

APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

ALBERTO J. FUENTES¹ y RICARDO A. VELO²

¹ Agua y Energía Eléctrica, Mendoza

² Consultor

A la memoria del Dr. Alejandro A. Palma

INTRODUCCION

El territorio de la provincia de Mendoza (figura 1) se caracteriza por presentar un notable cordón montañoso al oeste, que es la Cordillera de Los Andes, y una llanura oriental correspondiente a la Pampa Seca o también llamada Llanura de La Travesía. Entre la llanura oriental y la cordillera, más o menos coincidente con el meridiano 68°45', se desarrolla desde la margen derecha del río Mendoza en dirección sur, una incipiente serranía conocida como Cuchillas de Lunlunta - Huayquerías de San Carlos que luego continúa en el Bloque de San Rafael - Cerro El Nevado, alcanzando este último pico volcánico 3.810 m de altura.

A su vez entre el arrumbamiento meridiano antes mencionado y la Cordillera de Los Andes, se extiende una zona deprimida levemente aplanada, de 300 Km de longitud y unos 50 Km de ancho denominada Depresión de los Huarpes que finaliza en la Laguna de Llanquanello. Al este y al sur de Llanquanello se desarrolla el extenso campo volcánico de Payunia. Este inmenso y árido terreno lávico alcanza la margen norte del río Colorado y limita al este con la provincia de La Pampa.

Estas características geomorfológicas hacen que la totalidad del territorio mendocino extraandino sea una

región de clima seco a desértico, ya que la imponente barrera orográfica de la Cordillera impide el paso de los vientos húmedos del Océano Pacífico, los cuales precipitan como lluvia en la pendiente occidental, ya en Chile y como nieve en la zona cordillerana. La precipitación media anual en la zona extraandina varía de 200 a 300 mm. En la cordillera las precipitaciones oscilan entre 600 a 800 mm, y se registran principalmente durante el invierno en forma de nevadas.

Lo anterior conlleva a que todos los cursos de agua permanentes de la provincia -sin excepción- tienen sus nacientes en la Cordillera, dado que su régimen es nivoglacial.

Los ríos mendocinos han tenido un importantísimo rol en la ubicación de los asentamientos humanos y el posterior desarrollo de sus zonas de cultivo, ya que el riego utilizando sus caudales en primer término; y en menor grado la extracción del agua subterránea, permitió la creación de verdaderos oasis en el desierto cuyano.

Por estas circunstancias, las primeras obras hidráulicas realizadas en la provincia, son los diques para riego del tipo nivelador-derivador a compuertas.

En 1889, contratado por el Gobernador Benegas, el ingeniero italiano Cipolletti inicia el proyecto de un dique

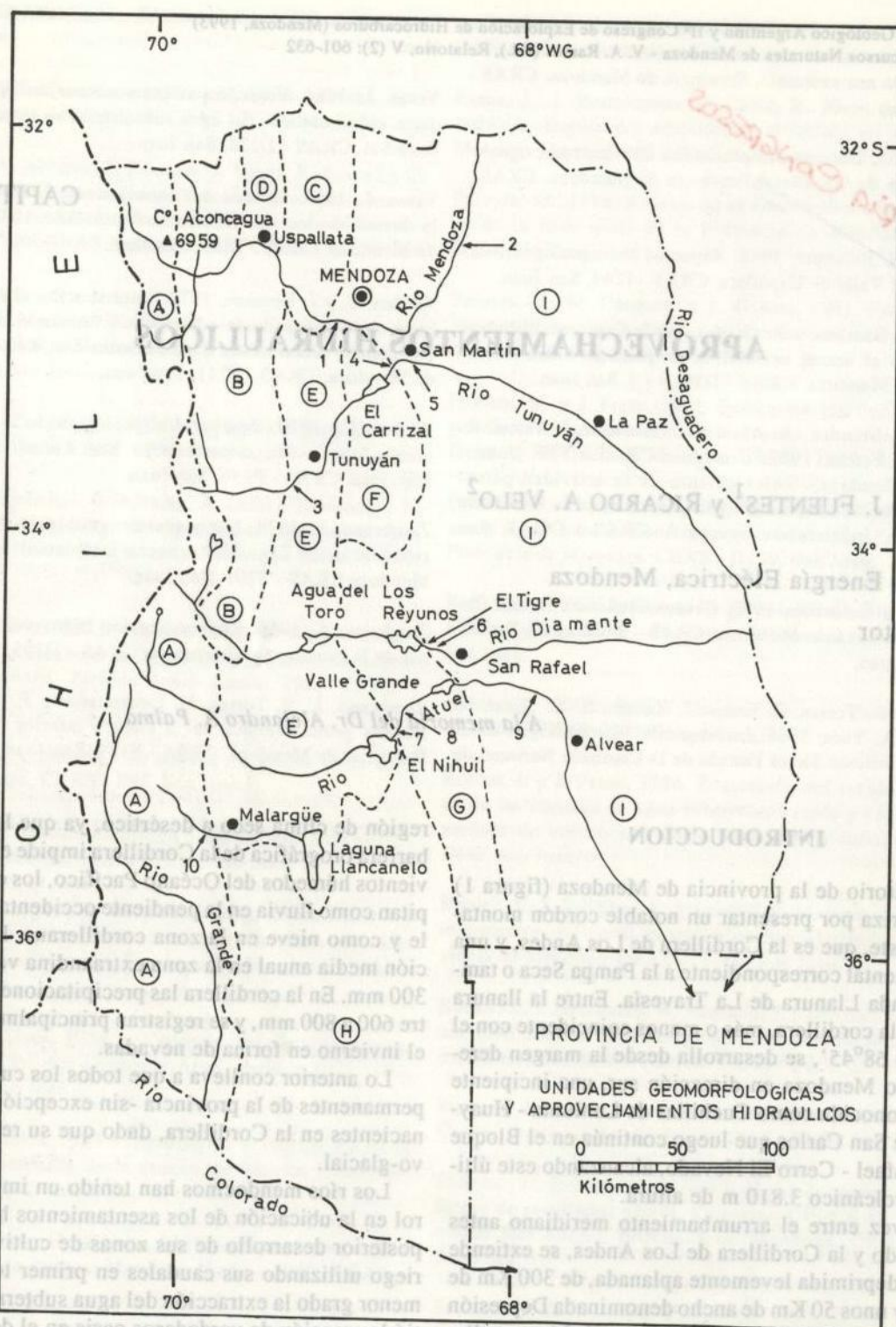


Figura 1: UNIDADES GEOMORFOLOGICAS: A) Cordillera Principal; B) Cordillera Frontal; C) Precordillera; D) Valle de Uspallata; E) Depresión de los Huarpes; F) Huayquerías; G) Sierra de San Rafael - El Nevado; H) Payunia; I) Llanura de La Travesía. **DIQUES DERIVADORES:** 1) Cipolletti (Río Mendoza); 2) Gustavo André (Río Mendoza); 3) Valle de Uco (Río Tunuyán); 4) Benegas (Río Tunuyán); 5) Phillips (Río Tunuyán); 6) Galileo Vitale (Río Diamante); 7) Aisol (Río Atuel); 8) Tierras Blancas (Río Atuel); 9) Rincón del Indio (Río Atuel); 10) Malargüe (Río Malargüe).

para riego sobre el río Mendoza en las cercanías de Luján. El 15 de diciembre la obra (que luego llevaría el nombre de su diseñador), queda en funcionamiento, con un nivelador en el punto que el Zanjón (Canal Cacique Guaymallén) toma agua para riego. De esta forma el Dique Cipolletti, se constituye en la primera obra de distribución de agua de envergadura moderna en la provincia. La construcción soporta, gracias a la abertura de una brecha lateral, el aluvión del Glaciar del Plomo en 1934, cuando el río que en esa época trae habitualmente $100 \text{ m}^3/\text{seg}$, arrastró un caudal de $3.500 \text{ m}^3/\text{seg}$. En 1942 se moderniza el dique que adquiere su imagen definitiva.

A esta obra le suceden similares en otros ríos, como son el Dique Valle de Uco (1937), Tiburcio Benegas (1942) y Phillips (1942) sobre el río Tunuyán; Galileo Vitale (1949) en el Diamante; Rincón del Indio (1949), río Atuel y Malargüe (1948) en el curso del mismo nombre.

La provincia de Mendoza con una superficie de 148.827 Km^2 , tiene bajo riego sólo 3.595 Km^2 lo que representa el 2,4 % del total provincial, distribuidos en tres áreas clásicas a saber:

- Área Norte (Lavalle, Guaymallén, Godoy Cruz, Luján, Maipú, Agrelo, San Martín, Junín, Rivadavia, Santa Rosa y La Paz);
- Área Valle de Uco (Tupungato, Tunuyán y San Carlos) y
- Área Central (San Rafael y General Alvear).

A éstas hay que sumar para completar el cuadro general de las zonas irrigadas, las pequeñas parcelas de Uspallata y Malargüe.

Sin embargo, y ante las escasas posibilidades que plantea el esquema riego-agricultura desarrollado casi al máximo en el panorama mendocino; aparece en el escenario económico de Mendoza, un nuevo factor de potencia extraído de los ríos cuyanos: el aprovechamiento hidroenergético de esos cursos de agua, que sin desacoplarse con el sistema de riego existente, permiten a su vez optimizarlo, posibilitando una mayor utilización de los recursos naturales renovables.

A pesar que los primeros intentos de esa índole, datan de 1913 con los de Fader en la construcción de la usina hidroeléctrica de Cacheuta; esta nueva perspectiva comenzó en forma decidida en 1947, con la inauguración del dique El Nihuil en el río Atuel y prosiguió ininterrumpidamente con la construcción posterior de las Centrales I, II y III; y el compensador Valle Grande por parte de la empresa estatal Agua y Energía Eléctrica, la que continuó en el Diamante con la edificación de las presas Agua del Toro, Los Reyunos y El Tigre. Sobre el río Tunuyán la provincia construyó El Carrizal, con la correspondiente central.

Todo el sistema hidrográfico de Mendoza corresponde a la cuenca del Colorado; salvo el río Malargüe que desagua en la cuenca endorreica de Llanquanelo.

Los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel integran el sistema del Desaguadero-Salado; mientras que en el sur, el río Grande se une con el Barrancas para formar el Colorado, que a su vez recibe por margen izquierda al Salado, en las cercanías de Pichi Mahuida, pero ya en la provincia de La Pampa.

En este trabajo se describen sucintamente las obras ejecutadas sobre los ríos de Mendoza y aquellos proyectos hidroeléctricos con un grado de desarrollo que les da identidad.

Numerosas reparticiones públicas provinciales, nacionales y empresas privadas, por encargo de aquellas, plantearon esquemas y proyectos con diferente grado de desarrollo. El más completo de todos, por la cantidad de cuencas que abarca y amplitud de su desarrollo es el presentado por la consultora española Edes Auxini en 1969, que presenta un esquema integral de los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel en nuestra provincia, más el río San Juan, de la provincia homónima.

CUENCA DEL RIO MENDOZA

El río Mendoza se forma a partir de la unión de los ríos Cuevas y Tupungato en la localidad de Punta de Vacas.

Las nacientes del Cuevas se sitúan en una serie de ventisqueros próximos al Paso del Volcán a 4.747 m, pero en Puente del Inca recibe el importante aporte del río Horcones que descende del Glaciar Horcones Inferior, ubicado en la pared sur del Cerro Aconcagua (6.959 m).

El río Tupungato ubica sus cabeceras en las glacières septentrionales de cerro homónimo, y luego se le une el río Plomo, que nace igualmente, de un grupo importante de ventisqueros ubicados entre los paralelos $33^{\circ}00'$ y $33^{\circ}15'$ (Glacières del Plomo y del Juncal).

Desde Punta de Vacas, el Mendoza dirige su curso hacia el noreste, hasta la villa de Uspallata siguiendo una antigua línea de fracturas, y luego tuerce el rumbo al sudeste para correr entre el Cordón del Plata y la Precordillera hasta Alvarez Condarco, donde sale a la llanura oriental para desaguar, en el norte de la provincia, en las lagunas del Rosario y Guanacache.

Tiene un módulo anual de $50,4 \text{ m}^3/\text{seg}$ y una cuenca hidrográfica de 5.600 Km^2 .

Las obras hidráulicas construidas sobre su curso son las usinas hidroeléctricas de Cacheuta, Alvarez Condarco y San Martín. Tiene como diques derivadores para riego al Cipolletti y Gustavo André.

Sobre el canal Guaymallén se construyeron dos miniaprovechamientos hidroeléctricos, actualmente en desuso, para autoproducción de Carbometal S.A. (1.407 kw) y Ecsal (144 kw). En Uspallata, utilizando el arroyo San Alberto, Energía Mendoza (EMSE), instaló otro de 400 kw destinado al servicio público.

Usina hidroeléctrica de Cacheuta

El aprovechamiento se comenzó aproximadamente en 1915, sufriendo demoras en su construcción por motivo de la guerra europea que demoró la entrega de materiales.

Es una obra sencilla que consiste en :

a) Dique móvil o cilindro de pantalla curva: Su largo es de 25 m y se apoya en pilares de mampostería realizada con bloques de granito. La toma está situada en la margen izquierda en posición casi paralela al curso de agua, tiene compuertas planas, con protección de muro y rejas para evitar que entre el material más grueso.

b) Cámara desarenadora, es un sistema de antecámara, compuertas y dos cámaras desarenadoras que pueden trabajar independientemente una de otra.

c) Conducción: Se realiza a través de un túnel de 2.200 m de longitud excavado en el granito del Macizo de Cacheuta, en parte está revestido con diferentes espesores de hormigón.

d) Cámara de carga y tubería forzada: La cámara realizada en hormigón, permite la correcta distribución del caudal y el último proceso de desarenado por una serie de compuertas de diversos tamaños y posiciones. La tubería forzada son tres conductos de acero de dos metros de diámetro. Agua abajo se ubica la Central Alvarez Condarco.

La potencia de la Central Cacheuta es de 9,3 Mw y de Alvarez Condarco 27 Mw.

Dique Las Compuertas

Permite derivar el caudal necesario para la refrigeración del parque de generación de la Central Térmica Luján de Cuyo y para la refrigeración de distintos equipos de la destilería Luján de Cuyo de Yacimiento Petrolíferos Fiscales. Asimismo provee de agua a la empresa Obras Sanitarias Mendoza para su posterior potabilización. La obra está constituida por los siguientes elementos.

a) Dique derivador: Es una presa de tierra homogénea de sección trapezoidal, fundada sobre propios depósitos fluviales del río Mendoza, desarrollada desde margen izquierda hasta tres cuartas partes de la distancia entre márgenes, con una longitud de 537 m y su cota de coronamiento es de 1.068,40 m s.n.m.

b) Dique móvil: Compuesto por siete compuertas tipo sector circular, con accionamiento eléctrico, con co-

mando manual y a distancia, la longitud de cada vano es de 14 m.

Está equipado con atagüas y elementos de izaje para el movimiento de las mismas. Su cota de coronamiento es 1.063,15 m s.n.m.

c) Edificio descargador: Esta obra está destinada a controlar posibles depósitos de material en el canal moderador, como así también controla excesos de caudal. Está situada entre el extremo derecho del dique móvil y el edificio de fuga. Está compuesto de cuatro compuertas tipo tablero plana deslizantes, con accionamiento eléctrico de comando manual y a distancia. Longitud de cada vano 2,50 m y su cota de umbral es de 1.061 m s.n.m.

d) Edificio de fuga: Situado a la derecha del edificio descargador evacúa el material sólido que decanta en la toma. Posee dos compuertas tipo tablero plano deslizantes, con accionamiento eléctrico manual y distancia. Longitud de cada vano 2,50 m. Su cota de umbral es de 1.061,70 m s.n.m.

e) Edificio de toma: Está destinado para derivar al canal aductor el agua para refrigeración. Está constituido por dos compuertas tipo tablero plano deslizantes, con accionamiento eléctrico con comando manual. Cada vano tiene una longitud de 2,5 m y su cota de umbral es 1.061,70 m s.n.m.

f) Canal aductor: El canal aductor inicia en el edificio de toma y con un recorrido de 1.400 m y pendiente media de 0,1 % termina en el desarenador. Su sección es tipo tolva y la capacidad de 15 m³/seg.

Dique Cipolletti

Azud derivador fundado sobre los aluviones del río Mendoza. Consta de una presa fija en la margen derecha de 115 m con vertedero y una presa móvil en margen izquierda de 145 m que cuenta con 15 compuertas de altura variable entre 2,50 m y 4 m, y un ancho de 8 m a excepción de 3 que son de 8,15 entre pilares de 1,60 m de espesor.

Las obras de toma del dique consisten en una cámara desripadora de sólidos de 100 x 45 m con vertedero de antetoma de 86 m, con capacidad de acumulación de 9.000 m³, dividida en cuatro secciones por medio de tres tabiques de hormigón armado que permiten evacuar los arrastres acumulados, éstos son evacuados a través de tres compuertas de 8 x 2 m y una de 5 x 2 m. Una amplia dársena termina en el edificio de toma del canal Gran Matriz por donde se pueden derivar hasta 100 m³/seg por cuatro compuertas de 5 x 3,20 m. Desde allí también se dota la margen derecha mediante un sifón de cruce.

