

## **Análisis de factibilidad del suministro de agua en Cerro Azul, O. V. Andrade y Cerro Corá**

José A. Benitez<sup>a\*</sup>, Juan E. Gembarowski<sup>a</sup>, Cesar F. Morales<sup>a</sup>, Cristian A. Procopio<sup>a</sup>, Oscar E. Perrone<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*  
e-mails: benitezabcd@gmail.com, juanegembarowski@gmail.ar, iberaingenieria22@gmail.ar, cristian07@fio.unam.edu.ar

---

### **Resumen**

El tema abordado en este proyecto fue la problemática del suministro insuficiente de agua potable en las localidades de Cerro Azul, O. V. Andrade y Cerro Corá, debido a la limitada capacidad de sus fuentes de agua durante las épocas de sequía. Cerro Azul a pesar de contar con dos fuentes, el arroyo Mártires Chico y una perforación al Acuífero, las fuertes sequías desde 2020 dejaron al arroyo seco en verano, obligando a depender únicamente de la perforación que no podía satisfacer la demanda máxima. Esto afectó el suministro a las viviendas ubicadas a la misma altura que la planta. Intentos de buscar agua en otros arroyos cercanos con camiones hidrantes no fueron exitosos. Por ello, se propuso evaluar la posibilidad de llevar agua de arroyos cercanos que no presentaran los mismos inconvenientes. Para ello, se planteó realizar un estudio de viabilidad considerando aspectos legales, técnicos, económicos y ambientales. El objetivo fue encontrar una solución sostenible y efectiva que asegurara el abastecimiento adecuado de agua potable a estas comunidades durante todo el año, especialmente en las épocas de sequía en verano.

### **Palabras Clave**

*Abastecimiento de agua-Escasez de agua-Agua potable-Fuentes de agua-Sequía-Perforación de acuífero.*

### **1 Introducción**

Este proyecto surge a raíz de la problemática que enfrenta la localidad de Cerro Azul debido a la falta de un suministro continuo de agua potable durante las épocas de verano, causada por la limitada capacidad de la instalación actual. La infraestructura cuenta con dos fuentes de agua: una es el arroyo Mártires Chico, que ha estado en funcionamiento durante 28 años, y la otra es una perforación al Acuífero que comenzó a operar en 2007. Sin embargo, debido a las fuertes sequías experimentadas desde 2020, el arroyo Mártires Chico se seca en verano, lo que obliga a la localidad a depender únicamente de la perforación al Acuífero para obtener agua potable. Desafortunadamente, esta perforación, con una capacidad de suministro de  $768 \left[ \frac{m^3}{día} \right]$ , no puede satisfacer la demanda máxima de  $1000 \left[ \frac{m^3}{día} \right]$ . Como resultado, el tanque que suministra agua por gravedad a todos los usuarios no se llena por completo, afectando a las casas ubicadas a la misma altura geodésica que la planta, lo que impide el acceso al agua para esas viviendas.

Ante la necesidad de abastecer la demanda no cubierta, la municipalidad del pueblo intenta utilizar camiones hidrantes y cuenta con la colaboración del cuerpo de Bomberos Voluntarios para buscar agua del Arroyo Liso, ubicado a 12 [km], pero sin éxito. Además de todo esto, otras localidades

vecinas de Cerro Azul, como Cerro Corá y O. V. Andrade, hoy en día solo cuentan con pozos perforados, cuyas bombas, si dejan de funcionar, presentan un inconveniente que deben resolver las municipalidades correspondientes de la misma manera que la de Cerro Azul, carreando agua mediante camiones hidrantes, provocando un descontento en la sociedad. Como solución a esta problemática, se propone evaluar la posibilidad de llevar agua de uno de los arroyos más cercanos a las localidades y que no presente el mismo inconveniente que el Arroyo Mártires Chico. Entre los arroyos más cercanos se encuentran el A. Tacuaruzú (a 8 [km] de Cerro Azul), A. Liso (12 [km]) y A. Garupá (20 [km]). Para implementar esta idea, es esencial realizar un estudio de viabilidad que considere aspectos legales, técnicos, económicos y ambientales. De esta manera, se busca encontrar una solución sostenible y efectiva que garantice el suministro adecuado de agua potable a las comunidades de Cerro Azul, O. V. Andrade y Cerro Corá, durante todo el año, especialmente en las épocas de sequía en verano.

## **1 Estudio Legal**

### **1.1 Constitución Nacional**

En la constitución Nacional Argentina, el documento legal supremo, donde se define la estructura del Estado, los derechos y obligaciones de los ciudadanos y las relaciones entre los poderes públicos, se habla sobre la necesidad de que todo habitante del territorio argentino debe contar con el acceso al agua.

