

## XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

### “FACTORES LIMITANTES EN LA DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN PARQUE NACIONAL QUEBRADA DEL CONDORITO”

*Andrea F. Rico (1), C. Marcelo Baldissoni (2), Juan J. Serra (3)*

(1) (2) (3) INA-CIRSA, Ambrosio Olmos 1142 1° Piso, Córdoba, Argentina, +54-351-4682781, arico@ina.gob.ar

#### RESUMEN

Los factores limitantes, en la definición de un proyecto de provisión de agua, conjugan aspectos físico-ambientales, políticos, económicos y demográficos. El Parque Nacional Quebrada del Condorito, ubicado en las Altas Cumbres de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina, prevé para los próximos años un incremento sustancial en la cantidad de visitantes, lo que demandará la ampliación de la infraestructura de sus servicios. Como parte de esa iniciativa, se incluyó la provisión de agua a nuevos sectores y ampliación de la capacidad a los ya existentes. El objetivo de este trabajo ha sido definir la alternativa más viable para el sistema de provisión y conducción de agua en el parque. Para ello, se planteó un análisis exhaustivo de los principales factores limitantes, como la presencia de fuertes heladas, la topografía característica de la Pampa de Achala, la escasa cobertura de suelo sobre manto de roca y el desfasaje temporal entre la oferta (recarga de arroyos) y la demanda de agua (afluencia de visitantes). A partir de la evaluación y jerarquización con criterio técnico-económico y ambiental de estos condicionantes, surge la alternativa más apropiada para el diseño del sistema de abastecimiento y distribución de agua en el parque.

**Palabras claves:** Abastecimiento de agua, factores limitantes, alternativas de diseño.

#### ABSTRACT

The limiting factors in the definition of a water supply project combined physical-environmental, political, economic and demographic aspects. The Condorito National Park in the High Peaks of the Sierras Grandes of Córdoba, Argentina, planned for the next few years a substantial increase in the number of visitors, which will require the extension of infrastructure services. As part of this initiative included the provision of water to new sectors and expanding capacity at existing ones. The aim of this work was to define the most viable alternative to the aqueduct and water supply system in the park. To do this, it put forth a comprehensive analysis of the main limiting factors such as the presence of heavy frosts, topography characteristic of the Pampa de Achala, poor soil cover over the bedrock and temporal mismatch between supply (recharge from streams ) and water demand (number of visitors). From assessment and prioritization with technical-economic criteria and environmental of these conditions, will choose the most appropriate alternative for water supply system design and aqueduct in the park.

**Key words:** Water supply, limiting factors, design alternatives.

#### SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

**Andrea F. Rico:** Ingeniera Civil egresada de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente cumple funciones como investigadora del INA en el Área de Hidrología de INA-CIRSA. Desde este ámbito ha participado en diversos proyectos, estudios interdisciplinarios, dictado de cursos y participación en eventos ligados a la hidrología. Presenta publicaciones de artículos en revistas científicas y numerosas presentaciones en congresos nacionales e internacionales de su especialidad.

## ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Quebrada del Condorito (PNQC), se encuentra ubicado en el oeste de la Provincia de Córdoba, Argentina, en los Departamentos Punilla, Santa María y San Alberto, abarcando parte de la Pampa de Achala, entre los 1.900 y 2.300 metros de altura sobre el cordón central de las Sierras Grandes. (Figura 1). Fue creado por Ley Nacional N° 24.749/96 con el objetivo de conservar la diversidad natural y cultural, propiciando el desarrollo sustentable de actividades adecuadas a cada una de las zonas de conservación del área.



**Figura 1. PNQC, Ubicación y principales actividades**

Fuente: PNQC. APN (2006)

Debido a futuras modificaciones del acceso al Parque sobre la ruta de las Altas Cumbres, se prevé para los próximos años un incremento sustancial en la cantidad de visitantes, lo que demandará la ampliación de la infraestructura de servicios para los turistas.