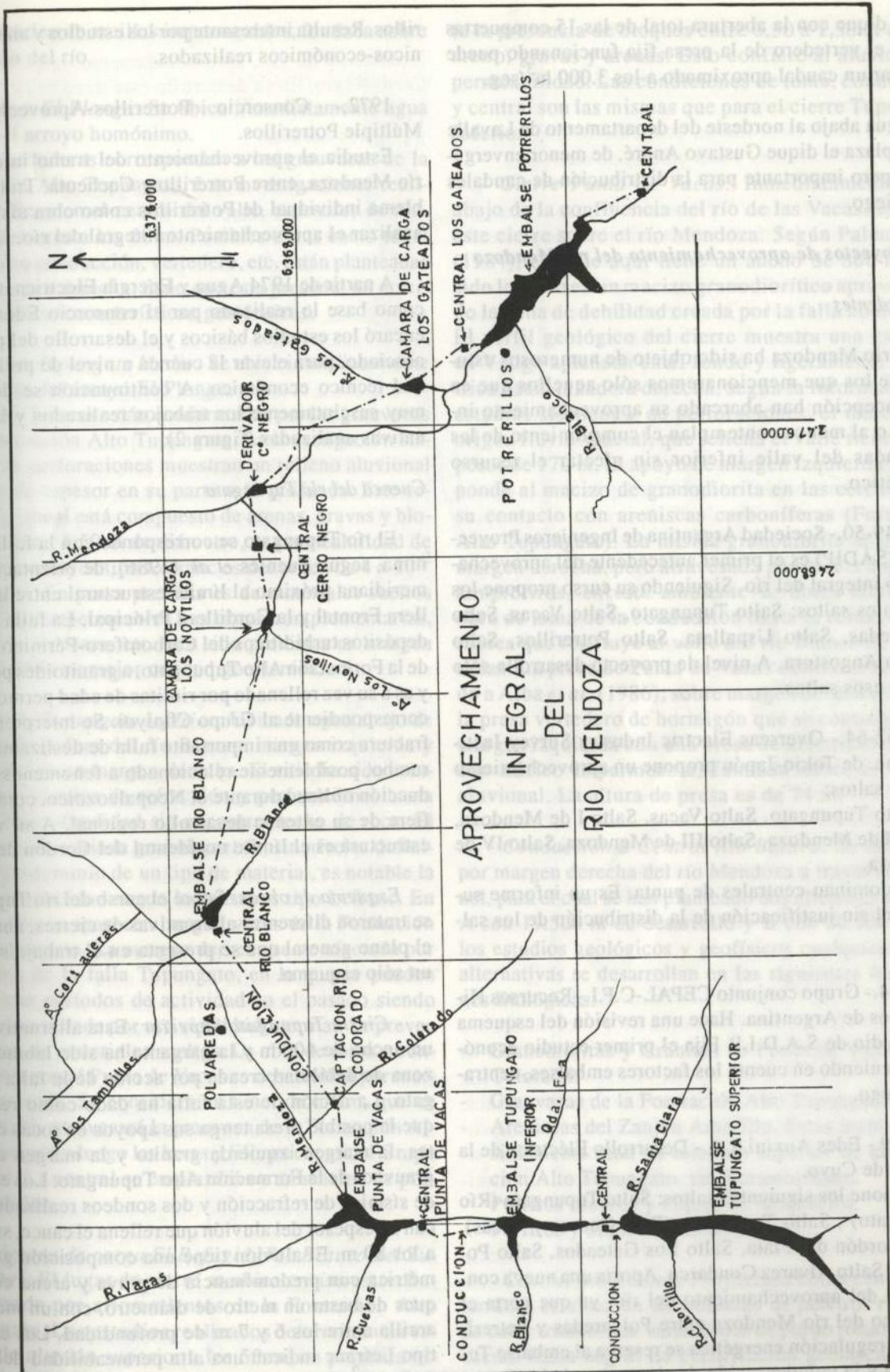


Figura 2: Aprovechamiento integral de la cuenca de los ríos Tupungato y Mendoza.

El dique con la abertura total de las 15 compuertas y con el vertedero de la presa fija funcionando puede evacuar un caudal aproximado a los $3.000 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Agua abajo al nordeste del departamento de Laval se emplaza el dique Gustavo André, de menor envergadura, pero importante para la distribución de caudales para riego.

Proyectos de aprovechamiento del río Mendoza

Antecedentes

El río Mendoza ha sido objeto de numerosos estudios de los que mencionaremos sólo aquellos que en su concepción han abarcado su aprovechamiento integral o al menos contemplan el cumplimiento de las demandas del valle inferior sin afectar el recurso energético.

1949-50.- Sociedad Argentina de Ingenieros Proyectistas (SADIP) es el primer antecedente del aprovechamiento integral del río. Siguiendo su curso propone los siguientes saltos: Salto Tupungato, Salto Vacas, Salto Polvaredas, Salto Uspallata, Salto Potrerillos, Salto Blanco Angostura. A nivel de proyecto desarrolla sólo tres de esos saltos.

1962-64.- Overseas Electric Industry Survey Institute, Inc. de Tokio-Japón propone un aprovechamiento de seis saltos:

Salto Tupungato, Salto Vacas, Salto I de Mendoza, Salto II de Mendoza, Salto III de Mendoza, Salto IV de Mendoza.

Predominan centrales de punta. Es un informe superficial sin justificación de la distribución de los saltos.

1964.- Grupo conjunto CEPAL-C.F.I.- Recursos Hidráulicos de Argentina. Hace una revisión del esquema del estudio de S.A.D.I.P. Fija el primer estudio económico, teniendo en cuenta los factores embalses, centrales y riego.

1969.- Edes Auxini S.A.- Desarrollo Eléctrico de la Región de Cuyo.

Propone los siguientes saltos: Salto Tupungato (Río Tupungato), Salto Tupungato (Ríos Cuevas y Vacas), Salto Cordón del Plata, Salto Los Gateados, Salto Potrerillo, Salto Alvarez Condarco. Aporta una nueva concepción del aprovechamiento del río, ya que corta el gran arco del río Mendoza entre Polvaredas y Potrerillos. La regulación energética se reserva al embalse Tupungato y la compensación de riego al embalse Potre-

rillos. Resulta interesante por los estudios y análisis técnicos-económicos realizados.

1972.- Consorcio Potrerillos-Aprovechamiento Múltiple Potrerillos.

Estudia el aprovechamiento del tramo inferior del río Mendoza, entre Potrerillo y Cacheuta. Trata el problema individual de Potrerillos como obra aislada, sin analizar el aprovechamiento integral del río.

A partir de 1974 Agua y Energía Eléctrica, tomando como base lo realizado por el consorcio Edes Auxini encaró los estudios básicos y el desarrollo del proyecto asociado, para elevar la cuenca a nivel de prefactibilidad técnico económico. A continuación se describen muy sucintamente los trabajos realizados y las alternativas analizadas (figura 2).

Cuenca del río Tupungato

El río Tupungato se corresponde con la falla homónima, según Fuentes *et al.* (1986), de orientación submeridiana próximo al límite estructural entre la Cordillera Frontal y la Cordillera Principal. La falla afecta a depósitos turbidíticos del Carbónífero-Pérmico inferior de la Formación Alto Tupungato, a granitoides pérmicos y es a su vez rellenado por riolitas de edad permotriásica correspondiente al Grupo Choiyoi. Se interpreta a esta fractura como una importante falla de deslizamiento de rumbo, posiblemente relacionado a fenómenos de subducción oblicua durante el Neopaleozoico, como se infiere de su extenso desarrollo regional. A su vez esta estructura es el límite occidental del Cordón del Plata.

Esquema de obras: Sobre el curso del río Tupungato se trataron diferentes alternativas de cierres, aunque en el plano general que se presenta en el trabajo se volcó un sólo esquema.

- **Cierre Tupungato Superior:** Esta alternativa tiene un ancho de 400 m y la garganta ha sido labrada en la zona de debilidad creada por acción de la falla Tupungato. La acción de esta falla ha dado como resultado que la posible presa tenga sus apoyos en rocas diferentes, la margen izquierda granito y la margen derecha grauvaca de la Formación Alto Tupungato. Los estudios de sísmica de refracción y dos sondeos realizados indican un espesor del aluvión que rellena el cauce, superior a los 80 m. El aluvión tiene una composición granulométrica con predominancia de grava y arena con bloques de hasta un metro de diámetro, con un manto de arcilla entre los 6 y 7 m de profundidad. Los ensayos tipo Lefranc indican una alta permeabilidad del orden de 7×10^{-2} . La presa ha sido prevista de materiales suel-

tos con núcleo de arcillas impermeables, fundada sobre el aluvión del río.

- *Cierre El Plonge*: Se ubica inmediatamente agua arriba del arroyo homónimo.

Ambas laderas corresponden a las grauvacas de la Formación Alto Tupungato. Las investigaciones realizadas indican en el centro del valle, espesores de aluvión superiores a los 60 m. Posibles obras como túnel de desvío o conducción, vertedero, etc. están planteadas sobre margen derecha, dado que ésta presenta un macizo de mejores características geotécnicas.

- *Cierre Tupungato Medio*: Se ubica inmediatamente agua abajo del arroyo El Plonge.

Ambas laderas están conformadas por las grauvacas de la Formación Alto Tupungato. La investigación sísmica y de perforaciones muestran un relleno aluvional de 83 m de espesor en su parte más profunda. Este relleno aluvional está compuesto de arenas, gravas y bloques de hasta 1,50 m de diámetro, su permeabilidad de acuerdo a ensayos tipo Lefranc es del orden de 4×10^{-2} en general. La presa prevista es de materiales sueltos con núcleo impermeable. Las obras complementarias, túneles, vertederos, etc. han sido previstas en margen derecha dado su mejor calidad geotécnica.

- *Cierre Tupungato Inferior*: Ubicado agua abajo de la desembocadura del río Blanco, margen izquierda y quebrada Fea en margen derecha. El sitio ha sido estudiado por sísmica de refracción y perforaciones hasta 104 m de profundidad sin encontrar techo de roca. El aluvión es de variada granulometría, sin niveles definidos de predominio de un tipo de material, es notable la alta permeabilidad según los ensayos tipo Lefranc. En ambos apoyos aparecen las grauvacas de la Formación Alto Tupungato. La margen derecha se ve afectada por una rama de la falla Tupungato, en la que se pueden determinar períodos de actividad en el pasado siendo finalmente sellada por actividad hidrotermal. Se prevee una presa de materiales sueltos. La obra de toma y conducción a central Punta de Vacas se desarrollan por margen izquierda. Se considera un túnel de 6 Km, que en su recorrido atravesará la grauvaca de la Formación Alto Tupungato y luego las lavas y filones capas del Grupo Choiyoi. La central se emplazará en un macizo de pórfiro riolítico.

- *Cámara de carga El Refugio (Río Blanco del Tupungato)*: El lugar de cierre se ubica en una estrechura formada por afloramientos de la Formación Alto Tupungato. Los estudios realizados determinan un espesor de aluvión superior a los 50 m, no presenta niveles definidos de materiales, en general es importan-

te la presencia de bloques entre 0,30 a 1,50 m de diámetro, gravas y arenas. Esto confiere al aluvión alta permeabilidad. Las condiciones de toma, conducción y central son las mismas que para el cierre Tupungato Inferior.

- *Cierre Punta de Vacas*: Inmediatamente agua abajo de la confluencia del río de las Vacas, se ubica este cierre sobre el río Mendoza. Según Palma *et al.* (1984), el valle aquí tiene un ancho de 800 m y ha sido labrado en un macizo granodiorítico aprovechando la zona de debilidad creada por la falla homónima. El perfil geológico del cierre muestra una garganta en V algo aplanada en el fondo y ligeramente asimétrica hacia la ladera derecha, según la información de estudios sísmicos y de perforaciones, el material de origen fluvio-glacial, que rellena el valle tiene un espesor de 170 m. El apoyo de margen izquierda corresponde al macizo de granodiorita en las cercanías de su contacto con areniscas carboníferas (Formación Alto Tupungato). La misma granodiorita aparece en margen derecha, pero atravesada por varios diques de lamprófiros, en este ambiente se ubica también la obra de toma de la conducción hasta la central subterránea que restituye al valle del río Blanco de Polvaredas. La presa de Punta de Vacas es mixta, de acuerdo a Alba *et al.* (1986), sobre margen derecha se ubica la presa vertedero de hormigón que se continúa hacia margen izquierda con una presa de materiales sueltos con núcleo impermeable, fundada sobre el relleno aluvional. La altura de presa es de 74 m.

- *Conducción a Central Río Blanco*: Se desarrolla por margen derecha del río Mendoza a través de un túnel, para el cual se han planteado dos alternativas: traza A con 19.500 m de desarrollo y B con 20.100 m. Por los estudios geológicos y geofísicos cualquiera de las alternativas se desarrollan en las siguientes formaciones litológicas:

- Granodioritas y Granitos de Punta de Vacas y Río Colorado.
- Grauvacas de la Formación Alto Tupungato.
- Areniscas del Zanjón Amarillo. Estas areniscas posiblemente sean un miembro superior de la Formación Alto Tupungato, sin metamorfismo.
- Pórfiros oscuros y diques de lamprófiro.
- Pórfiros y diques riolíticos.

- *Central Río Blanco*: Proyectada como central subterránea se ubica en un ambiente de pórfiros riolíticos de color rosado, con variaciones de pardo rosado, pardo oscuro hasta negro. La clasificación geomecánica del macizo da los siguientes parámetros:

- Índice RMR (*rock mass rating*): Macizo rocoso clase 11: Roca buena.

- Índice Q (*tunnelling quality index*): Clase Q de macizo rocoso: buena.

Estos parámetros fueron confirmados por la ejecución de perforaciones y una galería de ensayos.

- *Presa Río Blanco (Polvaredas)*: Esta se ubicará 3,5 Km agua arriba del río Blanco a contar desde su desembocadura al río Mendoza, en una garganta labrada en el contacto intrusivo de un macizo de pórfiro riolítico rosado y la parte basal de la serie efusiva permo-triásica, que allí se compone de una brecha volcánica de tonos grisáceos a morados de más de 100 m de espesor. El cierre tiene una longitud de 300 m y presenta una cubierta aluvional aterrazada cuyo espesor determinado por sísmica y perforaciones es superior a los 70 m. En la margen izquierda el apoyo se ubicará sobre pórfiro riolítico mientras que la derecha lo hará sobre la brecha volcánica antes mencionada. El desarrollo del proyecto contempla una presa de escollera con núcleo impermeable de 86 m de altura, el vertedero libre de perfil Creager se ubica excavado en roca sobre margen derecha. La obra de toma hacia Cerro Negro se emplazará en las brechas volcánicas y alojará turbinas tubo-standard, lo que permitira lograr una generación adicional durante todo el tiempo de funcionamiento.

- *Conducción Río Blanco - Cámara de Carga Los Novillos*: Se trata de un túnel de 18 Km de longitud que atravesará las divisorias de agua del Cordón del Plata con una tapada máxima en ese punto de 2.200 m. Su desarrollo será en un 90 % de su recorrido dentro de las ingentes masas de pórfiros riolíticos que forman el Cordón del Plata, sólo los primeros 1.800 m aproximadamente lo harán en las volcanitas estratificadas del Grupo Choyoi.

- *Cámara de Carga Los Novillos*: El cierre se halla ubicado en una garganta en forma de V excavada sobre una alternancia de lavas riolíticas, tobas y brechas. El manto aluvional tiene un espesor máximo de 30 m y fue investigado por sísmica de refracción y perforaciones. Tanto el apoyo de margen izquierda como derecha, corresponde a un manto de toba riolítica de 65 m de potencia. Se estudia la ubicación de una presa de hormigón.

- *Conducción a Central Cerro Negro*: Se desarrolla por la margen izquierda del arroyo El Alumbre hasta una zona intermedia situada entre el cerro Negro y la quebrada de la Soltera dentro del macizo del cerro Alumbre. La labor tendrá 5.700 m de longitud hasta la chimenea de equilibrio y desde allí descenderá la con-

ducción forzada en un trayecto de unos 850 m con una inclinación de 52°, aproximadamente, hasta la central Cerro Negro. En su desarrollo esta traza se la hará dentro de brechas, tobas, lavas, pórfiros riolíticos rosados y pórfiros oscuros.

- *Central Cerro Negro*: Es la gran central del aprovechamiento hidroeléctrico del río Mendoza, y se emplaza en un macizo de pórfiros de composición dacítica a andesítica de coloración gris oscuro a verdosa.

La alternativa más desarrollada es la de su ubicación subterránea, aunque el área haya sufrido fuerte tectonismo, producido por la falla de carácter regional denominada de la Carrera, que en este sector limita la Cordillera Frontal con la Precordillera. Los estudios geológicos, asistidos por sísmica de refracción, perforaciones y una galería de estudio de 320 m de longitud, indican la factibilidad para desarrollar las importantes excavaciones que el equipamiento requiere. Esta central tiene un salto nominal de 692,90 m y su equipamiento es de cuatro turbinas Francis en una primera etapa. La restitución al río Mendoza se logra con un túnel a pelo libre y canal.

- *Presa Compensador Cerro Negro*: Ubicado agua abajo de la desembocadura del arroyo El Alumbre en el río Mendoza, se aprovecha la estrechura labrada en un macizo granítico, su margen derecha está fuertemente tectonizada, siendo la izquierda de mayor calidad geotécnica. Los estudios geofísicos y sondeos realizados indican un espesor de relleno aluvional de 66 m. Se proyecta una presa de materiales sueltos con núcleo impermeable, con vertedero excavado en margen derecha. Es un dique de compensación diaria y derivador hacia la Cámara de Carga Los Gateados, con obra de toma en los granitos de margen izquierda.

- *Conducción a Cámara de Carga Los Gateados*: Su desarrollo se producirá desde la obra de toma hasta la quebrada del Medio dentro del macizo de intrusivos permo-triásicos, granito principalmente, que forman el cerro Buitrera. Desde esa quebrada hasta la quebrada Los Gateados atravesará la Cuchilla Cinco Mogotes, compuesta esencialmente por volcanitas del Grupo Choyoi, con apariciones hacia esta última quebrada de sedimentos del Grupo Uspallata.

- *Cierre de Cámara de Carga Los Gateados*: Se emplazará en un ambiente de granitos, se estima una presa de 40 m de altura, tipo gravedad con aliviadero incorporado a la presa.