**ARTÍCULO 41:** Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley. Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales. Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actuales o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

**ARTÍCULO 42:** Los consumidores y usuarios de bienes y servicios tienen derecho, en la relación de consumo, a la protección de su salud, seguridad e intereses económicos; a una información adecuada y veraz; a la libertad de elección, y a condiciones de trato equitativo y digno. Las autoridades proveerán a la protección de esos derechos, a la educación para el consumo, a la defensa de la competencia contra toda forma de distorsión de los mercados, al control de los monopolios naturales y legales, al de la calidad y eficiencia de los servicios públicos, y a la constitución de asociaciones de consumidores y de usuarios. La legislación establecerá procedimientos eficaces para la prevención y solución de conflictos, y los marcos regulatorios de los servicios públicos de

competencia nacional, previendo la necesaria participación de las asociaciones de consumidores y usuarios y de las provincias interesadas, en los organismos de control.

#### 1.2 Ámbito Nacional

### LEY N°25.688 - “RÉGIMEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE AGUAS”

La presente ley tiene por objeto fijar las políticas y establecer los lineamientos generales para la gestión integral de los recursos hídricos en el país.

La misma dispone en el artículo 6 que, para la toma de agua en un río, es necesario contar con el permiso o la autorización de las autoridades ambientales provinciales, las cuales decretan el caudal máximo a extraer, la mitigación ambiental, monitoreo de la calidad de agua, entre otros.

ARTÍCULO 1° — Esta ley establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional.

ARTÍCULO 2° — A los efectos de la presente ley se entenderá:

Por agua, aquella que forma parte del conjunto de los cursos y cuerpos de aguas naturales o artificiales, superficiales y subterráneas, así como a las contenidas en los acuíferos, ríos subterráneos y las atmosféricas.

Por cuenca hídrica superficial, a la región geográfica delimitada por las divisorias de aguas que discurren hacia el mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único y las endorreicas.

ARTÍCULO 5° — Se entiende por utilización de las aguas a los efectos de esta ley:

- a) La toma y desviación de aguas superficiales;
- b) El estancamiento, modificación en el flujo o la profundización de las aguas superficiales;
- c) La toma de sustancias sólidas o en disolución de aguas superficiales, siempre que tal acción afecte el estado o calidad de las aguas o su escurrimiento;
- d) La colocación, introducción o vertido de sustancias en aguas superficiales, siempre que tal acción afecte el estado o calidad de las aguas o su escurrimiento;
- e) La colocación e introducción de sustancias en aguas costeras, siempre que tales sustancias sean colocadas o introducidas desde tierra firme, o hayan sido transportadas a aguas costeras para ser depositadas en ellas, o instalaciones que en las aguas costeras hayan sido erigidas o amarradas en forma permanente;
- f) La colocación e introducción de sustancias en aguas subterráneas;
- g) La toma de aguas subterráneas, su elevación y conducción sobre tierra, así como su desviación;
- h) El estancamiento, la profundización y la desviación de aguas subterráneas, mediante instalaciones destinadas a tales acciones o que se presten para ellas;

- i) Las acciones aptas para provocar permanentemente o en una medida significativa, alteraciones de las propiedades físicas, químicas o biológicas del agua;
- j) Modificar artificialmente la fase atmosférica del ciclo hidrológico.

ARTÍCULO 6° — Para utilizar las aguas objeto de esta ley, se deberá contar con el permiso de la autoridad competente. En el caso de las cuencas interjurisdiccionales, cuando el impacto ambiental sobre alguna de las otras jurisdicciones sea significativo, será vinculante la aprobación de dicha utilización por el Comité de Cuenca correspondiente, el que estará facultado para este acto por las distintas jurisdicciones que lo componen.

ARTÍCULO 7° — La autoridad nacional de aplicación deberá:

- a) Determinar los límites máximos de contaminación aceptables para las aguas de acuerdo a los distintos usos;
- b) Definir las directrices para la recarga y protección de los acuíferos;
- c) Fijar los parámetros y estándares ambientales de calidad de las aguas;
- d) Elaborar y actualizar el Plan Nacional para la preservación, aprovechamiento y uso racional de las aguas, que deberá, como sus actualizaciones ser aprobado por ley del Congreso de la Nación.

Dicho plan contendrá como mínimo las medidas necesarias para la coordinación de las acciones de las diferentes cuencas hídricas.

ARTÍCULO 8° — La autoridad nacional podrá, a pedido de la autoridad jurisdiccional competente, declarar zona crítica de protección especial a determinadas cuencas, acuíferas, áreas o masas de agua por sus características naturales o de interés ambiental.

### *1.3 Ámbito Provincial*

#### LEY IV – N° 59 - “DERECHO AL AGUA POTABLE”

ARTÍCULO 1° — Adhiérase la Provincia de Misiones a la Resolución A/RES/64/292 de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas de fecha 28 de julio de 2010, que reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos, la cual forma parte de la presente como Anexo Único.

ARTÍCULO 2° — El Poder Ejecutivo debe re adecuar las partidas presupuestarias necesarias para cumplir con los objetivos de la presente Ley.

#### LEY XVI – N° 15 (Antes Decreto Ley 1838/83) - “REGULACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS”

## DISPOSICIONES GENERALES DE LAS CONCESIONES:

ARTÍCULO 5° — En los planes en que las aguas sean necesarias como factor de desarrollo, la Autoridad de Aplicación, en coordinación con los demás organismos públicos, señala los sectores prioritarios y las obras necesarias. Los proyectos de uso múltiple, técnica, económica y socialmente justificados tienen prioridad sobre los de uso singular.

