOTAL			58.970

TABLA VI: Costos del Centro de Gestión y Monitoreo (CAPEX)

Producto	Cantidad	Precio Unitario (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Servidores	3	7.000	21.000
Monitores de pared LCD 42"	7	600	4.200
Estaciones de Trabajo	10	1.400	14.000
Motor de Base de Datos Relacional	1	20.000	20.000
Software SCADA	1	35.000	35.000
Router	1	2.500	2.500
Firewall	1	1.000	1.000
Software para Reportes y Tableros	1	80.000	80.000
Raks, ups, y accesorios	1	3.000	3.000
TOTAL			180.700

TABLA VII: Costos Mensuales de Operación (OPEX)

Producto	Cantidad	Precio Unitario (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Servicio VSAT	8	300	2.400
Servicio GPRS	8	10	80
Soporte de Software	1	2.500	2.500
Soporte de Hardware	1	500	500
Operación de ERM	1	8.000	8.000
TOTAL			13.480

CONCLUSIONES

En base al relevamiento realizado se puede concluir que el Sistema de Monitoreo Hidrométrico y Meteorológico en línea del Río Pilcomayo, es un proyecto que satisface las necesidades actuales del manejo de información de los parámetros del río.

El sistema permitirá mayor eficiencia en la adquisición de datos y la generación de información *near real time* para evaluar las tendencias del comportamiento del recurso hídrico del río y de esta manera para prevenir, alertar y controlar inundaciones y/o desastres ambientales que afecten a los pueblos y comunidades indígenas que viven en sus adyacencias.

En relación a su viabilidad, se puede concluir que:

- Desde el **punto de vista técnico**, el sistema está basado en el uso de tecnologías probadas y estandarizadas para este tipo de soluciones.
- Desde el **punto de vista económico**, la automatización en línea, reduce los costos de operación en la medición y adquisición de datos. La información generada permitirá prevenir situaciones de riesgos y desastres ambientales.
- Desde el **punto de vista social**, el tipo de información que generará el sistema, brindará a los actores institucionales involucrados en el manejo de las diferentes situaciones del Río Pilcomayo, la oportunidad de planificar medidas que disminuyan la vulnerabilidad de las poblaciones y comunidades ribereñas, la contaminación y el deterioro ambiental.
- Desde el **punto de vista ambiental**, el proyecto no será contaminante del medio físico natural ni del medio biológico, porque no generará ruidos, no generará desechos y los materiales utilizados en los sensores son reciclables.
- Desde el **aspecto legal**, en nuestra legislación no existe impedimento alguno para la implementación del sistema, porque cumple la normativa regulatoria vigente y fue concebido en el marco de los acuerdos que tiene Argentina con Bolivia y Paraguay.

BIBLIOGRAFÍA

Sitios Web

CAMPBELL SCIENTIFIC [en línea]. [consulta 19 jun 2016].

< <http://www.campbellsci.es/>>.

DIRECCIÓN EJECUTIVA DE LA COMISIÓN TRINACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA CUENCA DEL RIO PILCOMAYO [en línea]. [consulta 15 jul 2016].

< <http://www.pilcomayo.net/>>.

GILAT SATELLITE NETWORKS [en línea]. [consulta 6 jul 2016].

< <http://www.gilat.com>>

I DIRECT [en línea]. [consulta 15 jul 2016].

< <http://www.idirect.net> >

MICROSOFT [en línea]. [consulta 13 jul 2016].

< <http://www.microsoft.com/es-es/> >

MOTOROLA [en línea]. [consulta 11 jul 2016].

< http://www.motorolasolutions.com/en_us/products.html>

ROMIOTTO [en línea]. [consulta 27 jun 2016].

<<http://www.romiotto.com.br> >.

SIEMENS [en línea]. [consulta 11 jul 2016].

<<http://www.siemens.com/entry/es/es/#product/1313660>>

SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS [en línea]. [consulta 6 ago 2016].

< <http://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/subsecretaria-rh.php> >.

TECMES [en línea]. [consulta 25 jun 2016].

< <http://www.temes.com/>>.

TE.SA.M PERU SOLUCIONES SATELITALES [en línea]. [consulta 21 jun 2016].

< <http://www.tesam.com/>>.

VEGA [en línea]. [consulta 19 jun 2016].

< http://www.vega.com/home_ar>.

VAISALA [en línea]. [consulta 19 jun 2016].

<<http://es.vaisala.com/sp/products/automaticweatherstations/Pages/default.aspx>>.

YOUNG [en línea]. [consulta 27 jun 2016].

<<http://www.youngusa.com/products/7/5.html>>.