- *Central Los Gateados*: La conducción hacia la central se desarrollará en el ambiente de las volcanitas del Grupo Choyoi, al igual que la propia central, aunque

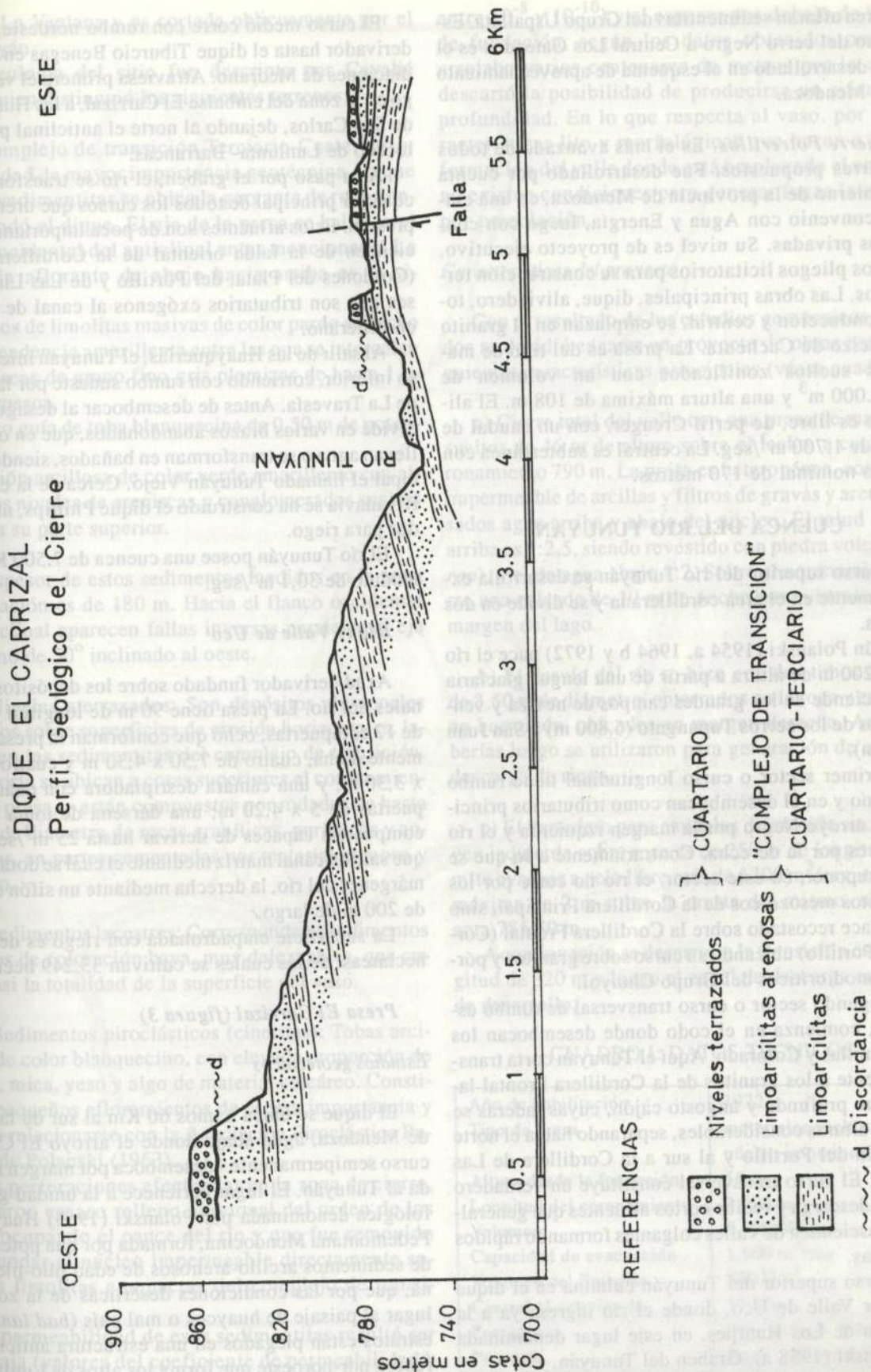


Figura 3: Perfil geológico de la zona de cierre del Dique El Carrizal (según Cavalié, 1962).

en el área afloran sedimentitas del Grupo Uspallata. Este tramo del cerro Negro a Central Los Gateados es el menos desarrollado en el esquema de aprovechamiento del río Mendoza.

- *Cierre Potrerillos*: Es el más avanzado de todos los cierres propuestos. Fue desarrollado por cuenta del gobierno de la provincia de Mendoza, en una etapa en convenio con Agua y Energía, luego con consultoras privadas. Su nivel es de proyecto ejecutivo, y con los pliegos licitatorios para su construcción terminados. Las obras principales, dique, aliviadero, tomas, conducción y central, se emplazan en el granito del Macizo de Cacheuta. La presa es del tipo de materiales sueltos zonificados con un volumen de $10.116.000 \text{ m}^3$ y una altura máxima de 108 m. El aliviadero es libre, de perfil Creager, con un caudal de diseño de $1.700 \text{ m}^3/\text{seg}$. La central es subterránea con un salto nominal de 170 metros.

CUENCA DEL RIO TUNUYAN

El curso superior del río Tunuyán se desarrolla exclusivamente en el área cordillerana y se divide en dos sectores.

Según Polanski (1954 a, 1964 b y 1972) nace el río a los 3.200 m de altura a partir de una lengua glaciaria que desciende de los grandes campos de neviza y ventisqueros de los cerros Tupungato (6.800 m) y San Juan (6.111 m).

El primer sector o curso longitudinal tiene rumbo meridiano y en él desembocan como tributarios principales el arroyo Negro por la margen izquierda y el río Palomares por la derecha. Contrariamente a lo que se podría suponer, en este sector, el río no corre por los sedimentos mesozoicos de la Cordillera Principal, sino que lo hace recostado sobre la Cordillera Frontal (Cordón del Portillo) ubicando su curso sobre granitos y pórfiros granodioríticos del Grupo Choiyoi.

El segundo sector o curso transversal de rumbo este-oeste, comienza en el codo donde desembocan los ríos Salinillas y Colorado. Aquí el Tunuyán corta transversalmente a los granitos de la Cordillera Frontal labrando un profundo y angosto cajón, cuyas laderas se elevan a alturas considerables, separando hacia el norte al Cordón del Portillo y al sur a la Cordillera de Las Lletas. El curso transversal constituye un verdadero canal de descarga y recibe cortos afluentes que generalmente descienden de valles colgantes formando rápidos y cascadas.

El curso superior del Tunuyán culmina en el dique derivador Valle de Uco, donde el río ingresa ya a la depresión de Los Huarpes, en este lugar denominada por Polanski (1958 a), Graben del Tunuyán.

El curso medio corre con rumbo nordeste, desde el derivador hasta el dique Tiburcio Benegas en las inmediaciones de Medrano. Atraviesa primero el valle y luego en la zona del embalse El Carrizal, a las Huayquerías de San Carlos, dejando al norte el anticlinal plio-pleistoceno de Lunlunta- Barrancas.

A su paso por el graben, el río se transforma en el colector principal de todos los cursos que drenan la depresión. Estos afluentes son de poca importancia y descienden de la falda oriental de la Cordillera Frontal (Cordones del Plata, del Portillo y de Las Lletas), o sea que son tributarios exógenos al canal de descarga cordillerano.

Al salir de las Huayquerías, el Tunuyán inicia su curso inferior, corriendo con rumbo sudeste por la Llanura de La Travesía. Antes de desembocar al desagadero se divide en varios brazos abandonados, que en ocasiones llevan agua o se transforman en bañados, siendo el principal el llamado Tunuyán Viejo. Cerca de la ciudad de Rivadavia se ha construido el dique Phillips, un derivador para riego.

El río Tunuyán posee una cuenca de 7.500 Km^2 y un módulo de $30,1 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Dique Valle de Uco

Azud derivador fundado sobre los depósitos aluviales del río. La presa tiene 90 m de longitud y consta de 12 compuertas, ocho que conforman la presa propiamente dicha, cuatro de $7,50 \times 4,30 \text{ m}$ y cuatro de $7,50 \times 3,30 \text{ m}$, y una cámara desripadora con cuatro compuertas de $5 \times 4,20 \text{ m}$; una dársena de toma con dos compuertas capaces de derivar hasta $25 \text{ m}^3/\text{seg}$, de la que sale un canal matriz mediante el cual se dotan ambos márgenes del río, la derecha mediante un sifón de cruce de 200 m de largo.

La superficie empadronada con riego es de 40.745 hectáreas, de las cuales se cultivan 33.249 hectáreas.

Presa El Carrizal (figura 3)

Estudios geotécnicos

El dique se ubica a unos 60 Km al sur de la ciudad de Mendoza, agua abajo donde el arroyo El Carrizal curso semipermanente - desemboca por margen izquierda al Tunuyán. El lugar pertenece a la unidad geomorfológica denominada por Polanski (1963) Huayquería Pedemontana Mendocina, formada por una potente pila de sedimentos arcillo-arenosos de edad plio-pleistocena, que por las condiciones desérticas de la zona dan lugar al paisaje de huaycos o mal país (*bad land*). Los estratos están plegados en una estructura anticlinal de rumbo nor-noroeste que forma los altos de Lunlunta-El

Carrizal-La Ventana y es cortada oblicuamente por el río Tunuyán.

La geología del sitio fue descripta por Cavalié (1962) quien distinguió los siguientes terrenos:

a) Complejo de transición Terciario-Cuaternario: Es la unidad de mayor importancia geotécnica, ya que en estas sedimentitas se ubica la garganta de roca donde se fundó el dique. El eje de la presa se halla en el flanco occidental del anticlinal antes mencionado. La secuencia aflorante de abajo hacia arriba es la siguiente:

- Bancos de limolitas masivas de color pardo grisáceo con tendencia amarillenta entre las que se intercalan areniscas de grano fino gris plomizas de hasta 1 m de espesor.
- Banco guía de toba blanquecina de 0,50 m de potencia.
- Sección arcillosa de color verde amarillento con algunos niveles de areniscas y conglomerados sueltos hacia su parte superior.

El espesor de estos sedimentos medidos en la zona de fundación es de 180 m. Hacia el flanco occidental del anticlinal aparecen fallas inversas paralelas al eje con plano de 50° inclinado al oeste.

b) Niveles aterrazados: Son depósitos aluvionales asentados sobre superficies de erosión horizontales, labradas en las sedimentitas del complejo de transición. La mayoría se ubican a cotas superiores al coronamiento de la presa, y están compuestos por rodados de hasta 75 mm de diámetro de rocas graníticas, porfíricas y andesíticas, en partes cementadas por material arenoso y calcáreo.

c) Sedimentos lacustres: Corresponden a sedimentos pelíticos de coloración baya, muy deleznales, que cubren casi la totalidad de la superficie del vaso.

d) Sedimentos piroclásticos (cineritas): Tobas arcillosas de color blanquecino, con elevada proporción de cuarzo, mica, yeso y algo de material calcáreo. Constituyen pequeños afloramientos de escasa importancia y pueden relacionarse con la Asociación Piroclástica Pumicea de Polanski (1963).

Las perforaciones efectuadas en la zona de cierre, detectaron escaso relleno aluvional del orden de los 10 m, ocupando el cauce del río y que fue removido para fundar el núcleo impermeable directamente sobre las limolitas compactas del complejo de transición.

La permeabilidad de esas sedimentitas resultó ser muy baja (valores del coeficiente de permeabilidad k

entre 10^{-8} y 10^{-10}) y el espesor por debajo de la zona de fundación, según los datos obtenidos por YPF, arrojaba varios centenares de metros por lo cual se descartó la posibilidad de producirse un sifonaje en profundidad. En lo que respecta al vaso, por las características lito y morfológicas que hacen a la conformación del valle donde está emplazado el embalse, no existen condiciones para generar fugas laterales o por percolación.

Características del proyecto

Con el resultado de los estudios geotécnicos obtenidos se decidió encarar un proyecto de obras con las siguientes características principales (véase cuadro I):

a) Cierre total del valle con una presa de materiales sueltos de 46 m de altura sobre el lecho, a cota de coronamiento 790 m. La presa es heterogénea, con núcleo impermeable de arcillas y filtros de gravas y arenas adosados agua arriba y abajo del núcleo. El talud de agua arriba es 1:2,5, siendo revestido con piedra volcada (*rip rap*), y el de agua abajo 1:2. Sobre el coronamiento corre una calzada de 10 m de ancho para vincular la otra margen del lago.

b) El desvío del río se hizo con dos tubos de acero de 3,50 m de diámetro, enterrados en la roca y envueltos en hormigón, ubicados en margen derecha. Ambas tuberías luego se utilizaron para generación de energía y descarga de riego.

c) El vertedero para caudales de crecida sito en margen izquierda sobre roca es de 250 m de longitud y permite evacuar a pelo libre más de 1300 m³/seg, con carga máxima de 2 m sobre la cresta del mismo, ubicada a cota 785,50 m.

A continuación se desarrolla la transición en una longitud de 320 m y luego el canal de descarga con 500 m de desarrollo.

CUADRO I: DATOS TECNICOS

Año de habilitación	1972
Tipo de presa	materiales sueltos con núcleo impermeable
Altura desde la fundación	55 m
Longitud del coronamiento	2.000 m
Volumen:	5.500.000 m ³
Capacidad de evacuación	1.600 m ³ /seg
Volumen del Embalse	350 Hm ³
Central al exterior de	17 Mw
Propietario	Provincia de Mendoza
Proyecto	Agua y Energía Eléctrica

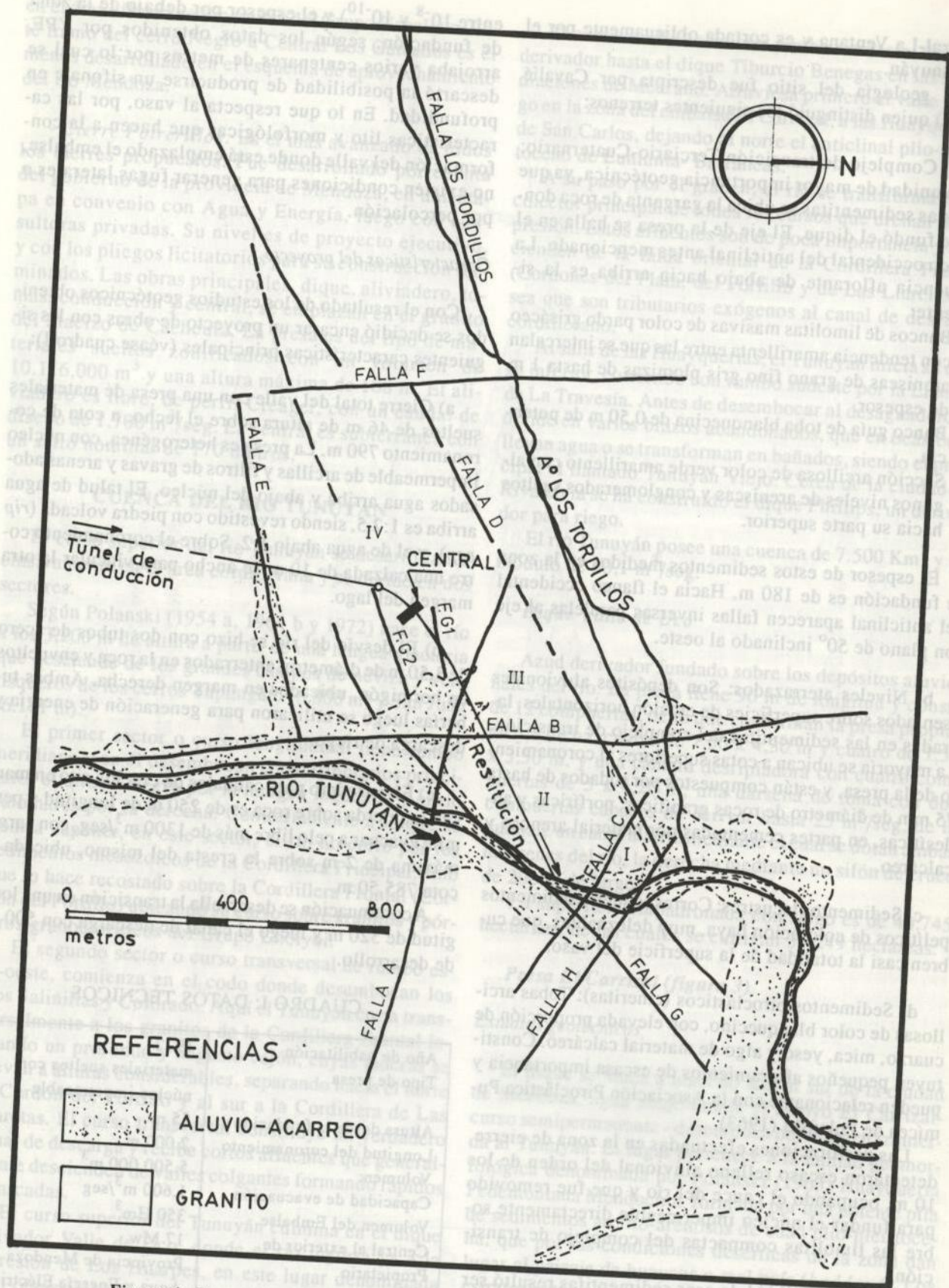


Figura 4: Esquema estructural del área de emplazamiento de la central Los Blancos.

Dique Tiburcio Benegas

Azud derivador hacia ambas márgenes, consistente en una presa móvil de 184,94 m en longitud y cuenta con 19 compuertas de altura variable, tres centrales de 8,15 x 4,30 m, catorce intermedias de 8,15 x 2,50 m y dos - una en cada extremo - de 8,15 x 3,50 m, entre pilares de 1,57 m de espesor.

Las obras de toma consisten en una gran cámara desarenadora con vertedero de antetoma en la margen izquierda, dividida en tres secciones por medio de dos tabiques de hormigón armado que permiten evacuar los arrastres acumulados por tres compuertas.

Una amplia dársena que termina en la obra de toma del canal Gran Matriz General San Martín, por donde se pueden derivar hasta 60 m³/seg a través de siete compuertas; cuenta también esta toma con cuatro compuertas para desarenar.

Para la margen derecha cuenta con un vertedero de antetoma y una pequeña dársena que termina en la obra de toma del canal Matriz Reducción por donde se pueden derivar hasta 15 m³/seg por tres compuertas, cuenta además con dos compuertas desarenadoras.

Tiene el dique todos sus sistemas móviles electrificados pero pueden ser también activados manualmente. Este derivador del Tunuyán inferior tiene una superficie empadronada para riego de 116.461 hectáreas y la superficie cultivada alcanza las 91.947 hectáreas. Agua abajo se ubica el dique Phillips, igualmente importante en el riego del área del bajo río Tunuyán.

Proyecto Los Blancos

El complejo hidroeléctrico Los Blancos será la primera obra de este tipo con que se comenzará el aprovechamiento de la cuenca alta del río Tunuyán. El complejo contempla la optimización de un tramo de 33 Km del río comprendiendo los principales afluentes del tramo: el arroyo Los Blancos en cuya confluencia nace el complejo y el arroyo Los Tordillos, este último a 15 Km agua abajo del primero, donde irá emplazado el contraembalse, finalizando todo el sistema en el dique derivador Valle de Uco a 18 Km de Los Tordillos.

El río escurre por una estrecha garganta dentro del ambiente del Cordón del Portillo, constituido principalmente por el batolito del Tunuyán.