ARTÍCULO 9° — La Autoridad de Aplicación puede otorgar a entidades estatales o convenir con entes privados el derecho de estudiar, proyectar, construir y explotar obras hidráulicas, suministro de aguas o prestar un servicio de interés general.

ARTÍCULO 10° — Todas las cuestiones relacionadas a derechos y obligaciones emergentes de concesiones o permisos otorgados, administración, distribución, defensa contra efectos nocivos de las aguas, imposición, restricción al dominio y expropiaciones que no son deferidas o competencias de los tribunales ordinarios, son resueltas por las Autoridades de Aplicación.

## DEL USO DEL AGUA

ARTÍCULO 17° — Toda persona tiene derecho al uso común de las aguas públicas sin necesidad de permiso ni concesión de la Autoridad de Aplicación, siempre que tenga libre acceso a ellas, no excluya a otro de ejercer el mismo derecho y se ajuste a las reglamentaciones en vigor.

ARTÍCULO 18° — Los usos comunes que esta Ley autoriza son: 1) bebida, higiene humana, uso doméstico y riego de huerta familiar, sin contaminar las aguas, deteriorar álveos, márgenes u obras hidráulicas, hasta un consumo máximo de quinientos (500) litros por habitante por día; 2) abreviar o bañar ganado en tránsito; 3) navegación no lucrativa, uso recreativo y pesca deportiva, en los lugares que a tal efecto habilita o autoriza habilitar la autoridad competente.

ARTÍCULO 33° — Se establecen las prioridades de uso del agua siguiente:

- doméstico y abastecimiento de poblaciones.;
- municipal;
- medicinal;
- energético;
- industrial;
- agrícola;
- pecuario;

- recreativo;
- minero;
- navegación y flotación;
- piscícola;

ARTÍCULO 38° — La concesión confiere solamente el derecho al uso acordado en el título, en las condiciones y con las limitaciones expresadas en esta Ley. Las concesiones de uso de agua, no acuerdan derecho alguno sobre la fuente de la que proviene.

La Autoridad, por razones de oportunidad o conveniencia, puede sustituir el punto de toma de agua, fuente, curso o depósito con el que se atiende la concesión. El costo de sustitución corre por cuenta del concedente y el de operación a cargo del concesionario.

ARTÍCULO 41° — En todos los casos debe permitirse la circulación en el curso de agua de al menos el 30% del caudal módulo o caudal afluente, el hecho que sea menor y las oscilaciones de caudal provocada en un período de tiempo de 20 hs deben mantenerse dentro del rango de 5 veces el caudal mínimo del período considerado.

#### DERECHO Y OBLIGACIONES DE LOS CONCESIONARIOS:

ARTÍCULO 51° — Solicitar la expropiación de los terrenos necesarios para el ejercicio de la concesión cuando razones de utilidad pública así lo requieran. Solicitar la imposición de de las servidumbres y restricciones administrativas necesarias para el ejercicio pleno del derecho concedido, y la construcción o autorización para construir las obras necesarias para el ejercicio de la concesión.

ARTÍCULO 54° — Las concesiones pueden ser restringidas en su uso o suspendidas en caso de escasez o falta de caudal, ó para abastecer a concesiones que la preceden mencionadas en el Artículo 33. En caso de desabastecimiento para abastecer concesiones prioritarias, el Estado indemnizará solamente el daño emergente que se cause al concesionario.

ARTÍCULO 60° — La anulación del abastecimiento puede darse en los siguientes casos:

Cuando medían razones de oportunidad o conveniencia, cuando el agua es necesaria según el orden de prioridades establecido en el Artículo 33, cuando la concesión haya sido otorgada en violación de las disposiciones de ésta Ley, o haya sido otorgada en fraude a ésta Ley. Ésto es dispuesto por el Poder Ejecutivo y se indemnizará el daño emergente.

## USO DOMÉSTICO Y ABASTECIMIENTO DE POBLACIONES:

ARTÍCULO 65° — La Autoridad de Aplicación o el concesionario pueden obligar a los propietarios de inmuebles ubicados en las áreas a servir, al pago por el servicio puesto a su disposición y soportar gratuitamente servidumbres con el objeto de abastecer agua a otros usuarios.

## USO MUNICIPAL:

ARTÍCULO 68° — Se entiende por uso municipal al riego de calles, de arboledas, y paseos públicos, limpieza de arterias, extinción de incendios, abastecimiento de agua potable y sistema de aguas cloacales.

ARTÍCULO 70° — El agua no puede ser tomada de la red de agua potable, salvo en casos de incendios y abastecimiento a áreas poblacionales donde no llegue la misma red de abastecimiento.

## OBRAS HIDRÁULICAS:

ARTÍCULO 97° — A los efectos de esta Ley se denomina obra hidráulica a toda construcción, excavación o plantación que implique alterar las condiciones naturales de la superficie, subsuelo, flujo o estado natural de las aguas y tenga por objeto la captación, derivación, alumbramiento, conservación, descontaminación o utilización del agua o defensa contra sus efectos nocivos.