En principio, para determinar la factibilidad de construcción de las nuevas instalaciones, se firmó con el Instituto Nacional del Agua, el Acta Complementaria N° 2 del Convenio Marco de Cooperación Técnica y Recíproca, APN-INA

(octubre, 2011), mediante la cual se acuerda realizar estudios básicos de anteproyecto de provisión de agua en PNQC. De acuerdo a los objetivos del convenio, el sistema a proyectar deberá proveer de agua a dos sectores. (Figura 3) El sector 1, ubicado en adyacencias al edificio del Centro de Visitantes, donde se prevé la construcción de una confitería con capacidad para 200 personas, equipada con 3 sanitarios de uso público, un sanitario con ducha para el personal y una cocina. El sector 2, ubicado en la zona denominada “Cañada del Hospital”, donde se construirán instalaciones sanitarias para un camping con capacidad para 60 personas y un Albergue para 50 huéspedes con sus respectivos sanitarios con ducha.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FÍSICO

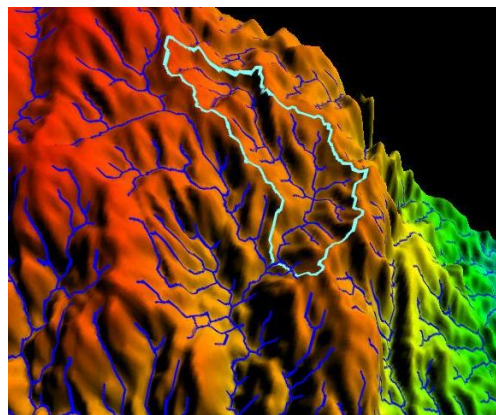
Los arroyos del Parque, que conforman la unidad hidrológica en estudio, pertenecen a la cabecera de la cuenca alta del Río Xanaes (Río Segundo), con nacimiento en la Pampa de Achala, Sierras Grandes de la provincia.

Para el estudio del comportamiento hidrológico, se adoptó para el cierre de cuenca la posible ubicación de la obra de captación.

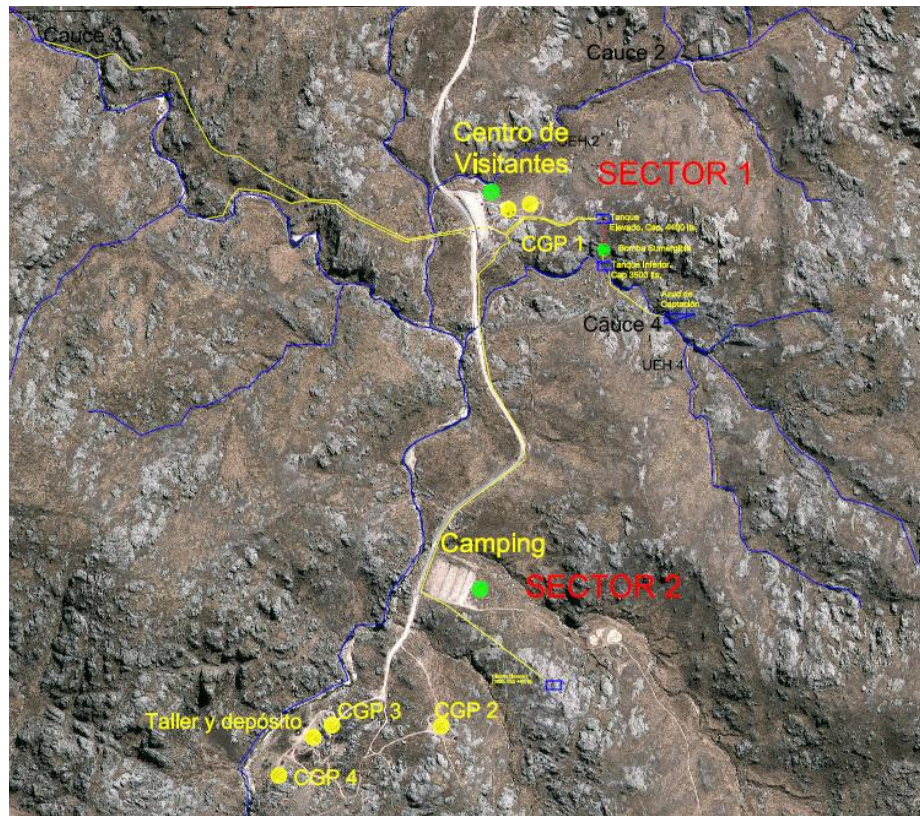
La subcuenca denominada “Arroyo Achala-toma”(Figura 2), nace entre los 31° 36' y 31° 37' de latitud Sur y los 64° 43' y 64° 42' de longitud Oeste, aproximadamente a los 2053 msnm, con cierre en la confluencia de los arroyos Achala, Casa del Águila y De la Cañada de la Cuesta. La misma tiene una superficie aproximada de 6.3 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 13.2km.