A los efectos del aprovechamiento energético de este tramo del río Tunuyán se ha proyectado un conjunto de obras que resumidamente consiste en: un embalse superior de 84,8 Hm³ de capacidad total, creado por una presa de materiales sueltos de 125 m de altura y desde donde arranca un túnel de conducción que se desarrollará por margen izquierda a lo largo de 10,73 Km, excavado en el macizo granítico y que alimentará dos tur-

binas Francis de 162 Mw de potencia unitaria, las cuales estarán ubicadas en una caverna aprovechando las favorables condiciones geomecánicas del macizo.

Finalmente las máquinas restituirán el agua por medio de un túnel a la cola del lago que creará la presa Los Tordillos, que funcionará como compensador entre las descargas de la central y las demandas de riego de la zona de Valle de Uco. En un futuro será la obra de cabecera del A.H. Los Blancos II.

Cierre Los Blancos

Se describe una zona que se extiende unos seiscientos metros hacia agua arriba y otros tantos agua abajo con respecto al eje de la presa.

Comenzando desde agua arriba en la margen izquierda, el primer rasgo notable de la ladera lo constituye un promontorio granítico que da origen a un pronunciado semicírculo del curso del río. Esta elevación estructuralmente está separada del resto del macizo por una gran fractura subvertical del rumbo noroeste. Continuando agua abajo del surco anterior, se desarrolla un notable paredón de granito de grano grueso color rojizo y de excelente calidad geotécnica. En este ámbito ya se encuentra la zona de la obra de toma y el núcleo de la presa. Posterior al paredón de granito se destaca un amplio conoide de deyección de un espesor máximo de material detrítico de alrededor de cuarenta y cinco metros.

La roca que constituye el apoyo en la margen derecha es granito de las mismas características que el de la margen izquierda.

En la zona del eje de presa, a partir de la cota 1.780 y hacia arriba topográficamente, se destaca una zona de bloques sueltos que aparentemente han sufrido cierta remoción; contrasta notoriamente con las excelentes condiciones de calidad y estabilidad que el granito presenta hacia niveles inferiores de la mencionada cota. Esto se halla confirmado por los datos obtenidos por un sondeo que se efectuó en forma dirigida hacia el interior del macizo.

En el área de empotramiento aparecen diaclasas de gran desarrollo y corte neto que han producido un paredón bien expuesto, limpio, que muestra una roca de excelentes cualidades.

En la zona de cierre el antiguo valle en V del río Tunuyán se halla rellenado por sedimentos de origen fluvio-glacial cuyos máximos espesores detectados por perforaciones oscilan alrededor de los 90 m.

Túnel de conducción

El mismo se desarrollará en su recorrido, íntegramente dentro del ambiente granítico que constituye el batolito del Tunuyán. En este trayecto, estructuralmen-

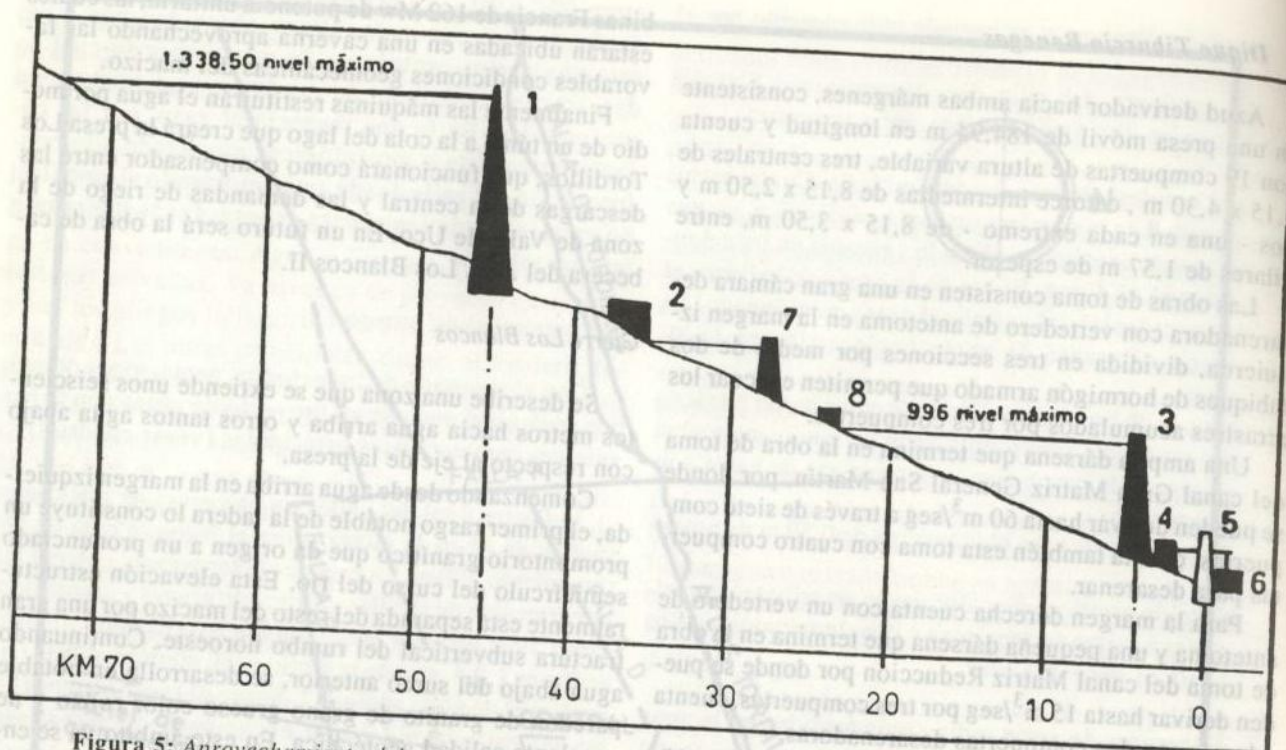


Figura 5: Aprovechamiento del curso medio del río Diamante. 1) Presa Agua del Toro; 2) Central Agua del Toro; 3) Presa Los Reyunos; 4) Central Los Reyunos; 5) Presa El Tigre; 6) Central El Tigre; 7-8) Proyecto El Baqueano.

te, el granito está afectado por fallas de rumbo noroeste e inclinación subvertical. Estas fracturas, en la mayoría de los casos coinciden topográficamente con otras tantas quebradas o valles, ya que estos son la expresión morfológica resultante de la perturbación y debilidad producida por esas fallas o zonas con fenómenos subsidiarios estructurales consecuentes, por lo que es posible la presencia de agua en estas zonas. Haciendo un resumen general de las condiciones estructurales y petrográficas del macizo, podemos afirmar que el estado del mismo puede ser considerado de bueno a muy bueno, exceptuando las zonas que hemos descrito anteriormente y que integran un porcentaje muy reducido del total del túnel de conducción, como asimismo pequeños sectores y bolsones de roca parcialmente desagregada, productos de pequeños cambios mineralógicos y texturales por fenómenos de diferenciación.

Central Los Blancos (figura 4)

El área de ubicación de la central Los Blancos corresponde a un macizo rocoso de composición granítica que presenta forma de cuña determinada por los valles de los cursos del arroyo Los Tordillos y río Tunuyán respectivamente. Hacia el sudoeste la montaña cobra mayor altura y constituye la sierra del Melocotón propiamente dicha.

El sitio de la central tiene tres juegos de fallas que forman una serie de bloques de contorno poligonal. Todas estas fracturas son de alto ángulo y son propias de las rocas masivas cristalinas, aunque aquí los valores de buzamiento oscilan de 80° a la vertical.

En el área de emplazamiento de las obras principales (Chimenea de equilibrio, central y restitución) se han distinguido cuatro bloques de fallas que se han denominado de este a oeste I, II, III y IV respectivamente. En ese mismo orden disminuyen los efectos del fallamiento porque en ese sentido cada vez conforman bloques de mayores dimensiones.

Para la ubicación de la central en caverna se eligió al bloque IV como sitio de emplazamiento y por ende de la chimenea de equilibrio y conducción forzada.

El índice RMR (*rock mass rating*) obtenido para el ambiente del bloque IV es de 70-75 lo que significa un macizo rocoso de buena calidad.

Teniendo en cuenta la clasificación NGI, el Q obtenido para este ambiente fue de 30,66 configurando un macizo de buena calidad coincidiendo entonces esta valoración con la obtenida mediante la del CSIR.

Contraembalse Los Tordillos

El lugar denominado Los Tordillos, está ubicado a un kilómetro agua abajo del arroyo homónimo. El valle



Figura 6: Vista aérea de la presa Agua del Toro.

está caracterizado por la presencia de una garganta cuyas laderas limitantes alcanzan a una separación máxima en la parte alta del orden de los 500 m mientras que en la parte baja, para la zona de fundación de presa, el ancho oscila entre los 150 y 200 m. El curso del río tiene rumbo norte-sur y corta sobre su margen izquierda sedimentos fluviales, los que a su vez están parcialmente cubiertos por material detrítico, procedente de las respectivas laderas. Litológicamente ambas laderas, están caracterizadas por la presencia de granodioritas de color rosado claro a blanquecino, de grano mediano a grueso con mediano diaclasamiento.

El *bed rock* del cierre está cubierto por sedimentos aluvionales cuyo espesor máximo oscila entre 60 y 50 m.

CUENCA DEL RIO DIAMANTE

Nace el Diamante en la laguna homónima a 3.297 m, situada al pie del Volcán Maipo (5.200 m) en la Cordillera Principal. Desde allí dirige su curso hacia el sur, para luego recibir el significativo caudal del río Borbollón que supera al del propio Diamante. Desde ese punto tuerce hacia el sudeste, donde se le incorporan el río Negro y el río Blanco, para más tarde atravesar, en profundos desfiladeros, los granitos y tonalitas del Cordón del Carrizalito.

En las proximidades del Puesto Las Aucas finaliza el Alto Diamante, dejando de esta forma el ámbito cordillerano. Unos 5 Km abajo, el río cambia el rumbo de su curso a la dirección nornordeste, pasando por la depresión de Los Huarpes hasta el embalse Agua del Toro.

Desde Agua del Toro, y en un trayecto de tan sólo 45 Km (figura 5), corta transversalmente el bloque de San Rafael, labrando un profundo cañón, que en algunos lugares, como en el paraje Agua de Mora, registra 600 m de desnivel entre el lecho del río y la parte más alta de aquél.

En el dique El Tigre abandona el ambiente serrano, para dirigirse en forma casi recta hacia el este, hasta desembocar al río Salado en varios brazos y en una serie de bañados.

El río Diamante tiene una cuenca de 3.700 Km² y un caudal medio anual de 38,9 m³/seg, aforados en la estación de La Jaula.

Presa Agua del Toro (figura 6)

El dique está construido inmediatamente al sur del puesto Agua del Toro, donde el río Diamante comienza a elaborar el profundo cañón ya mencionado. Según Palma (1969), la roca de fundación de la presa está constituida por arenisca cuarcíticas y cuarcitas de grano fino de tonos claros y oscuros, pertenecientes al Grupo El

Imperial. Las areniscas están intruidas por un dique de andesita gris verdoso que atraviesa casi toda la garganta y apófisis de un pórfiro tonalítico.

El alto grado de diagénesis de las cuarcitas y la acción de los intrusivos, le confiere a la roca extrema dureza y alta resistencia a la compresión simple. Las areniscas están estratificadas en bancos de 0,50 a 1,00 m de espesor, el rumbo es generalmente meridiano y buzan hacia el oeste con valores que oscilan entre 25° y 45°.

A unos 800 m agua arriba del eje, los bancos psamíticos del Imperial son superpuestos por esquistos del Grupo La Horqueta merced a un corrimiento de bajo ángulo (15° a 20°).

En la margen derecha, y 30 m por encima del coronamiento de la presa, se puede apreciar perfectamente el plano de erosión de la planicie pre-miocénica del Bloque de San Rafael. La superficie inclina con 2-3° suavemente al oeste. Por arriba de dicha superficie siguen areniscas y limolitas rojas del Terciario; luego un manto de rodados de algún nivel de piedemonte, que culminan en una capa de ceniza blanca y piedra pómez. A su vez las cenizas están cubiertas por una gruesa colada de basalto del cerro Diamante, a la que sigue un segundo nivel de rodados, y finalmente un nuevo manto de basalto, pero proveniente del cerro Morado.

Volviendo a las cuarcitas de la fundación, en ellas se efectuaron ensayos de carga por el método de placas Talobre. Para el ensayo horizontal y una carga de 220 kg/cm² se obtuvo un módulo de elasticidad aparente de 55.000 kg/cm²; y para el vertical e igual carga, el módulo fué de 65.000 kg/cm². Cortes delgados sobre muestras extraídas del túnel de desvío del río, determinaron al microscopio los siguientes tipos de sedimentitas: arenisca cuarcítica, arenisca subgrauváquica, limolita y limolita arenosa. En todos los casos con incipiente metamorfismo. Los valores obtenidos de resistencia a la compresión simple son de 1.400 kg/cm² (140 Mpa).

Descripción de la presa

Por sus características geométricas, la presa es una bóveda a doble curvatura dividida en 27 dovelas mediante juntas radiales encastradas e inyectadas. Se empotra directamente en roca en la totalidad de su desarrollo. La materializa un hormigón simple que contiene 270 kg de cemento ferropuzolánico por m³, apto para soportar las compresiones máximas de 40 kg/cm² en los empotramientos y 68 kg/cm² en la clave que resultan de las combinaciones más desfavorables, de cargas estáticas, térmicas y sísmicas. La altura máxima desde el punto más bajo de la fundación es de 128,50 m y posee una longitud del eje en el arco de coronamiento de 325 m, con una calzada que une ambas márgenes del río. Esto permite reunir un volumen

de embalse a cota 1.338,50 m de 380 Hm³ aproximadamente, el mayor de la provincia. Se efectuaron inyecciones de cemento en la roca a lo largo de la zona de fundación con objeto de consolidar el terreno y crear una pantalla de impermeabilización. En su interior, el dique tiene una galería perimetral que recorre toda la fundación y otra horizontal para su inspección y auscultación.

A su vez en el cuerpo de la bóveda se incorporan 10 ventanas-vertederos, por debajo de la calzada del coronamiento, con capacidad de descarga de 450 m³/seg, dos conductos con válvulas para riego Howell-Bunger, de 1,70 m de diámetro que permiten erogar caudales de 95 a 139 m³/seg, y ocho tubos descargadores de sólidos en suspensión de diámetro de 0,50 m, que accionan automáticamente por medio de un gammadensímetro.

El túnel de desvío del río se utilizó para instalar un descargador de fondo que puede erogar caudales de 85 m³/seg.

El vertedero de superficie se ubica en margen izquierda, y con un túnel de 7,30 m de sección está en condiciones de evacuar un máximo de 585 m³/seg.

a) Túnel de conducción y central: La conducción se realiza por margen izquierda a través de un túnel de 4.246 m de longitud, por 6,50 m de sección circular hasta la chimenea de equilibrio.

Antelo y Di Salvo (1981) distinguen tres grupos litológicos en el desarrollo de la labor, los cuales están separados entre sí por medio de fallas, y que Dessanti (1956) ubica en su Serie del Imperial. Tales grupos presentan las siguientes características:

- Grupo I: Desde progresiva 0,00 m (obra de toma) hasta progresiva 950,00 m. Compuesta por cuarcitas, areniscas cuarcíticas y limolitas con incipiente grado de metamorfismo (leptometamorfitas), estratificadas en bancos de 0,50 a 1,00 m de espesor. Aparecen fallas de poca importancia estructural. Valor del índice de calidad de roca (RQD) 68 %, regular. Corresponde este grupo a la roca de fundación de la presa.

- Grupo II: Entre progresivas 950 y 2.150 m. Integrada por una variada gama de rocas sedimentarias como areniscas cuarzosas, limolitas, lutitas negras, areniscas conglomerádicas, arcosas y arcilitas rojas. En el contacto con el grupo siguiente se interpone una cuña tectónica de los esquitos de La Horqueta de 30 m de longitud. La fracturación es intensa y la estratificación varía desde bancos de pocos centímetros hasta 1,50 m. El RQD en las areniscas es de 80 % calidad buena y 20 % calidad muy mala en las lutitas.

- Grupo III: Comprende al tramo del túnel que se desarrolla entre progresiva 2.150 m hasta la finalización de la obra en la central hidroeléctrica. Sus componentes principales son areniscas arcóscas de grano grueso, co-

lores blanco-amarillento a castaño rojizo, estratificadas en bancos gruesos, que alternan con arcilitas rojizas y conglomerados. Están atravesados por tres cuerpos intrusivos, uno riódacítico de 10 m de espesor y dos diques de lamprófiro de 1,50 m.

Dessanti (1956) ubicó estas areniscas en su grupo superior del Imperial; Amos (1977) las denominó Formación Agua del Toro y Antelo Pérez (1978) Formación Abigarrada. La roca es compacta y realizó una buena prestación al laboreo subterráneo. Los ensayos de compresión simple dieron 1.000 kg/cm² para las areniscas y 500 kg/cm² en las arcilitas, mientras que el índice RQD fue de 80 % (roca buena) y 20 % (roca muy mala) respectivamente.

La chimenea de equilibrio, hormigonada, tiene 35,00 m de diámetro por 68,00 m de profundidad. Hasta cota +1.325 se excavó en las areniscas y arcilitas del Grupo III; y hacia su parte superior lo hizo en la llamada Brecha Verde (Dessanti, 1956), brecha en partes conglomerádica, de origen volcánico que forma la base del Grupo de Cochicó. Cubriendo a la Brecha Verde se disponían cenizas volcánicas consolidadas (pumicitas), que fueron eliminadas para completar la chimenea con hormigón armado.

La central hidráulica está fundada sobre una alternancia de potentes bancos de arcilitas rojas y areniscas gruesas de +5,00 m de espesor, que inclinan con 42-45° favorables al talud de excavación. La potencia instalada es de 130 Mw en dos grupos de turbinas Francis de 65 Mw cada una, que pueden erogar un caudal unitario de 73,5 m³/seg.

Por último se destacan que los estudios e inspección de la obra fueron realizados por profesionales de Agua y Energía Eléctrica, la propietaria, el proyecto de presa por el Dr. Ing. Claudio Marcello y la empresa constructora fue Panedille Argentina S.A.

Complejo hidroeléctrico Los Reyunos con Central de bombeo

El complejo está ubicado sobre el río Diamante, en el borde oriental de la sierra de San Rafael, a 35 Km al oeste de la ciudad del mismo nombre.

La presa principal Los Reyunos actúa como dique compensador de los caudales turbinados por la Central Agua del Toro, ubicada a 50 Km agua arriba.