ARTÍCULO 98° — El Estado Provincial dispone la realización de las obras hidráulicas necesarias para la prestación de los servicios públicos para utilidad común, para la preservación y mejora del recurso hídrico, para defensa contra sus efectos nocivos y para el fomento y desarrollo económico y social, de acuerdo a los planes que se aprueban.

ARTÍCULO 100° — Para la construcción o modificación de toda obra hidráulica privada requiere, salvo caso de emergencia, la aprobación de la Autoridad de Aplicación, sin perjuicio de la intervención que le compete a otros organismos. A tal efecto los interesados presentan los planos, memorias descriptivas y demás requisitos que fija la reglamentación.

## LIMITACIONES A LA PROPIEDAD PRIVADA:

ARTÍCULO 106° — Cuando una nueva vía pública atraviese un curso o depósito de agua existente, debe construirse un puente con las características que indica la Autoridad de Aplicación y la encargada del proyecto y construcción de la vía pública. Los gastos de construcción y

mantenimiento del puente y obras accesorias, están a cargo de la autoridad encargada de la administración, uso y conservación de la vía pública.

ARTÍCULO 111° — Se declaran de utilidad pública las obras, trabajos muebles, inmuebles y vías de comunicación necesarias para el mejor uso de las aguas, defensa contra efectos nocivos, construcción de obras y zonas accesorias, debiendo la Autoridad expropiante en cada caso analizar los bienes a expropiar.

ARTÍCULO 112° — Los procedimientos de la expropiación se rigen por la Ley respectiva de la Provincia LEY IV – N.° 14 (Antes Decreto Ley 1105/79).

## **2 Estudio Técnico**

Para este apartado, se siguen las pautas sugeridas por el Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (E.N.O.H.S.), que se encuentra disponible en internet.

Este tipo de obras, según E.N.O.H.S., tiene un periodo de diseño de veinte años, por lo tanto, partiendo de esto, se hace un estudio del crecimiento anual de la población en cada uno de los pueblos.

Se comienza primero por el pueblo de Cerro Azul, tomando como referencia para los cálculos, los últimos dos censos cuya información se dispone fácilmente en la página del INDEC. De esta última se obtiene que la población crece un 1,5% por año. Luego según la carta orgánica de la localidad de Leandro N. Alem, se sabe que cada habitante utiliza en promedio, 160 litros al día. Además, el E.N.O.H.S., menciona que se debe considerar en estos cálculos el porcentaje de personas que cuentan con agua potable a través de por ejemplo pozos perforados, por lo que no dependen de la red de agua potable, para considerar esto, se toma que este porcentaje de población servida con agua potable es de un 70% y que a medida que avanza el tiempo, va aumentando hasta 91% en el 2044. Con estos valores se determina el caudal por día que consumiría la población para el 2044, que se muestra en la Tabla 1.

Localidad: Cerro Azul																							
Provincia de Misiones																							
Años proyectados:		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Parametros básicos de diseño	Unidades	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Población total:	[hab]	5888	5976	6066	6157	6249	6343	6438	6535	6633	6732	6833	6936	7040	7145	7253	7361	7472	7584	7698	7813	7930	8049
% Población servida con agua potable:	[%]	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
Población servida con agua potable:	[hab]	4122	4243	4367	4495	4624	4757	4893	5032	5174	5319	5467	5618	5773	5931	6092	6257	6426	6598	6774	6954	7137	7325
Dotación de producción:	[L/hab*d]	160	160	158	157	155	154	152	151	149	148	146	145	143	142	140	139	138	136	135	134	132	131
Qo=Caudal medio diario	[m³3/día]	659	679	699	719	740	761	783	805	828	851	875	899	924	949	975	1001	1028	1056	1084	1113	1142	1172
Datos de Referencia:																							
Dens. pob. Cerro Azul [hab/km²]		23																					
Superficie de Cerro Azul [km²]		256																					
Cantidad de habitantes:		5888																					
% Crec. pob. Censo 2010/2001		-																					
Cantidad de años entre Censos:		-																					
Incremento poblacional/año [%]:		1.5																					
Agua nec. por Habitante [Litros/hab*d]		160																					
% Reducción por Concientización		1																					
Q_disp [m³3/día]		2200																					
Q_tot [m³3/día] 2040:		1687																					

Tabla 1 Tabla de cálculo de la demanda de agua de Cerro Azul.

El mismo procedimiento se realiza para los otros dos pueblos como se muestra en la Tabla 1y la Tabla 2.