El relieve, es ondulado, con pendientes medias comprendidas entre 3 y 7%, típico de la pampa.

El clima característico de la región, es templado-frío, con una temperatura media anual de aproximadamente 8°C y mínimas absolutas de hasta -15° C en invierno. Con lluvias en verano y algunas nevadas en invierno.



**Figura 2. Subcuenca AºAchala-Toma.**



**Figura 3. Ubicación de sectores a abastecer.**

## BASE CIENTÍFICO TEÓRICA

Dado que el objetivo de este trabajo ha sido definir la alternativa más viable para el sistema de provisión y conducción de agua en el parque, se planteó el análisis de los principales factores limitantes del proyecto.

Se entiende como Factores Limitantes, aquellas variables que determinan, condicionan, limitan y o restringen la definición de un proyecto, determinando su tamaño, características o localización. Son considerados los principales inconvenientes que afectarán la factibilidad del propósito para el cual fue planteada la obra de ingeniería. Los principales condicionantes conjugan aspectos físico-ambientales, demográficos, políticos y económicos. Los limitantes físico-ambientales de interés en este proyecto están en función de factores climáticos como es el caso de la temperatura y precipitaciones, factores topográficos, donde se incluye la geomorfología de la zona, la composición geológica de los suelos y la topografía del sitio. También, se consideró la calidad del agua superficial de los arroyos en cuestión.

En cuanto a los factores demográficos, principalmente relacionados con la demanda, se tuvieron presentes los usos y costumbres de los

habitantes lugareños y concurrencia de visitantes al parque.

Los factores políticos y económicos están en función directa con las características del comitente y el tipo de proyecto considerado.

## METODOLOGÍA

A fin de definir la alternativa más apropiada para el diseño del sistema de abastecimiento y distribución de agua en el parque, se evaluaron separadamente los principales limitantes de proyecto, cuya metodología de estudio se describe a continuación.

## ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

Dadas las pequeñas dimensiones de la cuenca en estudio, no hay registros de que los cursos de este sistema hayan sido aforados en forma sistemática ni de que existan datos de niveles de ellos, por lo tanto la estimación de los caudales de proyecto solo se puede obtener mediante métodos para cuencas no aforadas, o sin datos hidrológicos. En este caso, se recurrió a 3 fuentes de información hidrométrica distintas:

a- A partir del hidrograma medio anual de la estación Santa Ana, ubicada sobre el Río Anizacate, resultado de una serie de caudales de 27 años (Subsecr. de Recursos Hídricos de la Nación, 2012) se dedujo el ordenamiento temporal del año hidrológico y el ciclo húmedo y seco de la subcuenca Arroyo Achala-Toma, comprendiendo el ciclo seco desde junio a noviembre.

b- Para estimar los caudales mínimos, se consideró la serie de caudales medios diarios de la estación de aforos La Suela del INA-CIRSA (Caamaño Nelli y otros, 1991) ubicada sobre el Río de La Suela, Provincia de Córdoba, muy próxima a la zona en estudio y de similares características, mediante un factor de relación entre sus áreas. Para determinar los caudales máximos asociados a una recurrencia se realizaron estimaciones basadas en dos modelos determinísticos lluvia-caudal a partir de la función intensidad-duración-recurrencia de la estación pluviográfica La Suela. (Caamaño Nelli, Dasso, 2003):

1) Modelo MHIG (Modelo Hidrológico de Simulación de Crecidas en Sistemas Torrenciales. RNPI,E03801,DNDA. Arg).

2) Modelo HEC HMS (Hydrologic Modeling System, Hydrologic Engineering Center, US Federal Government).

c- Se realizaron mediciones de aforos puntuales en dos campañas, para contrastar los valores mínimos estimados: El 30 de noviembre de 2011 y 13 de febrero de 2012. Tratándose de bajos caudales, se aplicó el método de aforo químico, utilizándose como trazador CINa.