El agua que turбина su central en las horas pico es acumulada diariamente en el contraembalse El Tigre; desde este lugar se la eleva nuevamente al embalse superior utilizando energía sobrante del sistema interconectado, convirtiéndola en energía potencial al elevar la cota de agua. Durante el invierno, cuando las necesidades de riego son mínimas, puede trabajar hasta 6,3 horas diarias como central de bombeo. En verano bom-

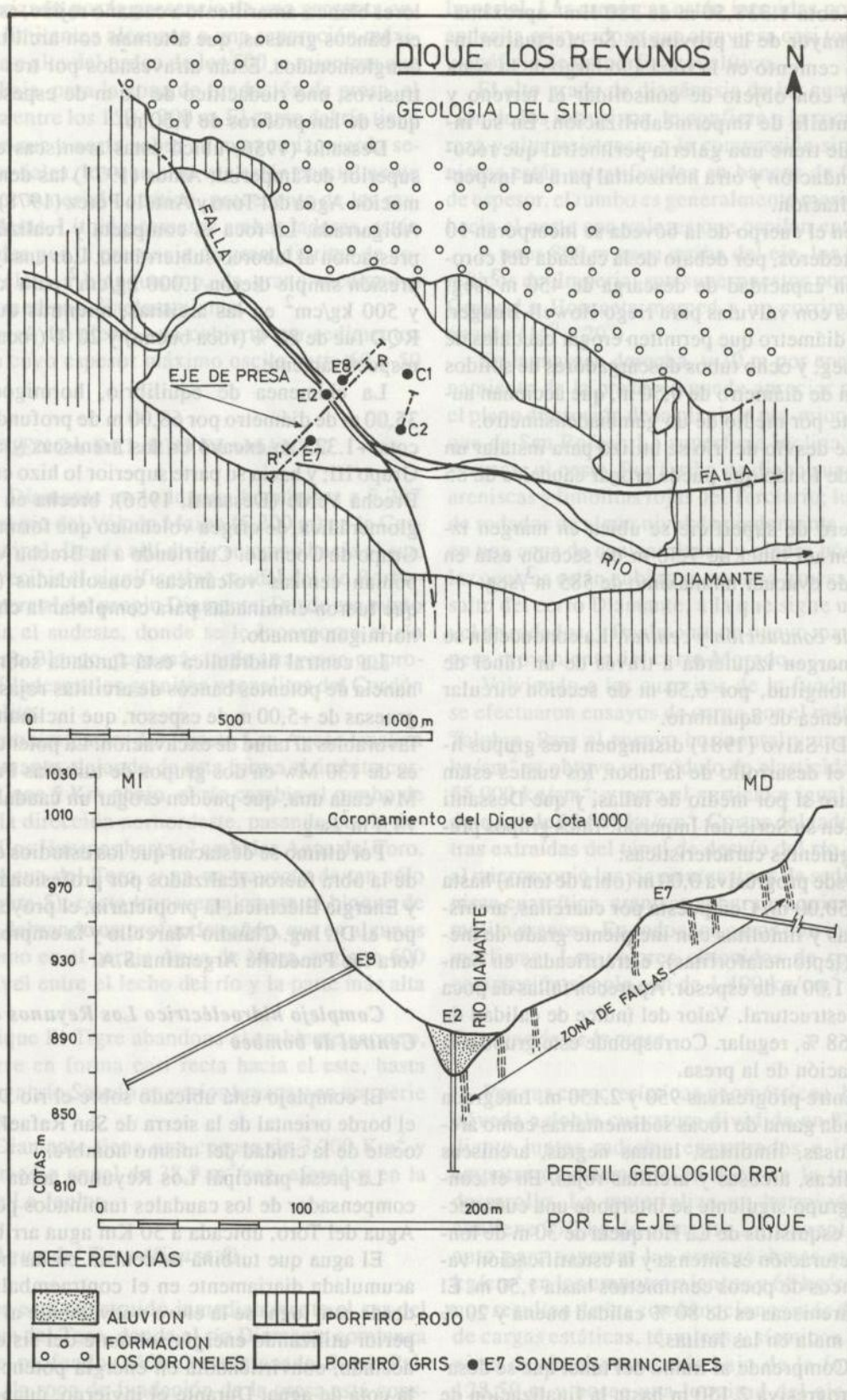


Figura 7: Mapa geológico y sección estructural de la zona de emplazamiento del Dique Los Reyunos.

bea menor tiempo, ya que este debe ser compatible con la demanda de agua para riego.

El dique Los Reyunos es una presa de materiales sueltos con núcleo impermeable de arcilla, y 110 m de altura sobre el lecho del río, llegando a 136 m desde el punto más bajo de fundación sobre roca. Tiene 295 m de coronamiento y origina un embalse de 250 Hm³ que permite ampliar notablemente el área de riego en la llanura cultivada agua abajo.

El aliviadero está ubicado sobre la margen izquierda, separado unos 150 m del cuerpo de la presa por un macizo rocoso.

La obra de toma y túnel de conducción también se ubican sobre la misma margen, y llevan el agua desde el embalse hasta la central hidráulica, la cual está excavada en pozo sobre la ladera izquierda del río al pie de la presa principal. Como funciona tanto para la generación de energía como para bombeo, ambas máquinas son del tipo bombas turbinas Francis reversibles de eje vertical acopladas a motores-generadores de 112.000 Kw cada uno, con una potencia instalada de 224 Mw. La central hidroeléctrica está protegida de las aguas del contraembalse por una presa de hormigón de doble curvatura.

La presa Los Reyunos posee un descargador de medio fondo con obra de toma propia, túnel y válvula Howell-Bunger destinado para el riego cuando la central hidroeléctrica está inactiva.

El contraembalse El Tigre es una presa de tipo mixto construida con materiales sueltos y con un tramo central de hormigón, donde se aloja el vertedero de crecidas, obras de toma y descarga para riego. Su altura es de 49 m y tiene una longitud de coronamiento de 681 m; en su interior está montada una central hidráulica la cual posee una potencia instalada de 11 Mw.

La geología del área fue publicada por Palma *et al.* (1986), y está caracterizada por rocas sedimentos y volcánicas de las Formaciones Yacimientos Los Reyunos y Arroyo Punta del Agua (Lardone, 1984) del Grupo Cochicó (Dessanti, 1956), intruidas a su vez por cuerpos de rocas ígneas de textura porfírica y diques de lamprófiros, correspondiendo todo al conjunto al Paleozoico Superior.

Las formaciones antes mencionadas, se encuentran agrupadas en dos zonas netamente diferenciadas tanto por litología como en su morfología.

La primera zona corresponde con el sitio de emplazamiento de la presa Los Reyunos, obras accesorias y central hidráulica, la cual está representada por los afloramientos de los llamados Pórfiros Gris y Rojo, en pleno ambiente ígneo.

En la segunda zona se ubica la presa El Tigre y está compuesta por rocas sedimentario-volcánicas (conglomerados, areniscas y tobas).

En el ambiente de la primera zona la principal roca aflorante es un pórfiro riódacítico gris, que constituye una intrusión discordante del tipo stock (figura 7), emplazada en mantos de pórfiro riolítico rojo. El stock de pórfiro gris tiene forma ovalada, con su eje mayor orientado en la dirección noroeste y 1.500 m de longitud, con 800 m para el recorrido de su eje menor.

Estas dimensiones aumentan con la profundidad, ya que este tipo de intrusión tiene forma de cúpula. El intrusivo ha originado una intensa deformación en el pórfiro rojo que le sirve de caja.

El stock ha sido afectado por un fallamiento, posterior a su intrusión, que ha producido 2 ó 3 fracturas de primer orden cuyo rumbo es noroeste-sudeste y su inclinación cercana a la vertical. Una de ellas, la principal, es la denominada Falla del Río que coincide con el eje mayor del stock, en la cual el río Diamante erosionó un profundo y angosto cañón, donde se ubicó la presa Los Reyunos. En los niveles superiores del pórfiro gris se encuentran xenolitos y colgajos del pórfiro rojo, lo que indica estar en presencia muy próxima de lo que fue el techo del intrusivo.

Diferentes son las características morfológicas y litológicas para la segunda zona, aquí el relieve es menos marcado, con pendientes más suaves, prevaleciendo la erosión lateral, ya que la serranía desaparece paulatinamente bajo la llanura pedemontana sin la presencia de un escalón brusco, además aumenta considerablemente la sedimentación fluvial representadas por grandes depósitos de gravas y arena principalmente. Los afloramientos rocosos corresponden a las formaciones sedimentario-volcánicas ya citadas, que buzan suavemente con 10° de inclinación hacia el sur. Ambas están atravesadas por varios diques de lamprófiro verde oscuro.

El rasgo estructural más importante es la fracturación, predominando la de rumbo nor-noroeste con inclinación de alto ángulo (60°) al sur-sudoeste que ha producido repetición en la secuencia de las formaciones pérmicas estratificadas y desplazamientos horizontales en los diques de lamprófiro.

En algunas de estas fracturas, durante el límite terciario-cuaternario, existió cierta reactivación tectónica manifestada por los calcáreos hidrotermales de la Formación Las Peñas Sur (Polanski 1963, 1964 a), íntimamente relacionados al fallamiento.

Presa Los Reyunos (figura 7)

El cierre fue estudiado superficialmente con levantamiento geotécnico de detalle y subsuelo con la ejecución de ocho sondeos de ubicación localizada. Como resultado de estas investigaciones se determinaron las siguientes condiciones geotécnicas para el sitio de la fundación elegido:

a) Un espesor de aluvión de 15 a 20 m, ubicado en el lecho del río cubriendo a la roca de basamento.

b) Localización de la Falla del Río, rellena por calcita y con una zona de brecha, el espesor brechado supera al metro, su rumbo es noroeste con inclinación subvertical. Hacia agua abajo del eje de presa, esta falla se bifurca en una rama de rumbo este-oeste, donde predomina el microdiaclasamiento, la inclinación es 85° al sur.

c) La presencia de las dos fallas anteriores produce un notable desmejoramiento en la calidad de la roca de la ladera derecha, no sólo en el sitio de fundación, sino a lo largo de todo el cañón, en esa margen.

d) Notable mejoría de la ladera izquierda. Los sondeos muestran testigos con altos índices de RQD (*rock quality designation*), la mayoría de los valores superan el 90 % de recuperación lo que indica una calidad de roca (*rock quality*) muy buena. Los ensayos de absorción de agua indican valores máximos de 4 a 9 unidades Lugeon (1/m.m).

e) La roca de fundación corresponde a un sólo tipo litológico, el pórfiro riódacítico gris.

Al efectuarse la limpieza del sitio, se comprobó un mayor aumento de la fracturación en margen derecha y en el antiguo lecho rocoso del río, por tal motivo se densificó en dicha área el tratamiento de consolidación de la roca, pero en todos los casos el límite de aquella estuvo entre los 5 y 7 m de profundidad, y únicamente se localizó a la superficie de contacto núcleo-roca. La determinación del espesor de roca descomprimida para consolidar fue estimada por microsísmica.

La limpieza total de aluvión en el lecho del río se elevó a 26 m al detectarse la presencia de grandes bloques de roca sueltos.

El eje de la pantalla de inyección se trazó siguiendo la zona media del contacto núcleo-roca; se perforaron 101 taladros con una separación aproximada de 5 m entre hueco y hueco a profundidades medias del orden de 35 m, acumulando un total de 3.557 m perforados. Fueron inyectados 253.448 kg de cemento a promedio de 75 kg por metro perforado.

En virtud de la mejor calidad del macizo de margen izquierda, se decidió ubicar allí la totalidad de las obras accesorias de la presa: vertedero, túnel de desvío (utilizado posteriormente para riego), túnel de conducción y central hidráulica.

Para la ubicación del vertedero se aprovechó una pequeña quebrada lateral que circundaba al macizo rocoso por un costado de la presa, con el objeto de disminuir los volúmenes de excavación, pero este accidente topo-

gráfico coincidió con el contacto intrusivo pórfiro gris-pórfiro rojo lo que significó una disminución de la calidad de la roca y un probable aumento de las filtraciones debido al acentuado diaclasamiento presente; por este motivo se decidió revestir con hormigón toda la excavación. El vertedero tiene, desde las compuertas de sector hasta el cuerpo dissipador, un canal de fuga de 350 m de longitud y una caída de 111 m.

Los túneles de desvío del río y de conducción fueron investigados con tres sondeos (E8, C1 y C2) en los cuales se comprobó un alto valor del índice RQD. La buena calidad geomecánica del macizo quedó demostrada durante la excavación de dichos túneles. Una medición de los parámetros de la clasificación geomecánica de macizos rocosos fracturados del CSIR, a lo largo de todo el túnel de desvío, dio un RMR (*rock mass rating*) de 80 que corresponde al límite superior de la clase II buena de macizo rocoso.

La excavación de ambas labores se realizó con la técnica del precorte. El túnel de desvío y descarga para riego tiene 784 m y 7,30 m de diámetro (hormigonado a diámetro 6,30 m); mientras que el de conducción es de 406 m de largo y diámetros que van desde 10,50 a 9,50 m (hormigonado a diámetro 9 a 8 m).

Central de bombeo

Está excavada íntegramente en pórfiro gris, con una profundidad total de excavación de 120 m; desde cota 985 hasta cota 915 (los primeros 70 m) lo hace con un talud de 2,6:1 con bermas intermedias localizadas de 4 m de ancho, y desde cota 915 hasta cota 865 (fondo de excavación) con talud vertical (últimos 50 m). El recinto propiamente dicho de la central tiene las siguientes dimensiones: 61 m de largo, por 30 m de ancho y 50 m de profundidad.

Para la orientación definitiva del eje de máquinas, que a su vez es paralelo a la dirección del talud agua arriba, se realizó un análisis estadístico de las discontinuidades presentes en el macizo (fallas y diaclasas), utilizando la proyección estereográfica con una medición de 351 discontinuidades en total.

Finalizada la labor, utilizándose también aquí la técnica del precorte, se realizó un nuevo análisis estadístico de las discontinuidades, determinándose que no hubo variación en el número de juegos ni en la orientación espacial de sus planos.

En forma adicional se determinó la calidad del macizo rocoso utilizando la clasificación CSIR propuesta por Bieniawski (1976), y actualizada por Hoek y Brown (1980).

Los parámetros se obtuvieron en tres sitios diferentes del macizo a saber: fuera de la excavación (en superficie a cota 1.000); en plena labor (berma cota 915)

CUADRO II: CLASIFICACION GEOMECANICA DEL MACIZO ROCOSO DE LA CENTRAL HIDRAULICA

Parámetro	Rating Superficie cota 1.000	Rating Berma cota 915	Rating túnel de Desvío cota 890
1	12	12	12
2	17	20	20
3	10	10	20
4	20	20	20
5	10	10	10
Total	69	72	82
Ajuste	-5	-5	-2
RMR	64	67	80
	Clase II: Buena	Clase II: Buena	Clase II: Buena

1= Resistencia de la roca intacta

2= RQD

3= Espaciamiento de discontinuidades

4= Características de las discontinuidades

5= Agua subterránea

y en el túnel de desvío (cota 890). Los resultados se pueden visualizar en el cuadro II.

De lo anterior se deduce un aumento de los valores RMR con la profundidad o si se quiere a medida que se penetra en el interior del macizo.

Presa El Tigre (figura 8)

El sitio elegido para la fundación estuvo condicionado a la exigencia del proyecto, de disponer un volumen mínimo de contraembalse para satisfacer las de-

mandas de la central de bombeo. Las dificultades aumentaron al tratar de hallar un cierre en las mínimas posibilidades topográficas, ya que se trabajaba en el mismo borde de la serranía. Finalmente se ubicó el eje de presa entre la desembocadura de los arroyos Pederñera y El Tigre. El área presentó las siguientes características geológicas.

a) Rocas de fundación: - Formación Arroyo Punta del Agua, compuesta por capas mal estratificadas de tobas, tufitas, areniscas, conglomerados y bancos brechoides.

- Formación Yacimiento Los Reyunos, integrada por sus miembros superior y medio. El miembro superior conocido como Toba Vieja Gorda es una toba de composición riodacítica de color gris y de estructura masiva, mientras que el medio o también llamado Areniscas Atigradas comprende a areniscas feldespáticas de grano grueso, estratificadas en bancos de 0,50 a 0,70 m de coloración pardo-amarillenta.

b) Presencia de dos fallas transcurrentes (de rumbo) denominadas A y B, paralelas entre sí de rumbo N 320° y oblicuas al eje elegido. Entre estas dos fracturas se desarrolla una franja de 50 a 80 m de ancho con alta deformación tectónica, donde aparecen franjas de roca triturada, paquetes de arcilla y bloques de roca en posición estratigráfica y estructural anómala.

Estas fallas han provocado un desplazamiento horizontal de 150 m, en el sentido levógiro, de dos diques de lamprófiro.

Una tercera fractura es la llamada Falla Diamante, por donde actualmente corre el río, ha provocado el enfrentamiento de los miembros superior y medio de la Formación Cochicó, y un desplazamiento aparente de giro dextrógiro de las fallas A y B.

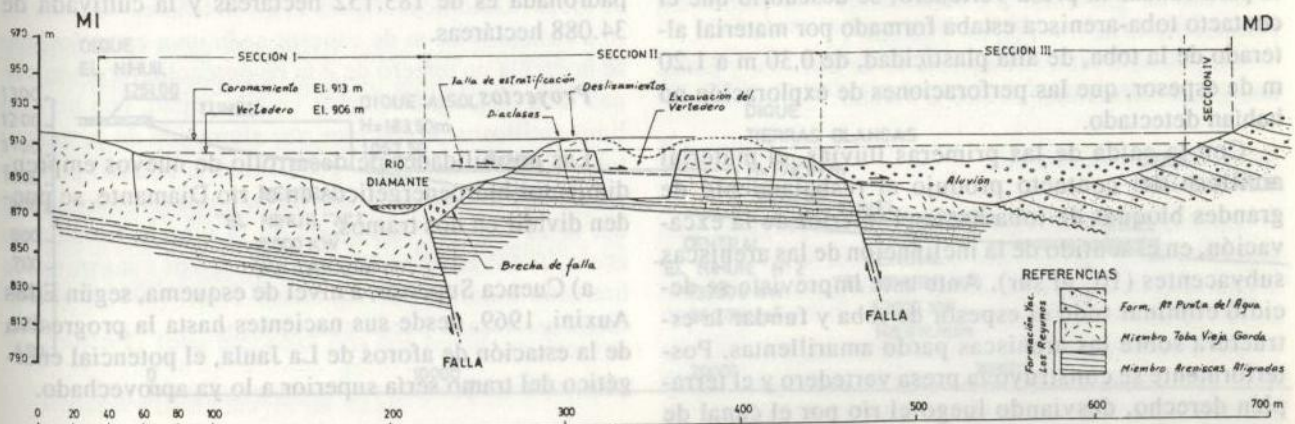


Figura 8: Perfil geológico del cierre del Dique El Tigre.

c) Existencia de un paleocanal o antiguo cauce del río, sobre margen derecha, rellenado por aluvión.