Localidad: Cerro Cora																							
Provincia de Misiones																							
Años proyectados:		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Parametros básicos de diseño	Unidades	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Población total:	[hab]	1400	1414	1428	1442	1457	1471	1486	1501	1516	1531	1546	1562	1578	1593	1609	1625	1642	1658	1675	1691	1708	1725
% Población servida con agua potable:	[%]	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
Población servida con agua potable:	[hab]	980	1004	1028	1053	1078	1104	1129	1156	1182	1210	1237	1265	1294	1322	1352	1382	1412	1442	1474	1505	1537	1570
Dotación de producción:	[L/hab*d]	160	160	158	157	155	154	152	151	149	148	146	145	143	142	140	139	138	136	135	134	132	131
Qo=Caudal medio diario	[m³3/día]	157	161	165	168	172	177	181	185	189	194	198	202	207	212	216	221	226	231	236	241	246	251
Datos de Referencia:																							
Dens. pob. Cerro Cora [hab/km²]		8.8																					
Superficie de Cerro Cora [km²]		151																					
Cantidad de habitantes:		1400																					
% Crec. pob. Censo 2010/2022		-																					
Cantidad de años entre Censos:		-																					
Incremento poblacional/año [%]:		1																					
Agua nec. por Habitante [Litros/hab*d]		160																					
% Reducción por Concientización		3																					

Tabla 2 Tabla de cálculo de la demanda de agua de Cerro Corá

Localidad: O.V Andrade																							
Provincia de Misiones																							
Años proyectados:		-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Parametros básicos de diseño	Unidades	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Población total:	[hab]	1469	1484	1499	1514	1529	1544	1559	1575	1591	1607	1623	1639	1655	1672	1689	1705	1723	1740	1757	1775	1792	1810
% Población servida con agua potable:	[%]	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
Población servida con agua potable:	[hab]	1028	1053	1079	1105	1131	1158	1185	1213	1241	1269	1298	1328	1357	1388	1418	1450	1481	1514	1546	1579	1613	1647
Dotación de producción:	[L/hab*d]	160	160	158	157	155	154	152	151	149	148	146	145	143	142	140	139	138	136	135	134	132	131
Caudal medio diario	[m³3/día]	165	169	173	177	181	185	190	194	199	203	208	212	217	222	227	232	237	242	247	253	258	264
Datos de Referencia:																							
Dens. pob. O.V Andrade [hab/km²]		13																					
Superficie de O.V Andrade [km²]		113																					
Cantidad de habitantes:		1469																					
% Crec. pob. Censo 2010/2022		-																					
Cantidad de años entre Censos:		-																					
Incremento poblacional/año [%]:		1																					
Agua nec. por Habitante [Litros/hab*d]		160																					
% Reducción por Concientización		3																					

Tabla 3 Tabla de cálculo de demanda de agua de O. V. Andrade

En la Fig. 1 se presenta la morfología del terreno entre los tres pueblos, que ayuda a visualizar que tanto Cerro Azul cómo O. V. Andrade, se encuentran por encima de mesetas y Cerro Corá en una

llanura, lo que significa que, para conectar estos pueblos mediante las tuberías de agua, se tendrán diferencia de altura a tener en cuenta. Además, en cercanías de O. V. Andrade se encuentra en la localidad de Bella Vista, que como se verá más adelante, es un lugar estratégico para la instalación, debido a que se encuentra a mayor altura sobre el nivel del mar respecto a los otros pueblos.

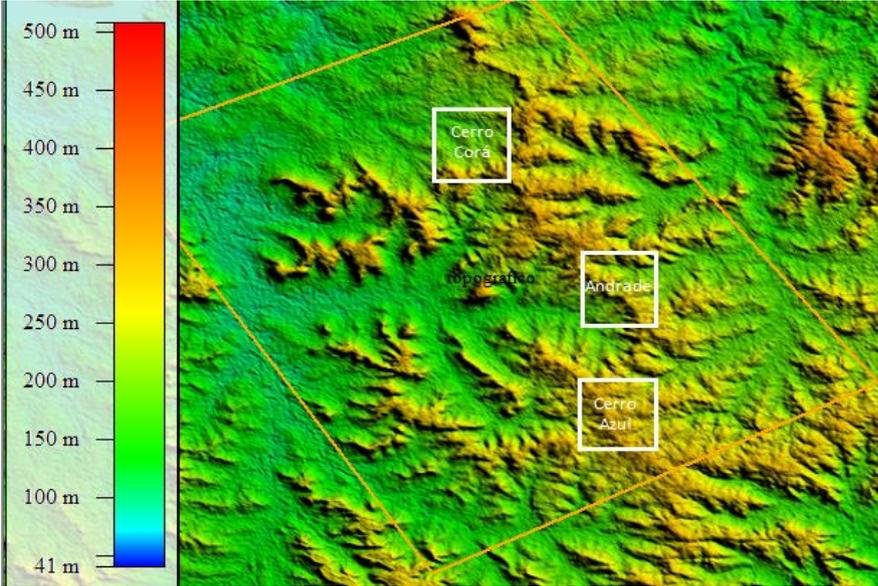


Fig. 1. Morfología del terreno.

2.1 Alternativas Técnicas

Toma de agua del arroyo Garupá:

El trazado de la ruta por donde iría la tubería se puede ver en la Fig. 2. Esta irá en gran parte por la ruta provincial N°3, tendrá una estación de rebombero en Cerro Corá donde se llevará el agua por bombeo hasta Bella Vista y luego como se verá más adelante se puede llevar el agua a los otros dos pueblos por acción de la gravedad.

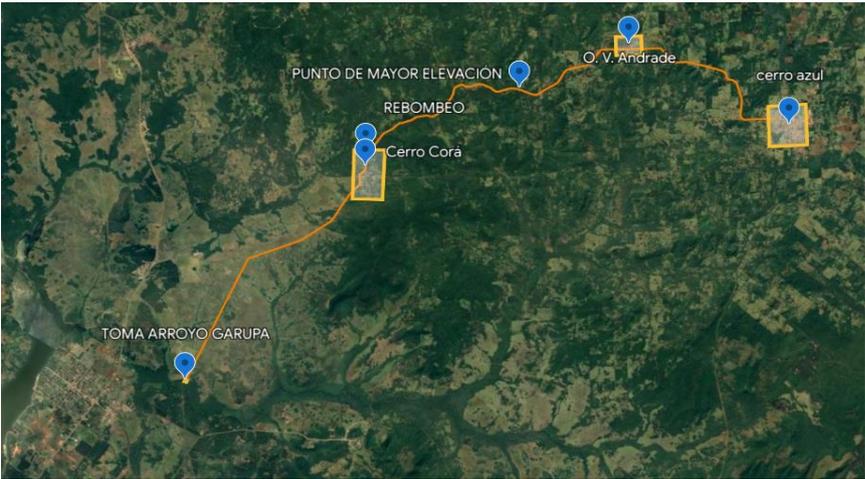


Fig. 2. Ruta de la tubería que conecta al A. Garupá con los tres pueblos

Tanto en la Tabla 4 como en la Tabla 5 se tienen las tablas donde se hicieron los cálculos de potencia de bombeo, donde para el segundo tramo, que es el que va desde Bella Vista hasta Cerro Azul, se tienen potencias de bombeo negativas, que quiere decir que, en este segundo tramo, no es necesario el uso de una bomba para llevarlo hasta los otros dos pueblos.

ARROYO GARUPA (primer tramo)													
Año	Caudal		Vel. Circ.	Díametro de tubería teórico		Distacia Horizontal		Pérdidas de carga				POTENCIA DE BOMBEO	
	[—]	[—]		[—]									
2023	2200	0,025	1	18,2	0,182	20,6	20600	254	85,7	0	0,05	<b>84,88</b>	<b>113,17</b>
2024	2261	0,026	1	18,4	0,184	20,6	20600	254	84,3	0	0,05	<b>86,84</b>	<b>115,79</b>
2025	2323	0,027	1	18,7	0,187	20,6	20600	254	82,9	0	0,05	<b>88,86</b>	<b>118,48</b>
2026	2387	0,028	1	19,0	0,190	20,6	20600	254	81,5	0	0,05	<b>90,92</b>	<b>121,23</b>
2027	2452	0,028	1	19,2	0,192	20,6	20600	254	80,1	0	0,05	<b>93,04</b>	<b>124,06</b>
2028	2520	0,029	1	19,5	0,195	20,6	20600	254	78,8	0	0,05	<b>95,22</b>	<b>126,95</b>
2029	2589	0,030	1	19,7	0,197	20,6	20600	254	77,5	0	0,05	<b>97,44</b>	<b>129,93</b>
2030	2660	0,031	1	20,0	0,200	20,6	20600	254	76,2	0	0,05	<b>99,73</b>	<b>132,97</b>
2031	2733	0,032	1	20,3	0,203	20,6	20600	254	74,9	0	0,05	<b>102,08</b>	<b>136,10</b>
2032	2808	0,033	1	20,6	0,206	20,6	20600	254	73,6	0	0,05	<b>104,48</b>	<b>139,31</b>
2033	2886	0,033	1	20,8	0,208	20,6	20600	254	72,4	0	0,05	<b>106,95</b>	<b>142,60</b>

Tabla 4 Tabla de Potencia de bombeo-año para el primer tramo de tubería

ARROYO GARUPA (segundo tramo)													
Año	Caudal		Vel. Circ.	Díametro de tubería teórico		Distacia Horizontal		Pérdidas de carga				POTENCIA DE BOMBEO	
	[—]	[—]		[—]									
2023	2200	0,025	1	18,2	0,182	13	13000	-60	54,1	0	0,05	<b>-1,46</b>	<b>-1,94</b>
2024	2261	0,026	1	18,4	0,184	13	13000	-60	53,2	0	0,05	<b>-1,73</b>	<b>-2,31</b>
2025	2323	0,027	1	18,7	0,187	13	13000	-60	52,3	0	0,05	<b>-2,02</b>	<b>-2,69</b>
2026	2387	0,028	1	19,0	0,190	13	13000	-60	51,4	0	0,05	<b>-2,31</b>	<b>-3,08</b>
2027	2452	0,028	1	19,2	0,192	13	13000	-60	50,6	0	0,05	<b>-2,61</b>	<b>-3,48</b>
2028	2520	0,029	1	19,5	0,195	13	13000	-60	49,7	0	0,05	<b>-2,93</b>	<b>-3,90</b>
2029	2589	0,030	1	19,7	0,197	13	13000	-60	48,9	0	0,05	<b>-3,25</b>	<b>-4,34</b>
2030	2660	0,031	1	20,0	0,200	13	13000	-60	48,1	0	0,05	<b>-3,59</b>	<b>-4,79</b>
2031	2733	0,032	1	20,3	0,203	13	13000	-60	47,2	0	0,05	<b>-3,94</b>	<b>-5,26</b>
2032	2808	0,033	1	20,6	0,206	13	13000	-60	46,5	0	0,05	<b>-4,30</b>	<b>-5,74</b>
2033	2886	0,033	1	20,8	0,208	13	13000	-60	45,7	0	0,05	<b>-4,68</b>	<b>-6,24</b>

Tabla 5. Tabla de Potencia de bombeo- año para el segundo tramo de tubería

Toma de agua del arroyo Liso:

En la Fig. 3 se puede ver el camino trazado por donde iría la tubería para llevar el agua del Arroyo Liso hasta el pueblo de Cerro Azul. La propuesta es llevar la tubería por el costado de la ruta nacional N°14.

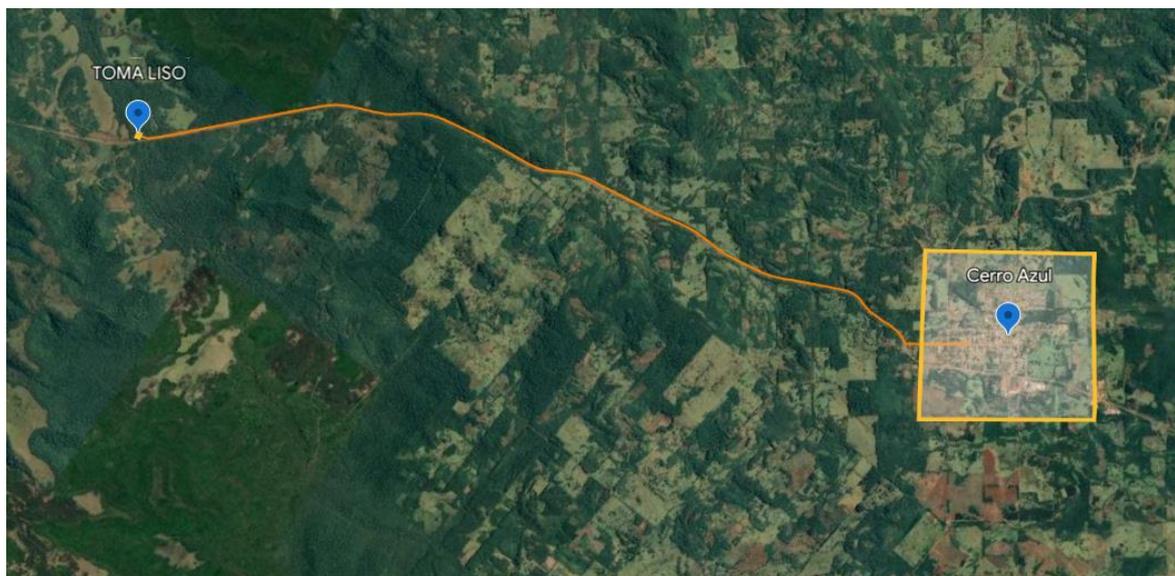


Fig. 3. Ruta de la tubería que conecta al A. Liso con Cerro Azul.

En la Tabla 6 se tiene una tabla donde se calculó la potencia que consumiría una bomba para llevar el agua hasta el pueblo de Cerro Azul en función del año.

ARROYO LISO													
Año	Caudal		Vel. Circ.	Diámetro de tubería teórico		Distacia Horizontal		Pérdidas de carga				POTENCIA DE BOMBEO	
	[—]	[—]		[—]	[—]	[—]	[—]	[—]	[—]	[—]	[—]	[—]	[—]
2023	2200	0,025	1	18,2	0,182	12	12000	194	49,9	0	0,05	<b>60,95</b>	<b>81,27</b>
2024	2261	0,026	1	18,4	0,184	12	12000	194	49,1	0	0,05	<b>62,41</b>	<b>83,21</b>
2025	2323	0,027	1	18,7	0,187	12	12000	194	48,3	0	0,05	<b>63,91</b>	<b>85,21</b>
2026	2387	0,028	1	19,0	0,190	12	12000	194	47,5	0	0,05	<b>65,45</b>	<b>87,26</b>
2027	2452	0,028	1	19,2	0,192	12	12000	194	46,7	0	0,05	<b>67,02</b>	<b>89,36</b>
2028	2520	0,029	1	19,5	0,195	12	12000	194	45,9	0	0,05	<b>68,64</b>	<b>91,52</b>
2029	2589	0,030	1	19,7	0,197	12	12000	194	45,1	0	0,05	<b>70,30</b>	<b>93,74</b>
2030	2660	0,031	1	20,0	0,200	12	12000	194	44,4	0	0,05	<b>72,01</b>	<b>96,01</b>
2031	2733	0,032	1	20,3	0,203	12	12000	194	43,6	0	0,05	<b>73,76</b>	<b>98,34</b>
2032	2808	0,033	1	20,6	0,206	12	12000	194	42,9	0	0,05	<b>75,55</b>	<b>100,73</b>
2033	2886	0,033	1	20,8	0,208	12	12000	194	42,2	0	0,05	<b>77,39</b>	<b>103,19</b>

Tabla 6 Tabla Potencia de bombeo-año para el bombeo desde el A. Liso

Toma de agua del arroyo Tacuaruzú:

En la Fig. 4 se puede ver la ruta de la tubería que conecta al Arroyo Tacuaruzú con el pueblo de Cerro Azul.

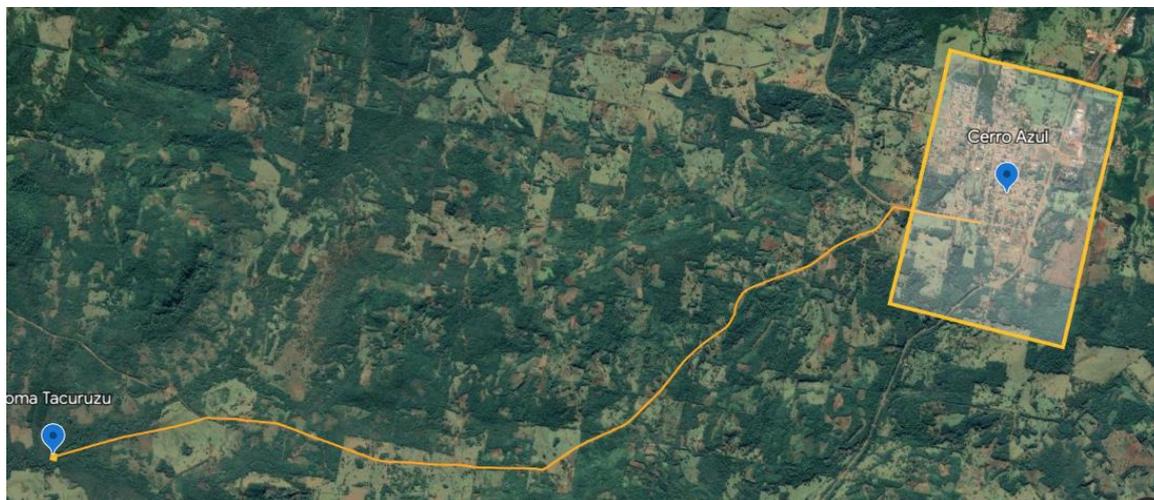


Fig. 4 Ruta de tubería desde el A. Tacuaruzú

En la Tabla 7 se presentan los cálculos de Potencia de bombeo según el año, para el caso de la toma de agua en el Arroyo Tacuaruzú.

ARROYO TACURUZU													
Año	Caudal		Vel. Circ.	Diametro de tubería teórico		Distacia Horizontal		Pérdidas de carga				POTENCIA DE BOMBEO	
	[—]	[—]		[—]									
2023	2200	0,025	1	18,2	0,182	8,6	8600	194	35,8	0	0,05	<b>57,41</b>	<b>76,55</b>
2024	2261	0,026	1	18,4	0,184	8,6	8600	194	35,2	0	0,05	<b>58,84</b>	<b>78,45</b>
2025	2323	0,027	1	18,7	0,187	8,6	8600	194	34,6	0	0,05	<b>60,30</b>	<b>80,40</b>
2026	2387	0,028	1	19,0	0,190	8,6	8600	194	34,0	0	0,05	<b>61,80</b>	<b>82,40</b>
2027	2452	0,028	1	19,2	0,192	8,6	8600	194	33,4	0	0,05	<b>63,34</b>	<b>84,46</b>
2028	2520	0,029	1	19,5	0,195	8,6	8600	194	32,9	0	0,05	<b>64,92</b>	<b>86,56</b>
2029	2589	0,030	1	19,7	0,197	8,6	8600	194	32,3	0	0,05	<b>66,55</b>	<b>88,73</b>
2030	2660	0,031	1	20,0	0,200	8,6	8600	194	31,8	0	0,05	<b>68,21</b>	<b>90,95</b>
2031	2733	0,032	1	20,3	0,203	8,6	8600	194	31,3	0	0,05	<b>69,92</b>	<b>93,23</b>
2032	2808	0,033	1	20,6	0,206	8,6	8600	194	30,7	0	0,05	<b>71,68</b>	<b>95,57</b>
2033	2886	0,033	1	20,8	0,208	8,6	8600	194	30,2	0	0,05	<b>73,48</b>	<b>97,97</b>

Tabla 7. Tabla de Potencia de bombeo - año para el bombeo de agua desde el A. Tacuaruzú

### **3 Conclusiones**

Como conclusión del trabajo hecho hasta este punto, se puede decir que la mejor propuesta, es la de traer agua desde el Arroyo Garupá, debido a que, se puede alimentar a los tres pueblos, cosa que en las otras propuestas no sería muy rentable debido a la mayor cantidad de tubería necesaria, además de que por el desnivel que se tiene en la ruta que sigue la tubería, la bomba usada para el primer tramo, será de menor potencia y por ende se tendrá menores costos para el bombeo