La operación en campo consistió en la medición de las concentraciones del trazador a intervalos de tiempo pequeños y constantes, utilizando un conductímetro digital (volumen, concentración), que permitió generar la onda de medición  $t$  [seg]-conductividad [mS/cm] y así obtener el caudal. (Ambrosio, Serra, 2011)

## ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

El estudio topográfico de base aportó los datos para determinar la ubicación y traza del sistema de abastecimiento.

Consistió en un relevamiento topográfico de las posibles variantes del trazado mediante GPS dinámico, determinando proyecciones y altura de los puntos relevados en sistema WGS84 POSGAR 98, faja 4.

## ESTUDIOS GEOLÓGICOS

Para evaluar la incidencia de este factor se cotejaron en campo, las características geomorfológicas, la tipología de rocas, los suelos, la vegetación y los procesos morfodinámicos dominantes (erosión hídrica), tomando como base estudios antecedentes.

## ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA

Considerando que existe actividad ganadera en zonas aledañas al Parque y con el fin de controlar la fuente de agua, se tomaron muestras en 2 campañas sucesivas para ser analizadas en el Laboratorio de Limnología y Calidad de Agua del INA-CIRSA y cotejar los resultados con límites establecidos para el sistema de distribución, Según normas vigentes de aguas para bebida, (Di.P.A.S., Res 608/93), cuando se analicen microbiológicamente muestras de agua procedentes de un sistema de *distribución*, los resultados no deberán superar ciertos límites tolerables para los parámetros microbiológicos básicos.

## ESTUDIOS DE DEMANDA

El estudio del crecimiento demográfico se realizó considerando los datos censales suministrados por el Parque Nacional Quebrada del Condorito de los años comprendidos entre el 2002 y 2011.

Debido a la naturaleza de la población, casi en su totalidad turística y de paso diario, los análisis mediante modelos matemáticos para pronóstico del crecimiento demográfico no resultan representativos. Por lo tanto, se ha considerado como método más apropiado, la tendencia de la afluencia turística en los últimos años, tomando dos hipótesis. Hipótesis 1 (H1): tendencia de afluencia turística de 2002 a 2011. Hipótesis 2 (H2): considera la particularidad de los datos censales, donde se observa un crecimiento lineal sostenido en los últimos 3 años.

## ASPECTOS POLÍTICOS-ECONÓMICOS

En este aspecto, se revisaron las normativas vigentes relacionadas con la creación del PNQC y su objetivo específico: Protección de cabeceras de cuenca, protección de pastizales, bosquecillos de tabaquillo y maitén. Protección del hábitat del Cóndor, otras aves y de numerosas especies de mamíferos, reptiles y anfibios.

Se realizaron estudios preliminares del costo global de la obra, a fin de tener un valor

comparativo para las variables de proyecto más importantes.

## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Dadas las características geográficas de la cuenca, (altitud, cabecera de cuenca), los principales factores físico-ambientales limitantes se deben a las condiciones climáticas imperantes.

En cuanto a la temperatura, los registros indican temperaturas absolutas por debajo de los 0°C en varios días consecutivos de la temporada invernal. El congelamiento de la fuente de agua, en los arroyos con escaso caudal, es el principal problema acuciante en la actualidad, como así también del sistema de conducción. La elección del punto de toma, entonces, se limita estratégicamente al arroyo Achala, debido a su régimen permanente y con caudal suficiente para evitar el congelamiento de la superficie de agua.

La subcuenca adoptada es de régimen exclusivamente pluvial, por lo tanto, las precipitaciones conforman un factor de gran importancia, ya que representan la oferta hídrica.

En respuesta a las precipitaciones, los caudales estimados en la sección, Arroyo Achala-toma, indican mínimos medios mensuales de 11 l/seg en los meses de setiembre y noviembre (Figura 4), habiéndose estimado valores *mínimos extremos*, en ese período, de hasta 4 l/seg.

Si bien, el período de estiaje no coincide con el de mayores demandas en el Parque (Enero-Marzo), se adopta como período crítico agosto-noviembre, donde se detectan los caudales mínimos y un marcado incremento de visitas.

En las campañas del 30 de noviembre de 2011 y del 13 de febrero de 2012 se midieron caudales en la sección de cierre de la cuenca mediante el método de aforo químico, de 38 l/seg y 43.7 l/seg respectivamente. Estos, quedan comprendidos entre el valor mínimo y medio estimados para esos meses, corroborando el orden de magnitud de los resultados obtenidos en gabinete.

En cuanto a la estimación de la demanda, los métodos utilizados para proyectar la población turística dieron como resultado dos hipótesis para la cantidad de visitantes/año: Estos indicarían que en un horizonte de 20 años la demanda podría ser del orden de 46000 visitantes al año (H1) y considerando el crecimiento lineal sostenido en los últimos 3 años, el número de visitantes podría ascender a 67000 visit/año (H2).

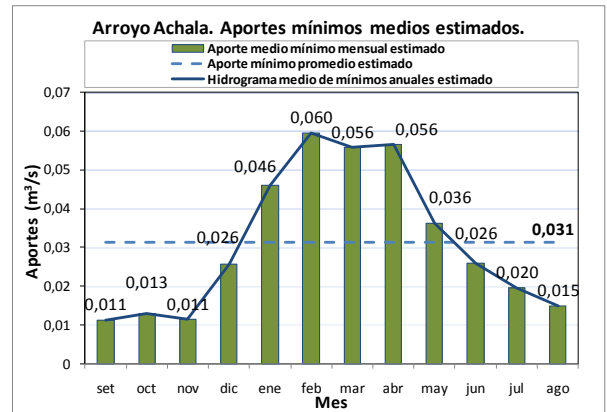


Figura 4. Caudales mínimos medios estimados. A° Achala-toma

En base a estas hipótesis y suponiendo que el ingreso de visitantes se concentra solamente los fines de semana, con el fin de maximizar la demanda, se consideró el gasto máximo por día en el mes de enero (dotaciones) y se calcularon los caudales de diseño, dando como resultado 52.2 m³/día (0.6 l/seg) para H1 (Tabla1) y 73.2 m³/día (0.8 l/seg) para H2. Lo que representa solo el 15 y 20% respectivamente, de los caudales *mínimos extremos estimados* en el cierre de la subcuenca.

Tabla 1. Caudal de diseño para H1

	dot (L/pers/día)	Nº visitantes	l/día
<b>Centro visitantes</b>	26	777	20190
<b>Confitería</b>	35	200	7000
<b>Sanitario personal</b>	200	5	1000
<b>Acampe + Albergue</b>	200	120	24000
		<b>Total</b>	<b>52190</b>

Esta demanda de agua, según experiencias de campo y datos recabados con los guardaparques habitantes del lugar, no podría ser cubierta, en los meses críticos, por los arroyos desde donde actualmente se realiza la toma de agua.

Con respecto a la calidad del agua de la fuente, los resultados de los análisis llevados a cabo en el Laboratorio de Limnología y Calidad de Agua del INA-CIRSA, arrojaron valores para los parámetros microbiológicos básicos de: coliformes totales del orden de 46 NMP/100mL coliformes termotolerantes y escherichia coli del orden de 17NMP/mL.

Siendo los límite tolerables para bebida:  
Coliformes totales < o (cero) en 100 ml  
Coliformes termotolerantes < o (cero) en 100 ml

Esto indicaría restricciones para su bebida sin previo tratamiento o la consideración de algún tratamiento del agua para consumo humano, como por ejemplo la cloración.

Los estudios geológicos de campo pusieron en evidencia la característica superficial de los suelos de la pampa de Achala, que en algunos sectores no supera los 15 cm sobre el manto de roca. Esta particularidad impactará fuertemente en el costo, tanto económico como ambiental de la obra, impidiendo obtener la tapada mínima para la cañería de conducción con técnicas tradicionales.

A esto, se suma la escasa pendiente de la pampa, que condiciona la elección del sistema de conducción: para lograr una alternativa por gravedad se requiere llegar a la cuenca alta, con el consecuente incremento de longitud de la cañería.

En cuanto a las rocas que componen el sistema estudiado, constituyen los materiales de más baja permeabilidad. La masividad del material, la débil y discontinua capa de suelos residuales que soportan y los elevados porcentajes de roca desnuda, determinan escurrimiento excesivo. Los procesos de gravedad y remoción en masa están muy restringidos, lo que favorecerá la construcción y estabilidad del muro de cierre.

Con respecto a los aspectos político-económicos ligados a la génesis del sitio y del comitente, se deberá tener especial atención en el impacto sobre el ambiente, las visuales, protección de la flora, entre otros cuidados, como el movimiento de tierra, materiales y maquinaria a utilizar, no pudiendo realizar modificaciones sustanciales en el Parque para asegurar la protección del hábitat de las especies animales y vegetales.

La protección de las cabeceras de cuenca se garantiza con los caudales de diseño calculados que quedan comprendidos entre un 15-20% de los caudales *mínimos extremos* estimados y por lo tanto, muy por debajo del 10% de los caudales medios históricos que definen el caudal ecológico.

La diferencia sustancial en el costo de una alternativa u otra queda, casi exclusivamente, en función de la longitud de la cañería de conducción, cuyo valor se ve incrementado por la protección anti-heladas.

Por último, el análisis de todos los limitantes permitió delinear seis posibles variantes para el sistema de abastecimiento según tres alternativas de conducción. (Tabla 2)

**Tabla 2. Alternativas y Variantes.**

	A1	A2	A3
V1	Captación superficial/subsuperficial y conducción a presión (bombeo). Única obra de captación sobre A° Achala; conducción principal a Cisterna elevada N°1(centro de visitantes) y derivación a Cisterna N° 2 (sector camping).	Captaciones superficiales/subsuperficiales, conducción por gravedad. Única obra de captación principal sobre cuenca alta del A° Achala; una conducción principal por gravedad hasta Cisterna N° 1(centro de visitantes), y derivación a Cisterna N° 2(sector camping).	Mixta, captaciones superficiales/subsuperficiales, conducción por bombeo y por gravedad. Obra de captación principal en A° Achala (cuenca media), conducción por bombeo hasta cisterna en playón del centro de visitantes. Derivación por gravedad a Cisterna 2 (sector camping).
V2	Captación superficial/subsuperficial y conducción a presión (bombeo). Única obra de captación sobre A° Achala; una conducción principal inicial y dos derivaciones a presión, una hacia Cisterna N° 1 (centro de visitantes) y una hacia Cisterna elevada N° 2 (sector camping).	Captaciones superficiales/subsuperficiales, conducción por gravedad. Una obra de captación principal sobre cuenca alta de A° Achala, y conducción por gravedad hacia Cisterna N° 1. Captaciones secundarias en UEH N° 1y2, y en UEH N° 4, con conducciones por gravedad hacia Cisterna N° 1. Derivación hacia Cisterna N° 2 (sector camping).	Mixta (captaciones superficiales/subsuperficiales), conducción por bombeo y por gravedad. Obra de captación principal en A° Achala (cuenca media), conducción por bombeo (Bomba de ariete) hasta cisterna en playón del centro de visitantes. Derivación por gravedad a Cisterna 2 (sector camping).

Del análisis de los resultados esperados y las estrategias planteadas (Tabla 3), surge que, la mejor opción para el diseño del sistema de abastecimiento y distribución de agua en el Parque, es la variante A1V1.

A tal fin, se diseña una obra de toma, bombeo, conducción y almacenamiento de agua (Figura 5). El sistema se inicia a partir de la captación desde el arroyo Achala. Posteriormente se conduce el líquido a una cámara de bombeo donde es succionado por una bomba que lo impulsa a través de un acueducto de POLIETILENO PN6, para arribar a los tanques de almacenamiento ubicados en el predio del “Centro de Visitantes”. A partir de aquí, se distribuye al mismo centro de

visitantes, futura confitería y por gravedad, a los tanques cisterna ubicados en el predio “Cañada del Hospital”.

La obra de Toma (Figura 6) consistirá en un sistema de captación desde el subálveo del arroyo Achala, mediante un conjunto de cañerías filtrantes de A°G° Φ 200 mm interconectadas con una cañería colectora de A°G° Φ 200 mm. La misma, estará recubierta por dren de material seleccionado, conformando dos capas de granulometría decreciente para proporcionar un incremento de la permeabilidad y asegurar la estabilidad del filtro.

**Tabla 3. Alternativas y Variantes: estrategias y resultados esperados.**

		A1-V1	A1-V2	A2-V1	A2-V2	A3-V1	A3-V2
<b>Resultados esperados</b>	Mayor disponibilidad y captación de agua	>>>	>>>	>	>>>	>>>	>>
	Mayor período de disponibilidad de fuente	>>>	>>>	>>	>>>	>>>	>>>
	Mayor eficiencia de captación	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>
<b>Estrategias</b>	Satisfacción de demanda actual y futura (perfil a 20 años)	>>>	>>>	>>	>>>	>>>	>>>
	Mayor calidad de fuente	>>	>>	>>>	>>	>>	>>
	Fuente cercana a las áreas de distribución	>>>	>>>	>	>>	>>>	>>>
	Obra de toma única y suficiente	>>>	>>>	>>>	>	>>>	>>
	Mínimo impacto ambiental constructivo	>	>	>	>	>	>
	Mínimo impacto ambiental de obra	>	>	>	>	>	>>
	Mínimo impacto visual de la obra	>	>	>>	>	>	>
	Infraestructura y costos reducidos	>	>	>	>	>>	>
	Menor costo de operación y mantenimiento	>	>	>>>	>>>	>	>>
<b>Total</b>		<b>25</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

A continuación, se colocarán colchonetas de gaviones como protección en caso de crecidas y piedras de distintos tamaños dada la abundancia del material en el lugar. Para mantener el tirante líquido se ejecutará un muro de cierre de H°A° con revestimiento de piedra, imitando la fisonomía del paisaje. Los caudales recogidos por este sistema de captación, serán colectados en una cámara de bombeo de inicio del acueducto, provista de dos bombas eléctricas gemelas autocebantes, en ella se dispondrán de un par de compuertas para producir el cierre o la puesta en servicio de la conducción. Se proveerá de energía a estas, mediante generadores solares ubicados actualmente en el área “Centro de Visitantes”.

La cañería de impulsión comenzará a partir de la bomba y finalizará en la cisterna ubicada en sector 1, tendrá una extensión de 520 m, será de Polietileno PN6  $\Phi$  3, contará con dos (2) válvulas de aire de triple efecto para la salida de aire durante el llenado, la eliminación de burbujas mientras está en funcionamiento y el ingreso de aire durante el vaciado de la cañería.



Figura 5. Planimetría general de las obras.

La cañería por gravedad comenzará en esta cisterna y finalizará en el tanque ubicado en la zona “Cañada del Hospital”, tendrá una extensión de 1330 m y será de Polietileno PN6  $\Phi$  2. Además se dispondrán dos (2) cámaras para desagüe y limpieza de la conducción, ubicadas éstas, en los puntos más bajos de la traza.

La cisterna cumplirá la función de reserva de agua, donde además puede preverse un sistema de cloración por goteo, para realizar la desinfección del líquido. El volumen total de esta será de 10000 lts y se construirá de H°A°, recubierto con piedra, contigua al sistema de almacenamiento existente. (Figura 7)

El tendido de la cañería se realizará en su mayor parte por el borde de la calle principal, de tierra, del parque. Teniendo en cuenta que no se podrá respetar una tapada mínima de 1,00 m, debido a la escasa cobertura de suelo y a la prohibición de realizar voladuras en el Parque, se dispondrán las cañerías dentro de pircas construidas con material rocoso del lugar. Estas cañerías deberán estar recubiertas de cobertor de poliuretano o poliestereno expandido para evitar congelamientos.

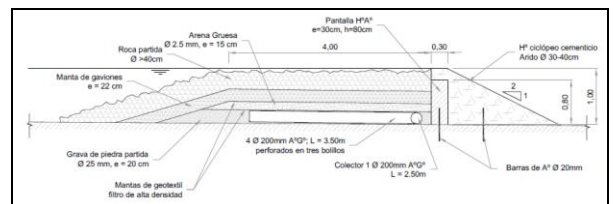


Figura 6. Corte longitudinal. Obra de toma.