Reunidos los datos de las perforaciones con los de excavación, se pudo confeccionar el siguiente perfil geológico del cierre (figura 8) dividido en cuatro secciones:

- Sección I: Margen izquierda del río, está formada por un amplio afloramiento de toba riódacítica gris (Toba Vieja Gorda) de unos 40 m de espesor e inclina con 10° al sur. Continúa por debajo del curso del río y termina en la margen derecha contra las Areniscas Atigradas por efecto de la Falla Diamante.

- Sección II: Afloramiento irregular de las Areniscas Atigradas cubierto por 15 m de espesor de toba gris. Todo el conjunto inclina al sur con valores de 7 a 12° . Hacia agua abajo está muy afectado por las fallas A y B.

- Sección III: Sector del paleocanal rellenado por aluvión. En el subsuelo se produce el pase, mediante discordancia, de la Toba Vieja Gorda a la Formación Arroyo Punta del Agua. El espesor máximo de gravas y arenas registrado por los sondeos fue de 25 m.

- Sección IV: Antigua margen derecha del río. Aparece la Formación Arroyo Punta del Agua constituida por bancos mal estratificados, rojizos a violáceos, de conglomerados brechosos, tobas y areniscas gruesas.

Con estos datos los proyectistas diseñaron una presa del tipo mixto, consistente en una presa vertedero de hormigón apoyada en las rocas de la Sección II con una pequeña central hidráulica en su interior. Hacia ambos lados la estructura de hormigón ensambla, mediante muros de ala, con dos terraplenes provistos de núcleo impermeable de arcilla. El terraplén izquierdo apoya en toda la Sección I y parte de la II, mientras que el derecho lo hace sobre el *bed rock* de la Sección III, una vez limpiado el aluvión del paleocanal, y en la Sección IV completa.

Cuando se iniciaron las excavaciones en la Sección II para fundar la presa vertedero, se descubrió que el contacto toba-arenisca estaba formado por material alterado de la toba, de alta plasticidad, de 0,30 m a 1,20 m de espesor, que las perforaciones de exploración no habían detectado.

Con la caída de las primeras lluvias, el material arcilloso del contacto produjo el resbalamiento de grandes bloques de toba hacia el interior de la excavación, en el sentido de la inclinación de las areniscas subyacentes (10° al sur). Ante este imprevisto se decidió eliminar todo el espesor de toba y fundar la estructura sobre las areniscas pardo amarillentas. Posteriormente se construyó la presa vertedero y el terraplén derecho, desviando luego el río por el canal de aducción de la central, para finalmente levantar el terraplén izquierdo.

La limpieza de las fallas A y B demandó un inesperado aumento en los volúmenes de excavación que se sumó al imprevisto por la eliminación de la toba, todo esto trajo aparejado un aumento en la colocación de los volúmenes de hormigón y materiales para los terraplenes.

La inactividad tectónica de las fallas, por temor al riesgo sísmico, fue probada por un estudio estratigráfico-estructural (Palma *et al.*, 1984), con dataciones de edades absolutas, que indicaron una edad de 3 a 12 millones de años para los últimos movimientos registrados en dichas fracturas, lo que le confiere la categoría de "fallas" muertas según la clasificación de Slemmons y Mac Kinney (1977) preparada para el U.S. Army Engineer.

Dique Galileo Vitali

Azud derivador, hacia margen derecha consta de una presa móvil de 96,2 m de longitud con 10 compuertas de 8 por 4 m separadas por 9 pilas de 1,80 m de espesor.

Sobre las pilas de la presa se apoya un puente carretero de hormigón armado con calzada de 6 m de ancho. Está formado por 10 tramos de 9,50 m sobre la misma presa y 4 tramos desiguales sobre la cámara desripiadora.

La obra de toma consta de: Una cámara desripiadora con vertedero de antetoma dividida en tres secciones por tabiques que permiten evacuar el material de arrastre acumulado a través de 4 compuertas.

Una dársena que da paso al edificio de toma del canal Gran Matriz por el cual se pueden llegar a derivar hasta $60 \text{ m}^3/\text{seg}$ por tres (3) compuertas de 5 m x 4 m, separadas por dos (2) pilas de 1,20 m de espesor.

Sus sistemas móviles están todos electrificados pero pueden ser accionados manualmente. Para las emergencias cuenta con grupos electrógenos.

A partir, de este derivador, la superficie de riego empadronada es de 183.152 hectáreas y la cultivada de 34.088 hectáreas.

Proyectos

Las posibilidades de desarrollo de nuevos emprendimientos hidroenergéticos en el río Diamante, se pueden dividir en dos tramos:

a) Cuenca Superior, a nivel de esquema, según Edes Auxini, 1969, desde sus nacientes hasta la progresiva de la estación de aforos de La Jaula, el potencial energético del tramo sería superior a lo ya aprovechado.

b) Tramo Medio, entre la Central Agua del Toro y la cola del embalse Los Reyunos, queda un tramo de

aproximadamente 30 Km con un desnivel de 209 m, lo que representa para el aporte medio de 1.000 Hm^3 un potencial teórico máximo bruto de 487 Gwh. A este aprovechamiento se lo ha denominado El Baqueano, la empresa Agua y Energía comenzó a desarrollar la etapa de prefactibilidad con la ubicación de un cierre en el paraje Agua de la Mora y central en las estribaciones orientales del Cerro Mesón, todo el proyecto se emplazaría en la Formación La Horqueta. También se analizaba la división del salto con dos cierres y dos centrales, para lo cual se había elegido como sitio a estudiar, para otra presa, el lugar denominado El Chacaycito, también en el mismo ambiente litológico.

CUENCA DEL RIO ATUEL

Comienza el río Atuel en la laguna del mismo nombre a una altura de 3.500 m, e inmediatamente es alimentado por una serie de lenguas glaciarias que descienden del cordón limítrofe con Chile. Una de ellas, el Glaciar Puente de Hielo, en 1914 atravesaba el valle de ladera a ladera, habiendo el Atuel perforado un túnel por debajo del glaciar dando la sensación que nacía de él. Este fenómeno desapareció entre 1920 y 1930 a juzgar por las observaciones de Groeber (1937 a y b).

Después del encuentro con el arroyo de Las Lágrimas, el Atuel se dirige hacia El Sosneado en un curso recto de rumbo sudeste. En esta localidad irrumpe en la llanura norte de Llancanelo, formando un extenso abanico aluvial de unos 30 Km de frente.

En La Junta se une con el Salado, dirigiéndose al norreste hasta el Embalse El Nihuil. A unos 500 m agua abajo

del dique, el río empieza a cortar a la sierra Pintada formando un cañón de unos 50 Km de longitud. En Rincón del Atuel sale a la llanura Sanrafaelina, para luego de describir un amplio codo hasta General Alvear; variar su curso hacia el sudeste, con el que ingresa a la provincia de La Pampa desembocando al río Salado, en varios brazos, entre Santa Isabel y Algarrobo del Aguila.

La cuenca del Atuel es de 2.500 Km^2 y tiene un módulo anual de 31,9 m^3/seg para el período 1948-1984, aforados en la Estación La Angostura.

Sistema Hidroeléctrico El Nihuil

El desnivel que produce el río Atuel al atravesar la sierra Pintada, desde su inicio en los Saltos de El Nihuil hasta la planicie de cultivo, es de 563 m en un trayecto de 50 Km.

Ese desnivel neto del perfil del río ha sido incrementado a 582,50 m con la creación de los embalses proyectados por Agua y Energía Eléctrica (figura 9).

La construcción del aprovechamiento hidroeléctrico completo desde el Dique El Nihuil, hasta el compensador Valle Grande demandó 24 años, entre 1943 (inicio Presa El Nihuil) y 1967 (finalización de la Central Nihuil II).

El detalle técnico del sistema es el siguiente:

Obra de cabecera.

Dique El Nihuil, gravedad planta curva, hormigón simple, $h = 28 \text{ m}$, 260 hm^3 .

Túnel de conducción

Margen izquierda, revestido, diámetro = 4,00 m, $L = 5.750 \text{ m}$, chimenea de equilibrio.

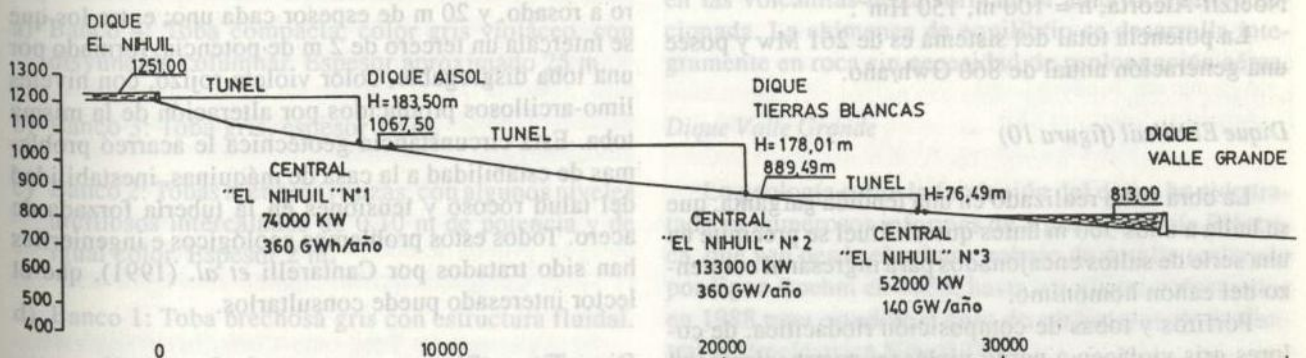


Figura 9: Aprovechamiento hidroeléctrico del río Atuel en la sierra de San Rafael.

Central Nihuil I Ing. Maggi

Exterior salto máximo 183,50 m, 4 turbogeneradores Francis (18,5 Mw a/u), potencia instalada 74 Mw.

Derivador Dique Aisol

Presa de gravedad, planta recta, hormigón simple, $h = 40$ m.

Túnel de conducción

Margen derecha, revestido, diámetro = 4,80 m, $L = 10.000$ m, chimenea de equilibrio.

Central Nihuil II

Exterior, salto máximo 179,00 m, 6 turbogeneradores Francis, 4 por 21,8 Mw + 2 por 24 Mw, potencia instalada 135 Mw.

Derivador Dique Tierras Blancas

Presa de gravedad, planta recta, hormigón simple, $h = 37$ m.

Túnel de conducción

Margen derecha, revestido, diámetro = 4,80 m, $L = 4.500$ m, chimenea de equilibrio en roca.

Central Nihuil III Ing. Rivas

Exterior, salto máximo 76,50 m, 2 turbogeneradores Francis (26 Mw c/u), potencia instalada 52 Mw.

Compensador del Sistema Dique Valle Grande

Presa de gravedad a contrafuertes con elementos Noetzli-Alcorta, $h = 100$ m, 150 Hm^3 .

La potencia total del sistema es de 261 Mw y posee una generación anual de 860 Gwh/año.

Dique El Nihuil (figura 10)

La obra se ha realizado en una tendida garganta, que se halla a unos 500 m antes que el Atuel se precipite en una serie de saltos encajonados para ingresar al comienzo del cañón homónimo.

Pórfiros y tobas de composición riodacítica, de colores gris violáceo a pardo violáceo, pertenecientes al Grupo Cochicó constituyen la roca de fundación. La presa se construyó de hormigón simple, tipo gravedad maciza, planta curva y vertedero lateral de lámina libre.

Con sólo una altura de 28 m y 64.000 m^3 de hormigón se han logrado embalsar 260 Hm^3 . Las misiones fundamentales de este embalse de cabecera son regulación del agua para riego y generación de energía.

El túnel de conducción a la Central Hidroeléctrica N°1 se desarrolla por margen izquierda, atravesando primero a las tobas violetas de Cochicó, y luego hasta su terminación en la Central, las areniscas gris blancas y lutitas negras del Carbonífero (Grupo El Imperial), donde también se funda la casa de máquinas.

Dique Aisol

Derivador hacia la Central N°2, de gravedad y hormigón simple, tiene 40 m de altura desde su punto más bajo de fundación, la que se ha hecho sobre bancos bien estratificados de areniscas grises y lutitas negras del Imperial, que allí yacen en posición subhorizontal, produciéndose alabeos de las capas en las proximidades de fracturas. El vertedero, sobre el coronamiento de la presa, es a compuertas y permite evacuar $600 \text{ m}^3/\text{seg}$ de capacidad máxima.

Conducción a Central Nihuil N°2

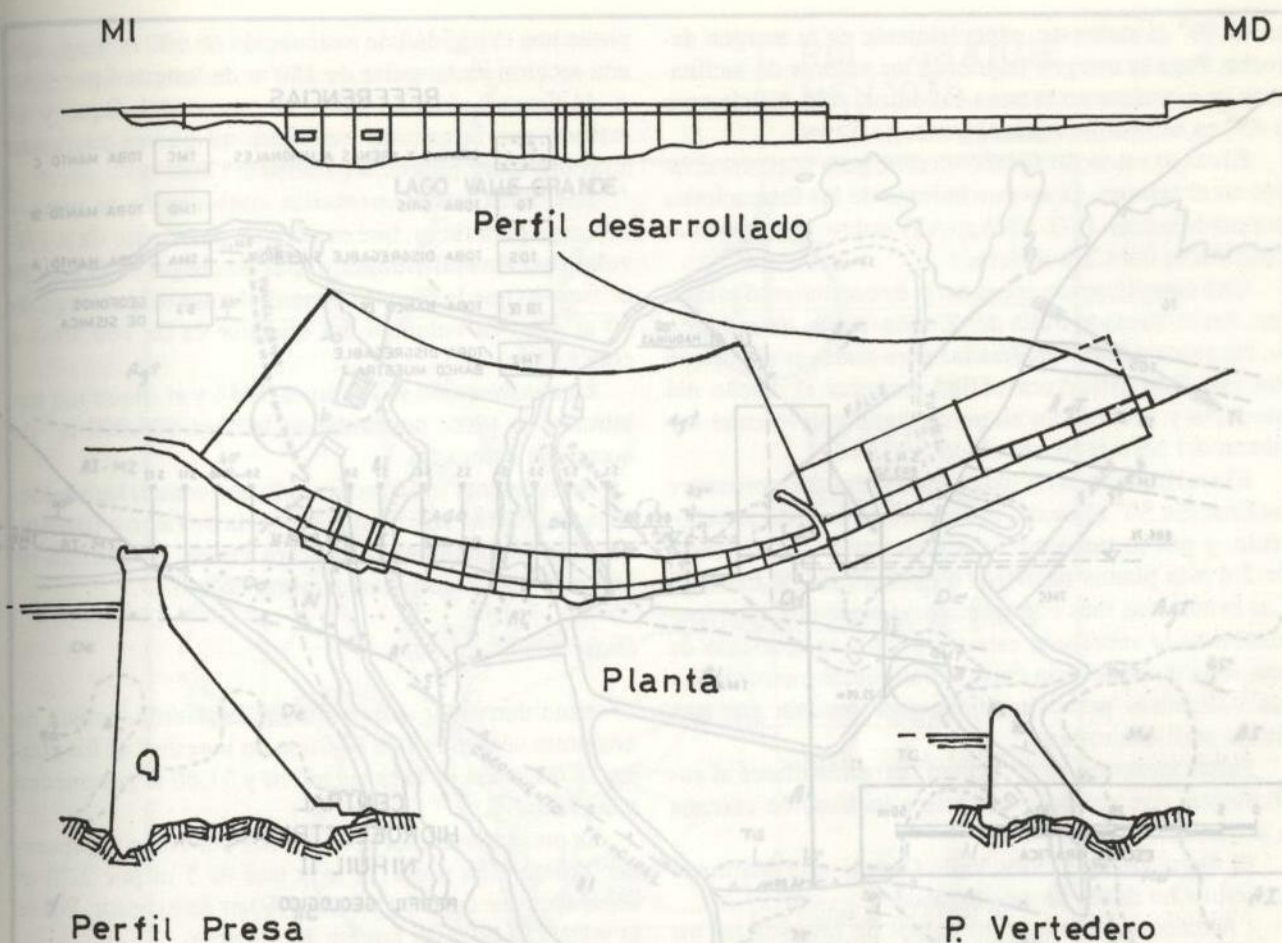
Se realiza por un túnel en margen derecha de 10.000 m de longitud, el más largo del sistema. Se conocen pocos datos sobre su geología, pero en su recorrido atraviesa indistintamente areniscas y lutitas del Imperial, filitas gris verdosas del Grupo La Horqueta, tobas del Grupo Cochicó y tobas y brechas de la Formación Cerro Colorado (Dessanti, 1956) o Formación Agua de Los Burros (González Díaz, 1972 a).

Central N°2

Está fundada sobre dos potentes bancos compactos de tobas riodacíticas (figura 11), con colores violeta claro a rosado, y 20 m de espesor cada uno; entre los que se intercala un tercero de 2 m de potencia, formado por una toba disgregable, color violeta rojizo, con niveles limo-arcillosos producidos por alteración de la misma toba. Esta circunstancia geotécnica le acarreó problemas de estabilidad a la casa de máquinas, inestabilidad del talud rocoso y tensiones en la tubería forzada de acero. Todos estos problemas geológicos e ingenieriles han sido tratados por Cantarelli *et al.* (1991), que el lector interesado puede consultarlos.

Dique Tierras Blancas y toma para la Central N°3

Se halla edificado sobre tobas grises y rojizas pertenecientes a la Formación Cerro Colorado, que tam-



DIQUE EL NIHUIL

Figura 10: Planta y perfil de la presa y el vertedero del Dique El Nihuil.

bién se extiende al ámbito litológico de las Centrales 2 y 3. En la garganta de la presa se han reconocido, de arriba hacia abajo, los siguientes niveles piroclásticos:

- Banco 4: Toba compacta, color gris violáceo, con disyunción columnar. Espesor aproximado 25 m.
- Banco 3: Toba gris, espesor 10 m.
- Banco 2: Tobas arenosas rojizas, con algunos niveles arcillosos intercalados de 0,10 m de potencia y de igual color. Espesor 2 m.
- Banco 1: Toba brechosa gris con estructura fluidal.

Espesor visible mayor de 30 m.

Todo el conjunto volcánico está afectado por dos fallas directas, que se ubican hacia agua abajo y arriba,

respectivamente de la obra. El dique es una presa vertedero de hormigón simple y 37 m de altura. La conducción de 4.500 m, y casa de máquinas están construidas en las volcanitas de la formación anteriormente mencionada. La chimenea de equilibrio se desarrolla íntegramente en roca sin necesidad de prolongación aérea.

Dique Valle Grande

La geología sobre la fundación del dique ha sido tratada en numerosos informes de Agua y Energía Eléctrica, que van desde el primer trabajo de detalle realizado por Egon Boehm en 1953, hasta los últimos efectuados en 1988 para estudiar el sitio de edificación de la Central Hidroeléctrica Nihuil IV.

Las rocas aflorantes en el lugar, ordenadas estratigráficamente de mayor a menor edad, e individualizadas como formaciones (unidades litológicas capaces de ser mapeadas se indican en el cuadro III, véase figura 12).

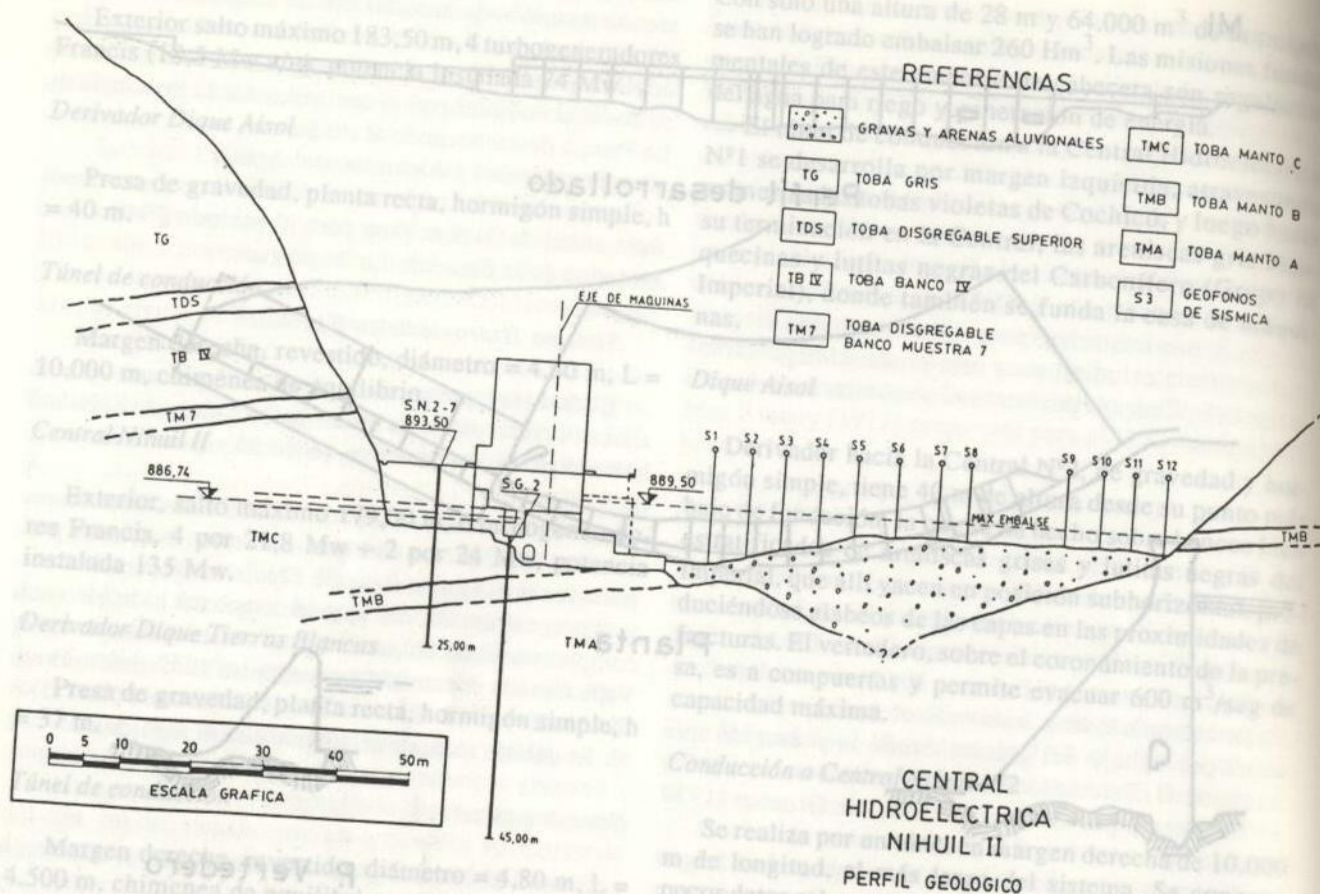


Figura 11: Perfil geológico de la central hidroeléctrica Nihuil II.

CUADRO III: UNIDADES MAPEADAS EN EL DIQUE VALLE GRANDE

- | | |
|--|-----------------|
| - Detrito de faldeo (De) | |
| - Médanos (Md) | |
| | (Cuaternario) |
| - Ceniza volcánica (Vn) | |
| - Aluviones del Atuel (Al) | |
| -----DISCORDANCIA----- | |
| - Areniscas Superiores (AS) | |
| - Aglomerado Tobáceo (Agt) | |
| - Areniscas Inferiores (AI) | (Permotriásico) |
| Miembro Limoso (AI-M2) | |
| Miembro arenoso (AI-M1) | |
| - Toba Gris (TG) | |
| -----CORRIMIENTO TECTONICO----- | |
| - Areniscas Cuarcíticas (AC) (Carbonífero) | |

Para los estudios geotécnicos sólo se consideraron las formaciones permotriásicas, que son las que participan directamente en la fundación de la presa y obras complementarias.

a) Areniscas Inferiores: Son areniscas algo delezna- bles con niveles limosos o limo-arcillosos de colores rojizos. Solamente en la margen derecha pueden distinguirse dos miembros: uno inferior llamado Miembro Arenoso (AI-M1), compuesto por areniscas bien consolidadas de color rosado, entre las cuales se intercalan niveles tobáceos de igual dureza; y otro superior denominado Miembro Limoso (AI-M2) representado por areniscas limosas y/o tobáceas de coloración rojiza. Este último miembro es una roca de baja calidad geotécnica, síntoma que se manifiesta en el terreno, al degradarse morfológicamente con respecto a las otras unidades litológicas aflorantes.

La baja calidad geomecánica, señalada para el Miembro Limoso, se acentúa aún más con la presencia de agua, prueba de ello es el hormigonado realizado en el Túnel Complementario, cuando esta labor atravesó dicha roca.

b) Aglomerado Tobáceo: Constituye específicamente la roca de fundación del dique Valle Grande. Se trata de un aglomerado volcánico estratiforme de color violáceo y composición andesítica. Los clastos angulosos y bloques redondeados provienen de rocas

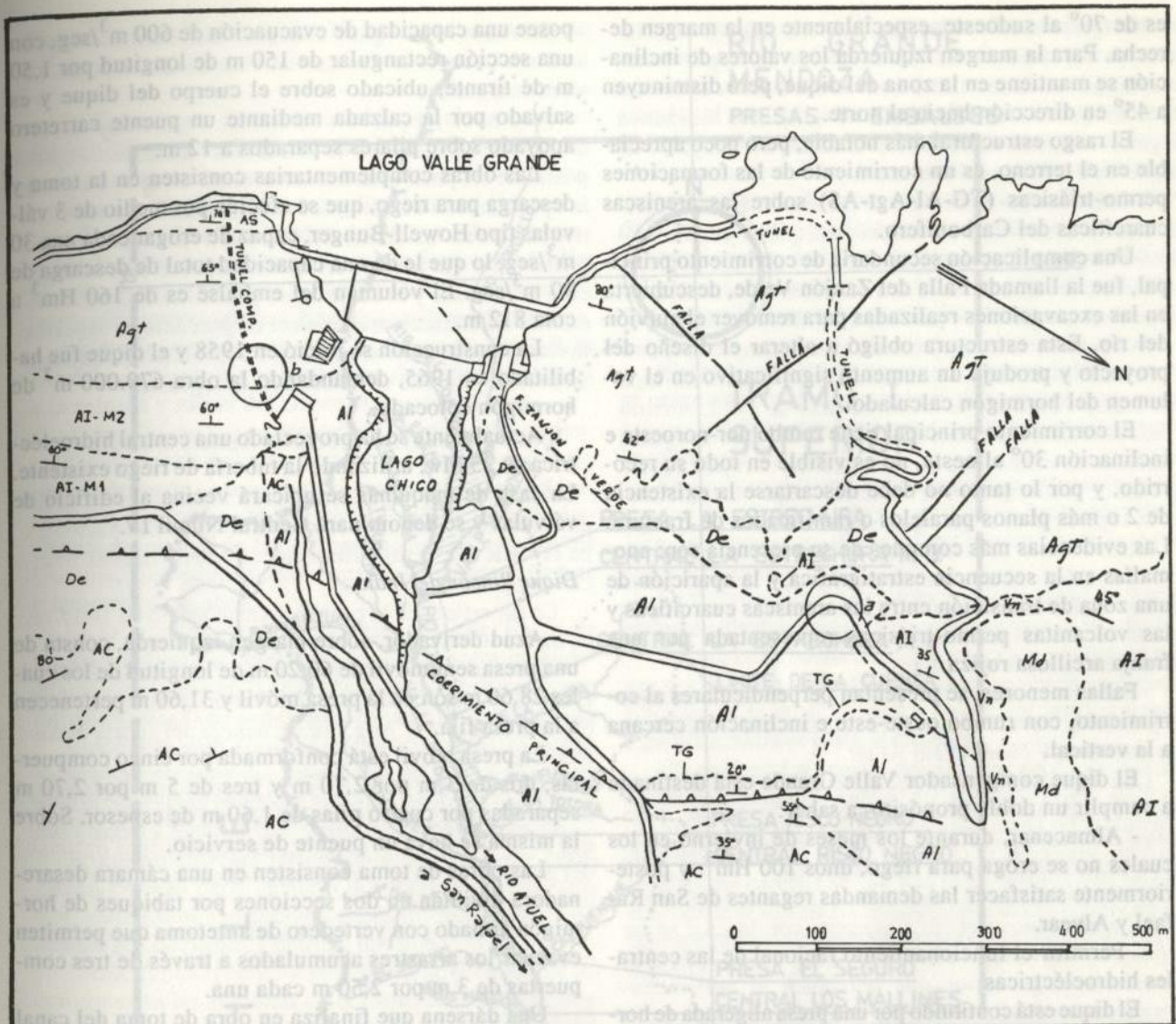


Figura 12: Mapa geológico de la zona de emplazamiento del Dique Valle Grande. Referencias en el cuadro III.

cristalinas y sedimentos paleozoicos, son de variada granulometría pudiendo alcanzar hasta más de 1 m de diámetro y están unidos fuertemente por un cemento porfírico.

En estado fresco es una roca dura y densa. Algunos parámetros obtenidos en laboratorio son los siguientes:

Peso específico aparente: 2,39

Resistencia a la compresión: 1.035 kg/cm^2

El Aglomerado Volcánico tiene espesores dispares: en margen izquierda alcanza sus valores máximos con 350-400 m de potencia; en la zona de fundación 150-200 m; para llegar en el portezuelo del camino (margen derecha) a valores que oscilan entre 60 y 70 m.

c) Areniscas Superiores: Conforman un complejo de areniscas conglomerádicas y conglomerados de colores violáceos y rojizos de unos 150 m de espesor aproximadamente. Se hallan estratificados en bancos gruesos de 0,50 a 2,00 m de potencia. Suelen intercalarse lentes limosos rojizos de 0,10 m de espesor. Los lentes de conglomerados tienen la misma composición litológica que el Aglomerado Tobáceo. Afloran agua arriba del eje del dique y en su mayoría están cubiertas por el agua del lago. Una buena exposición de la secuencia puede verse en los alrededores de la obra de toma para riego cuando el nivel del lago se halla a cota 769.

Todo el conjunto integrado por las tres formaciones descritas anteriormente (Areniscas Inferiores, Aglomerado Tobáceo y Areniscas Superiores) tiene rumbo que varía entre $N 330^\circ - 340^\circ$ y la inclinación promedio

es de 70° al sudoeste, especialmente en la margen derecha. Para la margen izquierda los valores de inclinación se mantiene en la zona del dique, pero disminuyen a 45° en dirección hacia el norte.

El rasgo estructural más notable, pero poco apreciable en el terreno, es un corrimiento de las formaciones permo-triásicas (TG-AI-Agt-AS) sobre las areniscas cuarcíticas del Carbonífero.

Una complicación secundaria de corrimiento principal, fue la llamada Falla del Zanjón Verde, descubierta en las excavaciones realizadas para remover el aluvión del río. Esta estructura obligó a alterar el diseño del proyecto y produjo un aumento significativo en el volumen del hormigón calculado.

El corrimiento principal tiene rumbo nor-noroeste e inclinación 30° al oeste, no es visible en todo su recorrido, y por lo tanto no debe descartarse la existencia de 2 o más planos paralelos o ramificados de fractura. Las evidencias más comunes de su presencia son: anomalías en la secuencia estratigráfica y la aparición de una zona de transición entre las areniscas cuarcíticas y las volcanitas permo-triásicas representada por una franja arcillosa rojiza.

Fallas menores, se presentan perpendiculares al corrimiento, con rumbo oeste-este e inclinación cercana a la vertical.

El dique compensador Valle Grande está destinado a cumplir un doble propósito, a saber:

- Almacenar, durante los meses de invierno en los cuales no se eroga para riego, unos 100 Hm^3 , y posteriormente satisfacer las demandas regantes de San Rafael y Alvear.

- Permitir el funcionamiento racional de las centrales hidroeléctricas.

El dique está constituido por una presa aligerada de hormigón simple, formada por 25 elementos Noetzli Alcorta, de 12 m de ancho en el morro y pilar, variando el espesor del entrepaño de 2 m en la parte superior a 4,20 m en la base.

Para alcanzar el techo de roca firme fue necesario excavar 35 m de terreno aluvional, donde se descubrieron condiciones geológicas desfavorables a la estabilidad de un dique de contrafuertes puro. Esto obligó a la construcción de una platea general que se extiende bajo todo el dique, aumentando notablemente el volumen de hormigón calculado en el proyecto original.

En la cortina de impermeabilización de la garganta se perforaron 12.146 m de taladros de 50 mm y se registró una absorción total de 3.190 t de cemento portland, lo que representa un promedio de 263 kg por metro de taladro.

La altura máxima de los elementos Noetzli, es de 112 m medidos desde la cota mínima de fundación. El coronamiento del dique tiene 300 m de longitud por donde corre una calzada de doble mano. El vertedero

posee una capacidad de evacuación de $600 \text{ m}^3/\text{seg}$, con una sección rectangular de 150 m de longitud por 1,50 m de tirante, ubicado sobre el cuerpo del dique y es salvado por la calzada mediante un puente carretero apoyado sobre pilares separados a 12 m.

Las obras complementarias consisten en la toma y descarga para riego, que se efectúa por medio de 3 válvulas tipo Howell-Bunger, capaz de erogar cada una $30 \text{ m}^3/\text{seg}$, lo que le da una capacidad total de descarga de $90 \text{ m}^3/\text{seg}$. El volumen del embalse es de 160 Hm^3 a cota 812 m.

La construcción se inició en 1958 y el dique fue habilitado en 1965, demandando la obra 670.000 m^3 de hormigón colocado.

Actualmente se ha proyectado una central hidroeléctrica de 25 Mw, utilizando la tubería de riego existente. La casa de máquinas se ubicará vecina al edificio de válvulas y se denominará Central Nihuil IV.

Dique Rincón del Indio

Azud derivador, sobre margen izquierda, consta de una presa semimóvil de 60,20 m de longitud de los cuales 28,60 m son de la presa móvil y 31,60 m pertenecen a la presa fija.

La presa móvil está conformada por cinco compuertas, dos de 3 m por 2,70 m y tres de 5 m por 2,70 m separadas por cuatro pilas de 1,60 m de espesor. Sobre la misma se haya un puente de servicio.

Las obras de toma consisten en una cámara desarenadora dividida en dos secciones por tabiques de hormigón armado con vertedero de antetoma que permiten evacuar los arrastres acumulados a través de tres compuertas de 3 m por 2,50 m cada una.

Una dársena que finaliza en obra de toma del canal matriz Nuevo Alvear por donde se pueden derivar hasta $22 \text{ m}^3/\text{seg}$ por tres compuertas de 5 m por 1,90 m separadas por dos pilas de 1,60 m de espesor.

El dique está electrificado para accionar todos sus sistemas móviles, para las emergencias cuenta con grupos electrógenos y además las compuertas pueden ser accionadas manualmente.

En 1983 el dique fue reparado dándole mayor estabilidad y resistencia para soportar crecidas extraordinarias, aunque no se ha alterado fundamentalmente lo descripto.

El sistema de riego del río Atuel tiene una superficie empadronada de 290.047 hectáreas y la superficie cultivada es de 40.000 hectáreas.

CUENCA DEL RIO GRANDE

El río Grande, nacido de la unión de los cursos de los ríos Cobre y Tordillo en el Valle Hermoso, es el más caudaloso de la provincia.