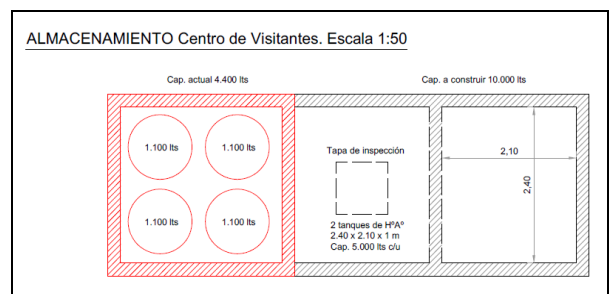


Figura 7. Planta. Tanque almacenamiento. Centro de Visitantes

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el análisis de los factores limitantes imperantes en el PNQC, la alternativa de conducción mixta (bombeo y gravedad) resultó la más apropiada para el diseño del sistema de

abastecimiento y distribución de agua en el Parque.

Si bien, la presencia de fuertes heladas es un condicionante importante, la elección del Arroyo Achala para la ubicación de la toma garantizará el caudal suficiente para que no se produzca el congelamiento de la fuente de agua.

El congelamiento de cañerías será aminorado con la construcción de pircas de protección y el aislamiento de las mismas mediante cobertores, debiéndose adoptar ciertas precauciones en la operación y mantenimiento de las mismas.

Las prácticas tradicionales de construcción para proporcionar la tapada mínima no son aplicables debido a la escasa cobertura de suelo y a la prohibición de realizar voladuras en el Parque, esta limitación fue de fundamental importancia para la elección de la alternativa de menor costo económico e inclusive ambiental.

Los caudales de diseño calculados para el período crítico que ocasiona el desfase temporal entre la oferta (recarga de arroyos) y la demanda de agua (afluencia de visitantes), son ampliamente cubiertos por los caudales mínimos estimados en el punto de toma.

La alternativa seleccionada, plantea menor longitud de cañerías que otras opciones evaluadas. El sistema de bombeo, si bien representa ciertas desventajas como la incorporación de ruidos, la construcción de cámara de bombeo y el consumo energía, constituye la única alternativa posible debido a la escasa pendiente natural de la zona.

Se opta por el sistema mixto, ya que reducirá los costos económicos y ambientales que ocasionaría un sistema único de bombeo para abastecer los dos sectores.

Se recomienda al comitente realizar estudios pertinentes para el diseño de un sistema de tratamiento y depuración de los residuos cloacales que no comprometa la calidad del agua en el punto de toma.

Por último, se sugiere establecer campañas de aforos futuras que mejoren el conocimiento de la oferta hídrica del sector en condiciones extremas, como así también la instalación de limnómetro en el punto de abastecimiento.

En cuanto a la calidad del agua, se recomienda el tratamiento para consumo mediante técnicas de cloración antes de su distribución.

Además, se sugiere realizar monitoreos mensuales de la calidad de la fuente de agua e incrementar su periodicidad según la demanda del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Ambrosio M., Serra J., (2011). Método de Aforo Químico Aplicado a Mediciones Expeditivas en Pequeños Cursos de Agua, Cuadernos de Ingeniería Civil Hidráulica, Vol 1, N°1. Editorial CD-DICH. ISSN 1853-8479. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, pp. 149-159.

Caamaño Nelli, G., Dasso, C., Da Porta, A., Colladon, L. (1991) Procesamiento de series hidrometeorológicas de la cuenca del río de La Suela. Informe Técnico INA-CIRSA, Villa Carlos Paz.

Caamaño Nelli, G., Dasso C. (2003). Lluvias de Diseño: Conceptos, Técnicas y Experiencias. Córdoba, Argentina. Editorial Universitas. ISBN: 987-9406-43-5.

Di.P.A.S. (1994) Res 608/93. Normas Provinciales de Calidad y Control de Agua para Bebida, Córdoba. Argentina.

Parque Nacional Quebrada del Condorito, Ubicación y principales actividades. (2006). Información General. PNQC. Dirección de Interpretación y Extensión Ambiental. APN.

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Base de Datos Hidrológica Integrada. [http://www.hidricosargentina.gov.ar/acceso\\_bd.php](http://www.hidricosargentina.gov.ar/acceso_bd.php).