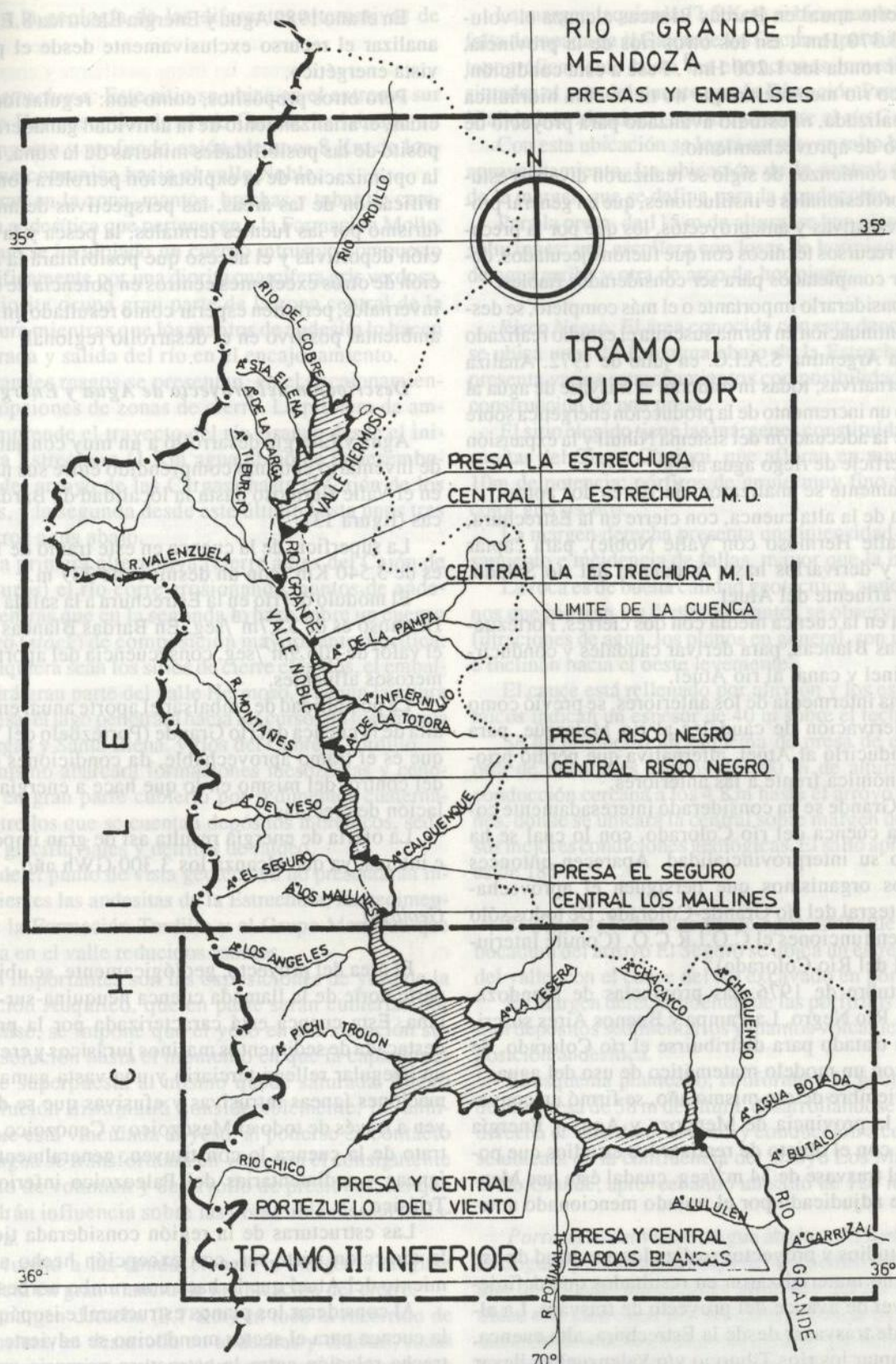


Figura 13: Aprovechamientos hidroeléctricos de las cabeceras del río Grande.

El aporte anual en Bardas Blancas alcanza el volumen de 3.370 Hm^3 . En los otros ríos de la provincia, este valor ronda los 1.200 Hm^3 . Pese a esta condición, es el único río mendocino que no tiene obra hidráulica alguna realizada, ni estudio avanzado para proyecto de algún tipo de aprovechamiento.

Desde comienzos de siglo se realizaron diversos estudios por profesionales e instituciones, que en general proponen alternativas y anteproyectos, los que por la precariedad de recursos técnicos con que fueron ejecutados, debieran ser completados para ser considerados fiables.

Por considerarlo importante o el más completo, se describe a continuación en forma sucinta el estudio realizado por Harza Argentina S.A.I.C. en julio de 1972. Analiza cinco alternativas; todas involucran el trasvase de agua al Atuel con un incremento de la producción energética sobre la base de la adecuación del sistema Nihuil y la expansión de la superficie de riego agua abajo.

Basicamente se analizaron cierres en dos zonas:

- Zona de la alta cuenca, con cierre en la Estrechura, (unión Valle Hermoso con Valle Noble), para captar caudales y derivarlos hasta la cuenca del río Salado, principal afluente del Atuel.

- Zona en la cuenca media con dos cierres, Portezuelo y Bardas Blancas, para derivar caudales y conducirlos por túnel y canal al río Atuel.

La zona intermedia de los anteriores, se previó como posible derivación de caudales al río Malargüe, para luego conducirlo al Atuel, alternativa que perdió prioridad económica frente a las anteriores.

El río Grande se ha considerado interesadamente como la alta cuenca del río Colorado, con lo cual se ha esgrimido su interprovincialidad. Aparecen entonces numerosos organismos que persiguen el aprovechamiento integral del río Grande-Colorado. De todos sólo continúa en funciones el C.O.I.R.C.O. (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado).

En octubre de 1976, las provincias de Mendoza, Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires suscribieron un tratado para distribuirse el río Colorado, de acuerdo con un modelo matemático de uso del agua.

En diciembre de ese mismo año, se firmó un convenio entre la provincia de Mendoza y Agua y Energía Eléctrica, con el objeto de realizar los estudios que posibiliten el trasvase de $34 \text{ m}^3/\text{seg}$, cuadal éste que Mendoza tiene adjudicado por el tratado mencionado anteriormente.

Los estudios y proyectos realizados en virtud de ese convenio no materializaron en resultados que definieran un nivel de avance del proyecto de trasvase. La alternativa de trasvasar desde la Estrechura, alta cuenca, implica captar los ríos Tiburcio y/o Valenzuela y llevar sus caudales al río Grande en Valle Hermoso, ya que el módulo de este río en el lugar es de $32,7 \text{ m}^3/\text{seg}$.

En el año 1989 Agua y Energía Eléctrica S.E. decidió analizar el recurso exclusivamente desde el punto de vista energético.

Pero otros propósitos, como son: regulación de crecidas, el afianzamiento de la actividad ganadera, el propósito de las posibilidades mineras de la zona, asegurar la optimización de la explotación petrolera con la electrificación de las áreas, las perspectivas de ampliar el turismo por las fuentes termale, la pesca y la navegación deportivas y el acceso que posibilitará la habilitación de otros excelentes centros en potencia de deportes invernales, permiten esperar como resultado un impacto ambiental positivo en el desarrollo regional.

Descripción del proyecto de Agua y Energía

Agua y Energía desarrolló a un muy confiable nivel de inventario el tramo comprendido entre sus nacientes en el Valle Hermoso hasta la localidad de Bardas Blancas (figura 13).

La superficie de la cuenca en este tramo de 140 Km, es de 5.540 Km^2 con un desnivel de 737 m.

El módulo del río en la Estrechura a la salida de Valle Hermoso es de $32,7 \text{ m}^3/\text{seg}$. En Bardas Blancas alcanza el valor de $106,9 \text{ m}^3/\text{seg}$, consecuencia del aporte de numerosos afluentes.

La posibilidad de embalsar el aporte anual en la parte alta de la cuenca del río Grande (Portezuelo del Viento), que es el tramo aprovechable, da condiciones óptimas del control del mismo en lo que hace a energía y regulación de crecidas.

La oferta de energía resulta así de gran importancia e interés, ya que alcanza los 3.300 GWh año.

Geología

El área del proyecto, geológicamente, se ubica en la parte norte de la llamada cuenca neuquina-sur-mendocina. Esta cuenca está caracterizada por la presencia destacada de sedimentos marinos jurásicos y cretácicos, un irregular relleno terciario y una vasta gama de formaciones ígneas intrusivas y efusivas que se distribuyen a través de todo el Mesozoico y Cenozoico. El sustrato de la cuenca lo constituyen, generalmente rocas ígneas y sedimentarias del Paleozoico inferior y del Triásico.

Las estructuras de la región considerada tienden a la dirección norte-sur, con excepción hecha al lineamiento del Atuel que lo hace con rumbo noroeste.

Al considerar los planos estructural e isopáquico de la cuenca para el sector mendocino se advierte una estrecha relación entre la estructura primaria originada por la subsidencia diferencial del zócalo prejurásico y la producida por la orogenia andina. Se analizará a con-

tinuación la geología de las diferentes alternativas de cierre.

La Estrechura: Este sitio se ubica en el extremo sur del valle Hermoso, donde el río Grande ha labrado un corto, angosto y profundo cajón, de unos 8 Km de longitud, que comunica hacia el valle Noble.

Afloran en la zona, mantos, brechas y tobas de composición andesítica que pertenecen a la Formación Molle, en los que se ha alojado un cuerpo intrusivo compuesto petrográficamente por una diorita cuarcífera gris verdosa.

La diorita ocupa gran parte de la zona central de la Estrechura mientras que los mantos de andesita lo hacen a la entrada y salida del río en el encajonamiento.

A grandes rasgos se presentan, en el encajonamiento, dos opciones de zonas de cierre. La primera de ambas, comprende el trayecto del río Grande desde el inicio de la Estrechura (1 Km agua abajo de la desembocadura del arroyo de las Cargas) hasta el Cajón de los Oscuros, y la segunda desde este último hasta unos tres kilómetros aguas abajo.

En la primera alternativa (cierre antes del Cajón de los Oscuros) el río corre erosionando mantos de andesita, mientras que en la segunda lo hace sobre un cuerpo intrusivo (*stock*) de composición mayormente diorítica.

Cualquiera sean los sitios de cierre elegidos, el embalse cubrirá gran parte del valle Hermoso, y según la altura de la presa, el lago penetrará hacia los cursos de los arroyos Las Cargas y Santa Elena, y ríos del Cobre y Tordillo.

El mismo abarcará formaciones mesozoicas y cenozoicas, en gran parte cubierto por sedimentos cuaternarios, entre los que se cuentan depósitos morénicos, sedimentos glaciales y detritos de faldeo.

Desde el punto de vista geotécnico no presentarán inconvenientes las andesitas de la Estrechura, las sedimentitas de la Formación Tordillo y el Grupo Mendoza que presenta en el valle reducidos asomos.

Más importantes son las exposiciones de yeso de la Formación Auquilco, que en parte serán cubiertas por el embalse, se impone que el yeso en esa situación sufrirá disolución hasta el momento en que la capa directamente superpuesta al mismo quede saturada. Luego la disolución disminuirá considerablemente. La anhídrita que está vinculada al yeso, al ponerse en contacto con el agua se transformará en yeso con el consiguiente aumento de volumen y desarrollo de presiones, las que no tendrán influencia sobre las obras ubicadas en la Estrechura.

En cuanto a las conducciones, la margen a elegirse dependerá en gran manera de la ubicación del cierre.

La margen derecha (3,7 Km) en todo el recorrido de la angostura, se desarrolla en andesitas y dioritas, rocas de aspecto compacto, sin problemas de tapada ni acarreo significantes, pero topográficamente está limitada hasta la desembocadura del río Tiburcio.

La margen izquierda (7,5 Km) si bien puede presentar falta de tapada en el Cajón de los Oscuros, permite acceder topográficamente hasta las elevaciones inmediatamente situadas al este del puente que la Dirección Provincial de Vialidad de Mendoza, construyó sobre el río Grande.

Con esta ubicación se logra un mayor salto bruto en el aprovechamiento. La ubicación de la central dependerá de la margen que se defina para la conducción.

Para la presa, de 115 m de altura, se han planteado dos soluciones: una escollera con losas de hormigón en talud de agua arriba y otra de arco de hormigón.

Risco Negro: El área conocida con esta denominación se ubica unos 20 Km agua abajo de la Estrechura, el río presenta varios estrechamientos con posibilidades para la construcción de una presa.

El sitio elegido tiene las márgenes constituidas por volcánicas del Grupo Choiyoi, que afloran en mantos de 5-10m de potencia: pórfiros de grano muy fino y lavas de color gris oscuro.

La margen derecha presenta una intensidad de diaclasamiento e incidencia de fallas, mayor que la izquierda.

La roca es de buena calidad geotécnica, aunque en planos que separan los distintos mantos se observan algunas filtraciones de agua, los planos en general, son irregulares e inclinan hacia el oeste levemente.

El cauce está rellenado por aluvión y los estudios sísmicos indican un espesor de 40 m sobre el techo de roca.

Se ha propuesto un esquema de presa de escollera y otra de materiales sueltos de 100 m de altura, con una conducción cercana a los 4 Km hasta el arroyo El Montañés, donde se ubicará la central sobre margen derecha por sus mejores condiciones geológicas. El salto aprovechable es de 185 m.

El Seguro: Inmediatamente agua arriba de la desembocadura del arroyo El Seguro se ubica un estrechamiento del valle, con el cauce del río excavado en porfiritas.

En margen derecha además de las porfiritas se encuentran depósitos sedimentarios y mantos volcánicos de composición andesítica.

El esquema planteado, conforme a la geología, es el de una presa de 58 m de altura, desarrollándose en margen derecha el vertedero, la toma y conducción a central. Esta se ubicará en la confluencia del arroyo Los Mallines con el río Grande, aprovechando un salto de 120 m.

Portezuelo del Viento: Agua abajo, a 42 Km del arroyo El Seguro y 5 Km agua abajo del encuentro del río Chico, uno de los más importantes afluentes del río Grande, se ubica este cierre que por sus características ha llamado la atención de muchos, siendo así el lugar que históricamente ha tenido más estudios para estos fines.

El gran valle de lomas suaves se cierra bruscamente y el río pasa por una estrechura labrada en un cuerpo rocoso

de la Formación Choiyoi compuesto por aglomerados y brechas volcánicas de excelente calidad geotécnica según los ensayos realizados.

Sumados a las condiciones topográficas y geológicas del cierre, un caudal medio en esta progresiva es del orden de los $100 \text{ m}^3/\text{seg}$, y un valle que puede llegar a contener el aporte anual, resulta una de las alternativas más importantes.

En el sitio elegido, a nivel del río, el ancho de esta estrechura de 70m, el espesor de aluvión, según estudios de sísmica y una perforación, alcanza una profundidad de 37 m y conforma una garganta en V.

En esta progresiva, el río ha disminuido su pendiente y los esquemas se orientan a presas con central al pie.

Así se han evaluado dos esquemas para el cierre: uno con presa de hormigón de gravedad y otra de escollera con pantalla de hormigón sobre el talud de agua arriba. Ambos esquemas tienen la central al pie: la presa de hormigón con la reducida conducción en su mismo cuerpo y la otra solución con la toma y conducción excavada en roca. En la presa de hormigón, el vertedero se ubica sobre ella; en cambio en la de escollera se lo ubica excavando una de las márgenes.

Se ha trabajado con una altura de presa de 157 m.

Bardas Blancas: Agua abajo de Portezuelo del Viento, antes de salir del macizo cordillerano, el río Grande discurre en un ambiente de pórfiros, en general de coloración rojiza, a lo largo de casi 20 Km.

En este recorrido se observaron algunos estrechamientos con posibilidad de ubicar los correspondientes cierres. Tal es el caso de Rincón de los Godos, unos 7 Km agua arriba del puente de la ruta 40 en Bardas Blancas. Este lugar ya había sido considerado alrededor del año 1970, existiendo algunos antecedentes de estudios, que ahora con la ejecución de perfiles sísmicos, confirmaron una gran profundidad del techo de roca; además la calidad del macizo rocoso en los posibles apoyos, disminuido por la roca intensamente diaclasada, y la menor capacidad del embalse, reducida por su ubicación más cercana a Portezuelo del Viento, llevaron a descartar por el momento, al menos esta alternativa de cierre.

En cambio, el lugar que se elige como cierre y se denomina Bardas Blancas por el nombre de la zona, se ubica unos 1.400 m agua arriba del puente de la ruta nacional 40 y unos 300 m agua abajo del Chacay-Co.

La separación entre ambas márgenes es de 600 m, separando a las laderas de apoyo un manto aluvional, que por los estudios de sísmica y un sondeo ejecutado, tiene un espesor máximo en el centro del río de 60 a 70 m.

Ambas laderas están constituidas por pórfiros rosados de la Formación Choiyoi en los que se emplazan varios diques de lampróiros de color verdoso, muy meteorizados.

Se ha trabajado sobre la idea de una presa de materiales sueltos con núcleo impermeable de 80 m de altura, con central a pie de presa, las obras auxiliares y complementarias se pueden ubicar en cualquiera de sus márgenes.

Las características de esta presa la hacen compatible para, en algún momento, captar los caudales que la provincia de Mendoza espera trasvasar al río Atuel para ampliar las áreas bajo riego y la generación del Sistema Nihuil.

CUENCA DEL RIO MALARGÜE

Dique Gobernador Brisoli

La única obra sobre este río es el azud derivador para riego semimóvil de 103,85 m de longitud. La presa fija está ubicada sobre la margen derecha, tiene 75,85 m de largo y la presa móvil es de 28,0 m de longitud. Posee un vertedero por sobre la presa fija de igual longitud que ésta.

Sobre el dique se ubica un puente carretero con una calzada de 3 m de ancho, el mismo es para servicio de la presa.

La parte móvil consta de cuatro compuertas de sector con un radio de 3,80 m separadas por cuatro pilas de 2 m de espesor cada 5 m. Actualmente es el único dique que posee este tipo de compuertas.

Las obras de toma consisten en: Una cámara desripadora que posee un vertedero de antetoma y está dividida en tres sectores por tabiques de hormigón armado que permiten evacuar el material sólido acumulado, a través de tres compuertas.

Una pequeña dársena que termina en la obra de toma del canal matriz Cañada Colorada por el cual se pueden llegar a derivar hasta $15 \text{ m}^3/\text{seg}$ por dos compuertas de 3 m de ancho cada una.

Todos sus sistemas móviles están electrificados y para el caso de emergencia cuenta con grupos electrógenos, aparte de que las compuertas pueden ser accionadas manualmente.

La superficie de riego empadronada es de 10.705 hectáreas de ellas son cultivadas 3.249 hectáreas.

OTRAS OBRAS HIDRAULICAS

Existen otras obras para derivación de riego, de menor envergadura, sobre los arroyos Las Tunas, Aguanda y Yaucha, en la cuenca media del río Tunuyán.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Empresa Agua y Energía Eléctrica S.E., por el acceso brindado a la información de su propiedad.

También al Ing. Pedro Oelsmer, del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza.