

# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>GEOGRAFIA REGIONAL</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	<b>12</b>
5.1	Población Beneficiada .....	12
5.2	Clima de la región.....	15
5.3	Fauna .....	17
5.4	Vegetación.....	17
<b>6</b>	<b>GEOTECNIA Y GEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO Y VASO DE LA PRESA MIRANDA</b> .....	<b>20</b>
6.1	Litología .....	23
6.2	Geología General del Río Miranda.....	23
6.3	Cuadro Estratigráfico.....	24
6.4	Relevamiento geológico de la zona del vaso .....	24
<b>7</b>	<b>METEOROLOGÍA</b> .....	<b>28</b>
7.1	Estación Climatológica Chilecito.....	28
7.2	Estación Climatológica Punta del Agua. ....	29
<b>8</b>	<b>MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN</b> .....	<b>30</b>
8.1	Información disponible .....	31
8.2	Metodología .....	31
8.3	Utilización .....	32
<b>9</b>	<b>ESTUDIOS HIDROLOGICOS</b> .....	<b>33</b>
9.1	Cuencas.....	34
	Delimitación de las cuencas y subcuencas. ....	34
	Superficie de la Cuenca.....	36
	Perímetro de la Cuenca.....	36

Forma de la Cuenca.....	36
Red de Drenaje de la Cuenca.....	38
Densidad de Drenaje de la Cuenca.....	39
Sinusoidad de la Cuenca.....	40
Traza de los cursos principales y secundarios.....	40
Determinación de los CN en la cuenca.....	41
Uso del Suelo.....	42
Tiempo de concentración de las subcuencas.....	43
9.2 Precipitación.....	44
<b>10 MODELACIÓN COMPUTACIONAL.....</b>	<b>47</b>
10.1 HEC-HMS.....	47
10.1 Niveles del embalse.....	51
10.2 Capacidad de Almacenamiento.....	52
<b>11 SÍNTESIS DE CONDICIONANTES DE DISEÑO.....</b>	<b>53</b>
<b>12 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....</b>	<b>54</b>
12.1 Definición del Tipo de Presa.....	54
12.2 Opción de Presa de HCR.....	56
12.3 Condicionantes del Diseño.....	57
Presa de HCR: Dimensiones Propuestas.....	57
<b>13 CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN.....</b>	<b>62</b>
13.1 Requisitos a cumplir por los hormigones.....	62
<b>14 ORGANOS DE OPERACIÓN.....</b>	<b>64</b>
14.1 Obra de desvío.....	64
14.2 Obra de Toma.....	66
14.3 Vertedero.....	68
<b>15 PERFORACIONES E INYECCIONES.....</b>	<b>72</b>
15.1 Perforaciones.....	72
15.2 Perforaciones para Cortina de Inyecciones.....	73
15.3 Sistema de Inyección.....	73
15.4 Ensayos para Caracterizar el Material a Inyectar. Ensayo Lugeon (1936). ....	73
15.5 Métodos de Ejecución de las Inyecciones por Tramos.....	75

# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.

## 1 INTRODUCCIÓN

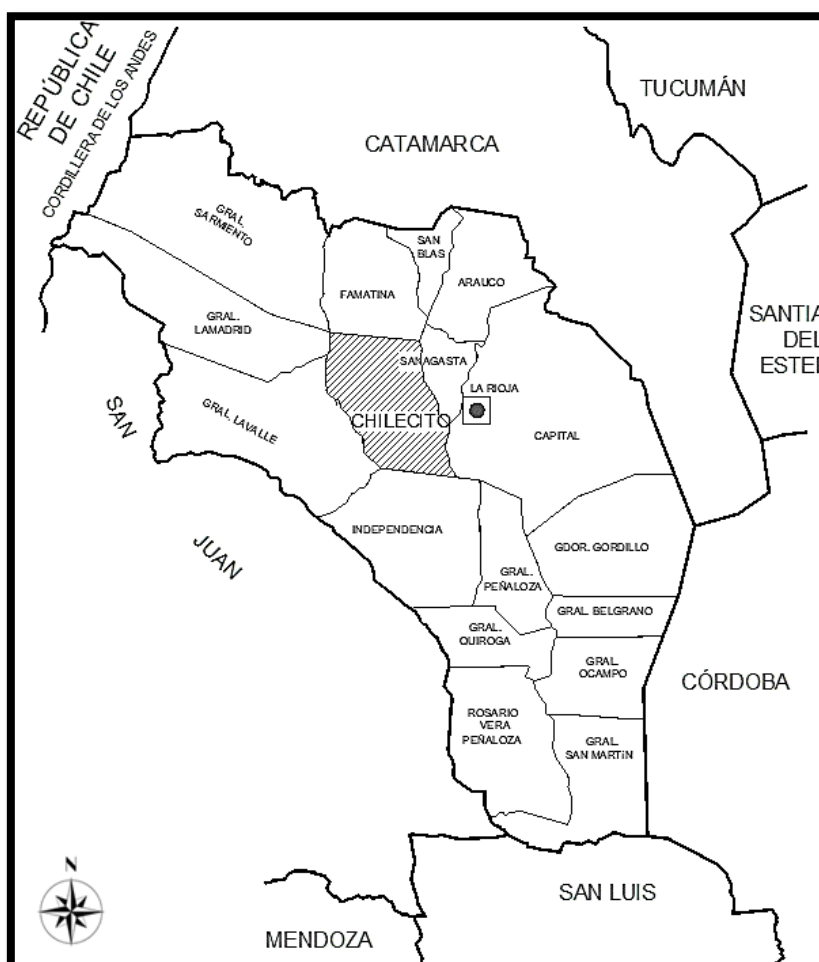
La demanda de agua en el país y en gran parte de la provincia de La Rioja se ha incrementado en los últimos años y las represas aparecen como una herramienta económicamente viable para poder almacenar el agua en el invierno para usarla en el verano cuando escasea. De esta manera las represas permiten satisfacer dicha demanda, frente a la imposibilidad de poder realizarlo mediante una obra de toma con el caudal firme de un curso de agua.

Con este fin se plantea el estudio del aprovechamiento del Río Miranda en base a un conjunto de estudios y anteproyectos que datan de 1952, el que permitirá almacenar un volumen suficiente para abastecer de agua potable y para riego a las localidades de Miranda, Sañogasta, Nonogasta y poblados vecinos maximizando la relación almacenamiento/costo.

El Río Miranda se sitúa en el Departamento Chilecito, en el centro de la Provincia de La Rioja. Forma un estrecho entre la sierra de Famatina y la sierra de Sañogasta. Chilecito y los Valles del Famatina son una amplia región turística y productiva, con grandes viñedos (el cultivo principal), además de olivos, nogales y diferentes variedades de frutales.

El río Miranda nace en la confluencia de los arroyos Cóndor-Huasi, Inca-Huasi y Remanso que vienen del Alto Blanco, cae a la cuesta de Miranda, emerge frente a Sañogasta y se pierde en los llanos próximos. Recibe, unidos, dos arroyos que bajan, uno de Cerro Cosme (3.600m) y otro de Tambillos y Las Trancas que corre paralelo a la Ruta 40 en ese tramo.

El sistema de Sierras de Famatina alcanza los 6000 m de altura extendiéndose de norte a sur de forma paralela a la cordillera de los Andes, estando separadas del macizo Andino por el Valle del Río Bermejo

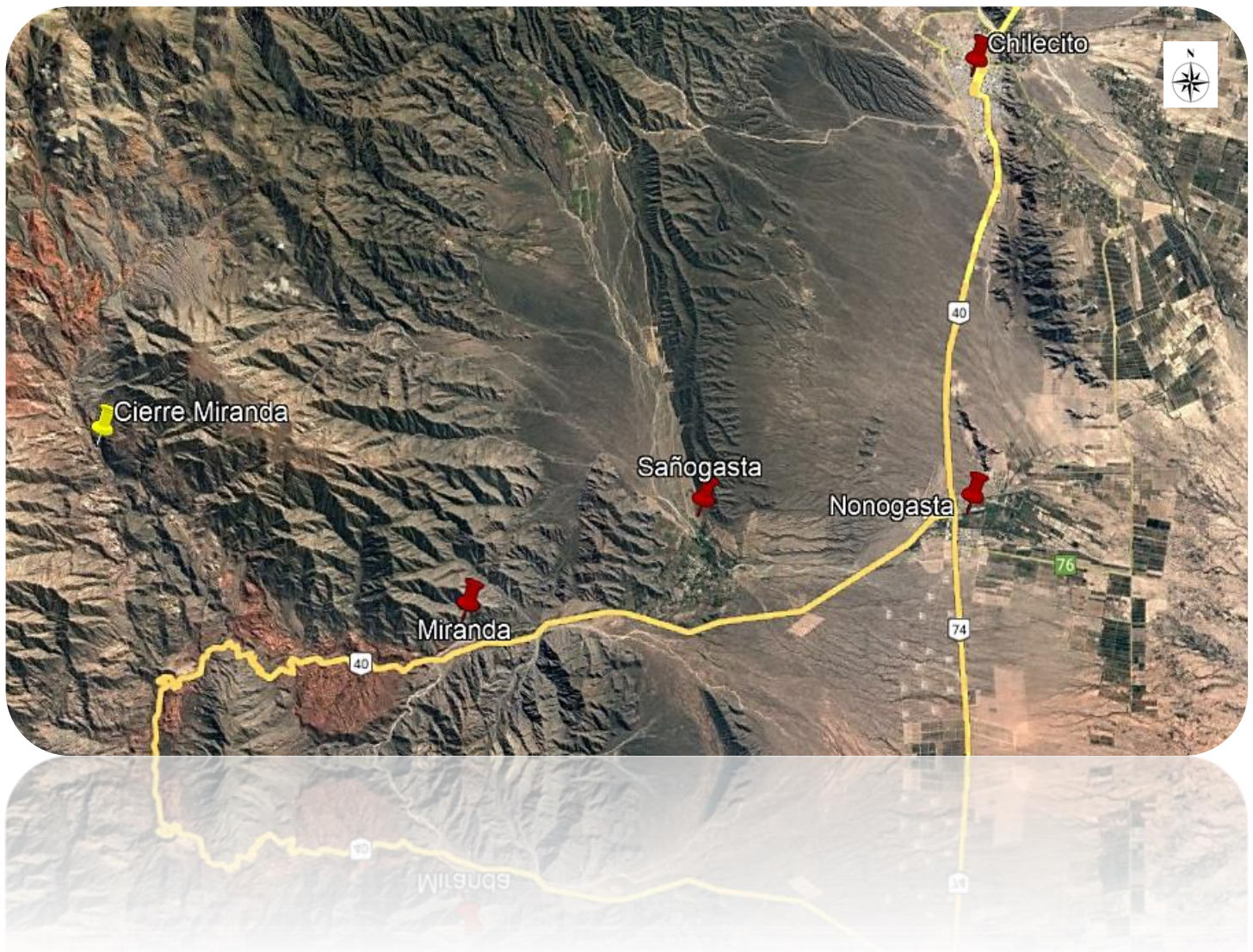


## CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.

o Vinchina, y de las sierras de Velasco por el valle Antinaco - Los Colorados. La pendiente occidental es sumamente fuerte, mientras que la oriental es más suave y por ella escurren los principales cursos de agua que se originan en lo alto de estas sierras por las precipitaciones de nieve y lluvia. Son de norte a sur los ríos Chañarmullo, Famatina, Durazno y Miranda, y otros de menor importancia. Todos los ríos nacen y mueren dentro de la provincia.

El río Miranda se utiliza en la actualidad para el riego en la zona de Miranda y Sañogasta, captando su caudal de estiaje mediante un dique derivador. El caudal de las crecientes se pierde frente a la población de Nonogasta situada a unos 17 Km al sur de Chilecito, en las coordenadas geográficas: Longitud:  $-67,50^{\circ}\text{O}$ ; Latitud:  $-29,50^{\circ}\text{S}$ .

La obra de aprovechamiento del Río Miranda se encuentra ubicada en el Departamento de Chilecito al norte de la Cuesta de Miranda, uno de los mayores atractivos turísticos de La Rioja. La Cuesta de Miranda está situada a 35 km al oeste de la ciudad de Chilecito, sobre la Ruta 40.



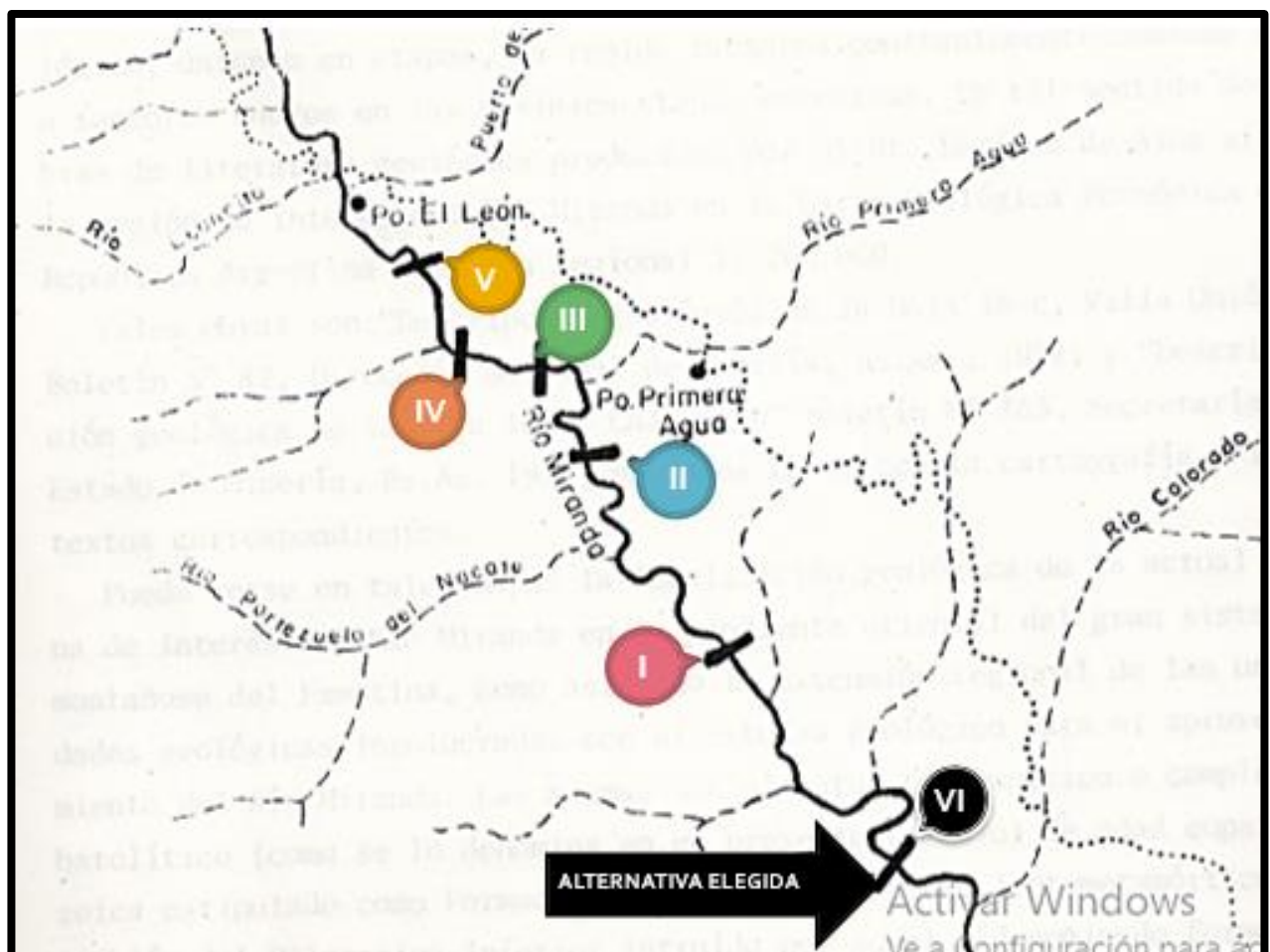
## 2 ANTECEDENTES

Existen varios antecedentes que se refieren al estudio del río Miranda, comprendiendo distintos aspectos tales como la edafología, geología y geotecnia para presas, incluyendo perforaciones de investigación y sondeos para estudios de yacimiento.

Se pueden mencionar los siguientes antecedentes de estudios de aprovechamiento del Río Miranda:

- Informe y plano del Ing. José E. Martínez (1952), profesional de la empresa Agua y Energía Eléctrica, relativo a las posibilidades de aprovechamiento hidroeléctrico.
- Estudio de prefactibilidad de Aprovechamiento de agua del río Miranda, del ing. Civil Oscar R. García. (1996).
- Estudio Geológico – Geomorfológico - FUN-COR
- Planos Geológicos del Dr. L. P. Lanyi

En los mismos, se plantearon diversas alternativas para materializar el mismo, los cuales iban variando de sistema constructivo, como así también la ubicación de la zona del cierre como se muestra en la siguiente imagen:



Estas alternativas fueron descartadas por las siguientes razones:

- I**
  - Roca de características mecánicas aceptable.
  - Se eliminó por que las laderas presentaban discontinuidades
- II**
  - Roca de calidad aceptable.
  - Se eliminó por que la longitud del coronamiento era mayor a 350 - 450mts.
- III**
  - El granito se encuentra fuertemente alterado y finamente diaclasado.
- IV**
  - Ladera baja.
  - Se eliminó por que la ladera presenta una fractura importante pocos metros aguas arriba del cierre.
- V**
  - Difícil acceso al lugar del emplazamiento de cierre.

### 3 FUNDAMENTACIÓN

La provincia de La Rioja se caracteriza por poseer un recurso hídrico escaso agravado por un clima seco y árido. El módulo de todos los ríos de esta provincia es el menor del país y alcanza en época de estiaje los 13 m/s; sin embargo, en épocas de lluvias puede provocar crecidas repentinas y puntuales que afectan las ciudades ribereñas. Por otro lado, esta escasez del recurso superficial conlleva en general a una sobre explotación del agua de origen subterráneo.

A partir de lo anteriormente descrito, surge la necesidad de controlar el agua superficial tanto para su almacenamiento y su posterior utilización para riego, como así también, para proteger a las ciudades ribereñas de las inundaciones en los períodos de mayor pluviosidad.

Esto condujo a la necesidad de evaluar anteproyectos de obras que permitan maximizar el aprovechamiento del recurso superficial ya que, tal como se señaló, la provincia de La Rioja es la provincia con el menor módulo de agua superficial del país.

En ese contexto, la zona que involucra las localidades de **Miranda, Sañogasta, y Nonogasta, Vichigasta** y poblados vecinos existe un desarrollo creciente de la producción agrícola, destinada al **cultivo de la vid y olivos** particularmente pero también se destaca el nogal y otros cultivos.

Esto genera un fuerte desarrollo económico de la zona que es fuente de empleo directo vinculado al desarrollo agrícola, y también, indirecto vinculado a toda la manufactura e industria que se comercializa a partir de los productos derivados. En la actualidad, la gran mayoría de las estaciones agropecuarias, el 47 % según el censo nacional agropecuario del año 2008, posee un tamaño menor a 5 Ha como se puede observar en el siguiente gráfico. Estos minifundios, debido a la escasez del recurso reciben una escasa dotación de riego con lo cual no poseen la totalidad de la superficie cultivable bajo práctica agrícola.

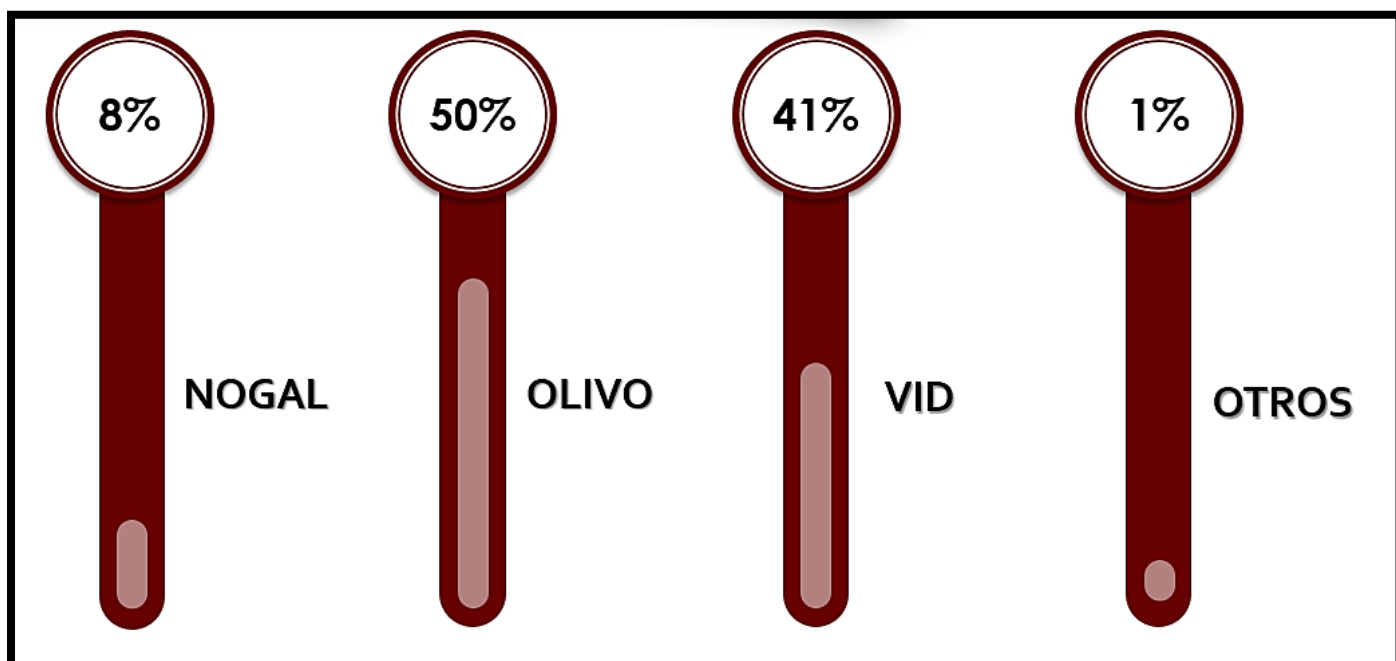


El presente proyecto permitirá almacenar el volumen suficiente para abastecer de agua para riego a las localidades de Miranda, Guanchín, Sañogasta, Nonogasta, Vichigasta y poblados vecinos, estimando unas 1672.55 Ha de superficie de riego.

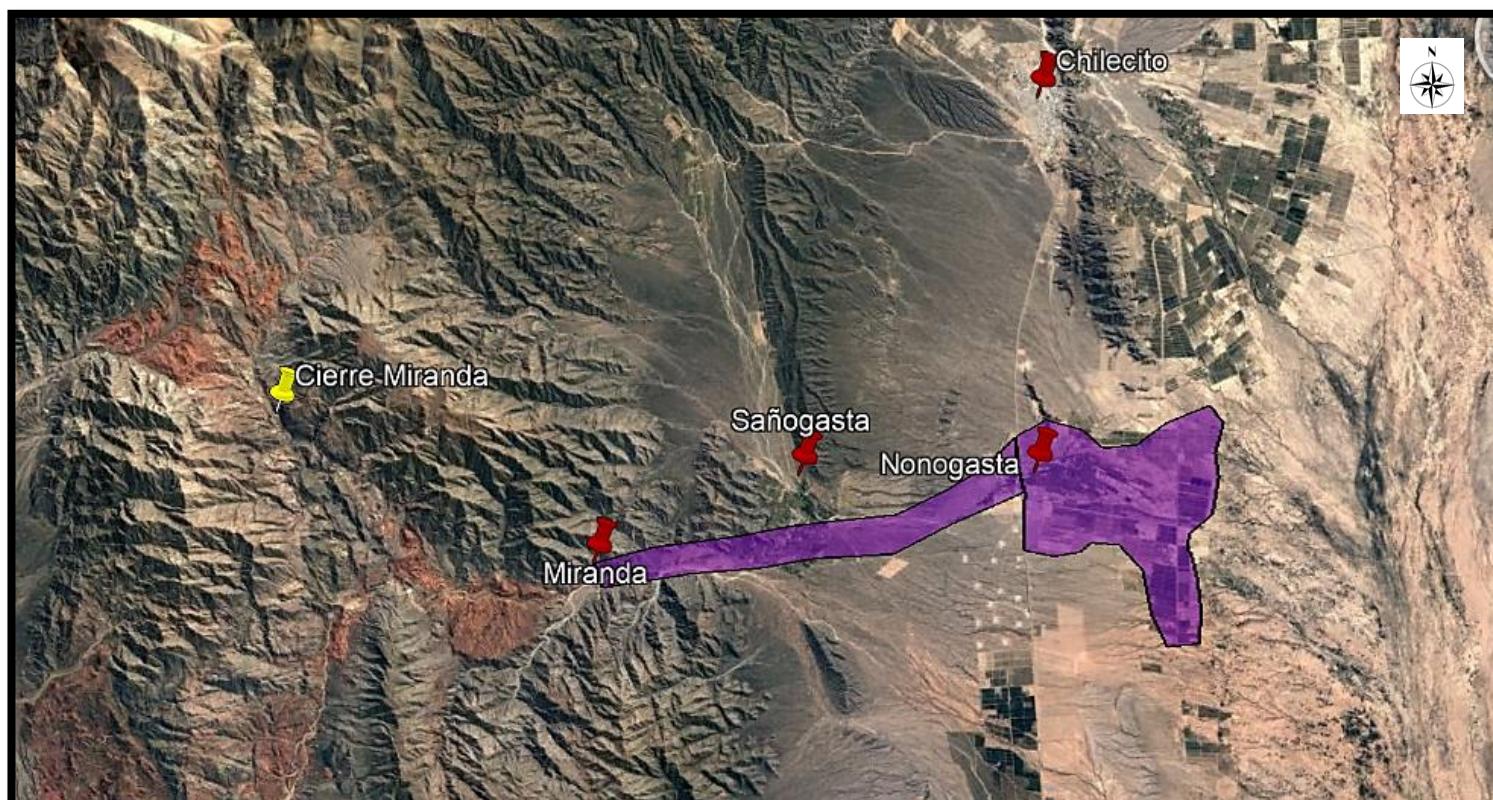
Localidad	No de predios	Superficie total (Ha)	Superficie Cultivada (Ha)	Porcentaje
Miranda	42	109.00	43.00	39%
Nonogasta	55	865.00	370.41	43%
Sañogasta	421	598.55	243.55	41%
Vichigasta	170	100.00	100.00	100%
<b>TOTAL</b>	<b>688</b>	<b>1672.55</b>	<b>513.41</b>	<b>31%</b>

Los datos expuestos son datos propios del IPALaR (Instituto Provincial de Agua de La Rioja). En el cuadro anterior, podemos observar que de las 1672,55 Ha potencialmente aprovechables, actualmente se encuentran cultivadas 513,41 Ha, es decir un 31 % del total de las mismas.

Teniendo en cuenta el tipo de cultivo, el área sembrada actualmente se distribuye de la siguiente forma:



Teniendo en cuenta esta cantidad de recurso disponible, el área potencialmente aprovechable para la producción agrícola será:





Mediante la implementación de esta obra, se busca reforzar estos sectores agrícolas extendiendo las áreas actualmente cultivadas y a su vez, ampliar las zonas que actualmente se encuentran bajo laboreo. Por otro lado, esto deberá ser acompañado de políticas que apoyen el crecimiento del sector para permitir este crecimiento.

Los principales objetivos del proyecto son:

- Dotar de un aporte regulado del agua para riego que permita desarrollar la actividad en mejores condiciones técnicas y ampliar la superficie implantada o bajo cultivo.
- La garantía de mayores caudales y un régimen permanente permitirá una planificación hídrica sustentable favoreciendo el crecimiento productivo por medio de la ampliación de la frontera agrícola; previéndose una mejora de la superficie cultivable actual en casi un 70%, y además ampliar la misma en 11000 Ha.
- Mitigar los efectos de las crecidas del río sobre las poblaciones ribereñas permitiendo que las mismas no se vean afectadas por los desbordes del río. Existen asentamientos ubicados a menos de 140 m del cauce los cuales se estarían protegiendo para recurrencias mayores.
- Mejorar la calidad de vida a la población que además se extenderían a las instituciones de servicios como la escuela, el jardín de infantes y el centro de salud existentes en el área del proyecto.
- Mejorar la economía regional a partir de nuevas fuentes de trabajo, del mejoramiento de las existentes y de la reactivación de la actividad agrícola e industrial asociada derivadas de la ampliación de la frontera agrícola.

**Con este fin, se plantea el estudio del aprovechamiento del Río Miranda en base a un conjunto de estudios y anteproyectos que datan del año 1952, el que permitirá almacenar un volumen suficiente para abastecer de agua para riego a las localidades anteriormente mencionadas maximizando la relación almacenamiento/costo.** Para ello fueron estudiadas obras como las que se disponen en la actualidad, azudes y canales, pero los mismos generan un alto costo inicial de inversión y una alta pérdida de agua por no poseer la construcción de los mismos las mismas exigencias que requiere una presa. Actualmente las pérdidas de los sistemas de riego de la provincia de La Rioja son realmente muy importantes.

## 4 GEOGRAFIA REGIONAL

---

El río en consideración se encuentra entre los denominados tributarios del Valle de Chilecito o Bajos de Santa Elena. Esta zona se encuentra limitada: al norte por la divisoria con la sub-cuenca del río Abaucán o Colorado o Salado, y que puede materializarse con una línea imaginaria que va de este a oeste desde Tuyubil (28° 35' - 67° 15') hasta Pituil, y desde aquí hasta la cumbre Baya, en el nevado del Famatina (28° 53' - 67° 50') al oeste por la cumbre del nevado del Famatina desde la referida cumbre Baya hasta Tambillos y de allí siguiendo la cumbre de las sierras de Sañogasta y Vilgo hasta el paralelo 30°; al sur por dicho paralelo 30° aproximadamente hasta Patquía; al este por las cumbres de la sierra de Velazco desde frente a Antinaco hasta frente a Los Colorados y estación de Patquía.

Tributan las aguas que bajan de la falda oriental de las sierras del Famatina, Sañogasta y Vilgo.

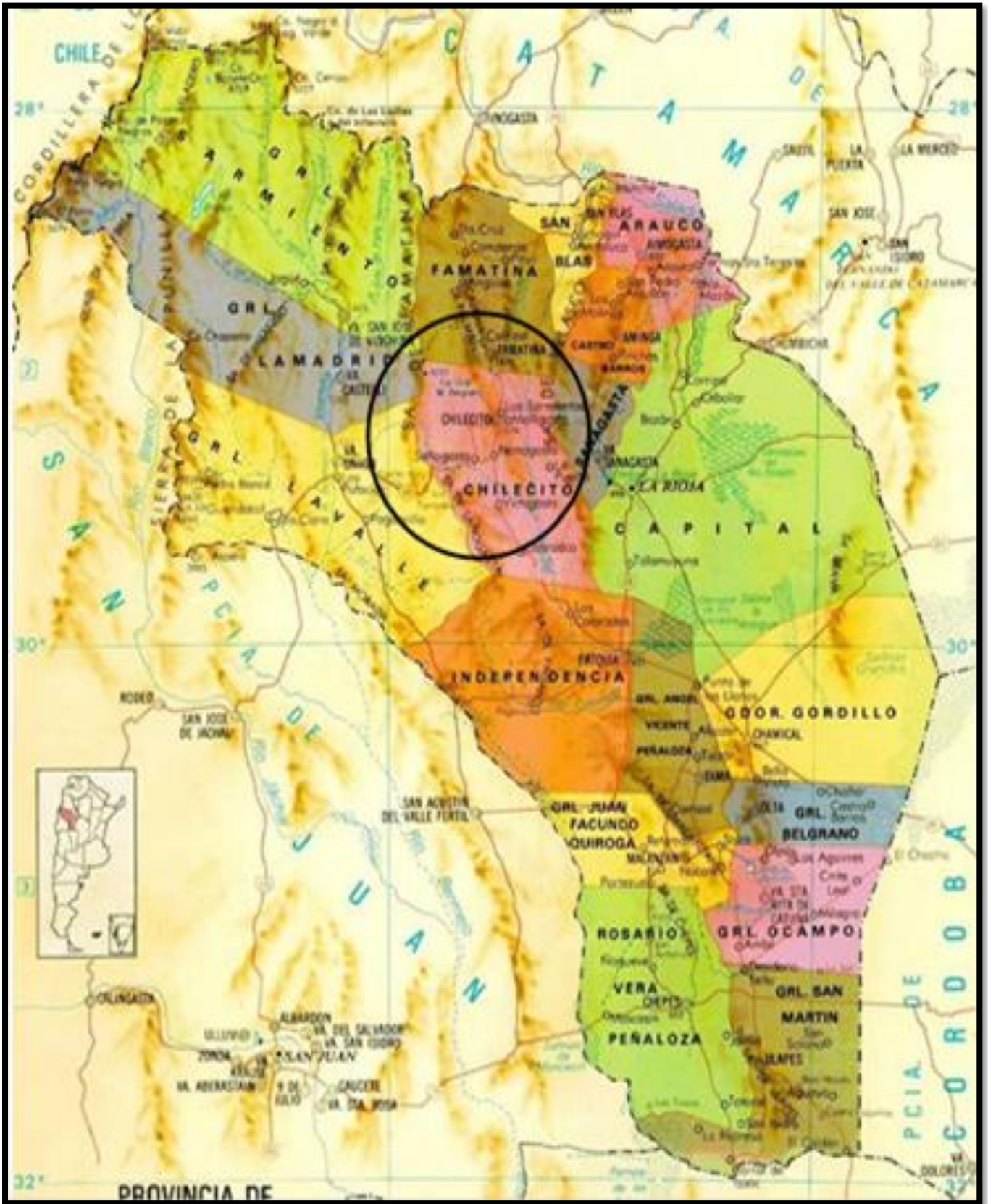
Abarca la mitad del departamento Famatina y todo el de Chilecito, debiéndose considerar también la parte norte del de Independencia, todo lo cual abarca un área de 8.180km<sup>2</sup>. El aspecto físico es sumamente abrupto. Las altas montañas del Famatina, cuyos nevados culminan en el cerro Belgrano (6.420m) y en La Mejicana (6.200m) por un lado y por el otro el Velazco, flanquean de norte a sud esta región en extremo montañosa, dejando un ancho de 60/80 km entre cumbres con varias cadenas oblicuas en las cuales hay cumbres que oscilan entre los 1.800 y 4.900m. Sólo no es montañosa una angosta faja conocida con el nombre de Valle de Chilecito (Bajos de Santa Elena en su parte más baja, cuya altura frente a Catinazco desciende a 700 m) y en Famatina. Ya hacia el Sud, la altura de las sierras desciende y las pendientes longitudinales se suavizan hasta desembocar en la gran planicie de los Llanos a partir de Los Colorados hacia el sud y el este. La utilización de los ríos para la irrigación ha construido la base de las comunidades que se han nucleado principalmente en Famatina, Chilecito (segunda ciudad de La Rioja), Nonogasta y villas adyacentes o cercanas a las anteriores. La región está comunicada por la Ruta Nacional precordillerana N° 40 que viene desde Villa Unión, penetra el área a través de la hermosa cuesta de Miranda y por la quebrada de Sañogasta llega a Nonogasta para tomar hacia el norte pasando por Chilecito, Famatina y Pituil. La Ruta N° 74, se desprende de la N°38 en Patquía, corre paralela al ferrocarril y empalma con la N° 40 en Nonogasta, poco antes de llegar a Chilecito. Esta ciudad es el centro de toda actividad de la región y aun del oeste riojano. La Ruta 76 (entre Nonogasta y Santa Elena) une en línea más recta Chilecito con La Rioja. La agricultura de regadío (totalmente) en esta zona suministra productos de muy alta calidad y valor comercial. La ganadería es escasa e inferior. La minería, muy activa, otrora dio renombre a la región con las minas de Famatina (La Mejicana) y su extraordinario e imponente acceso por cablecarril.

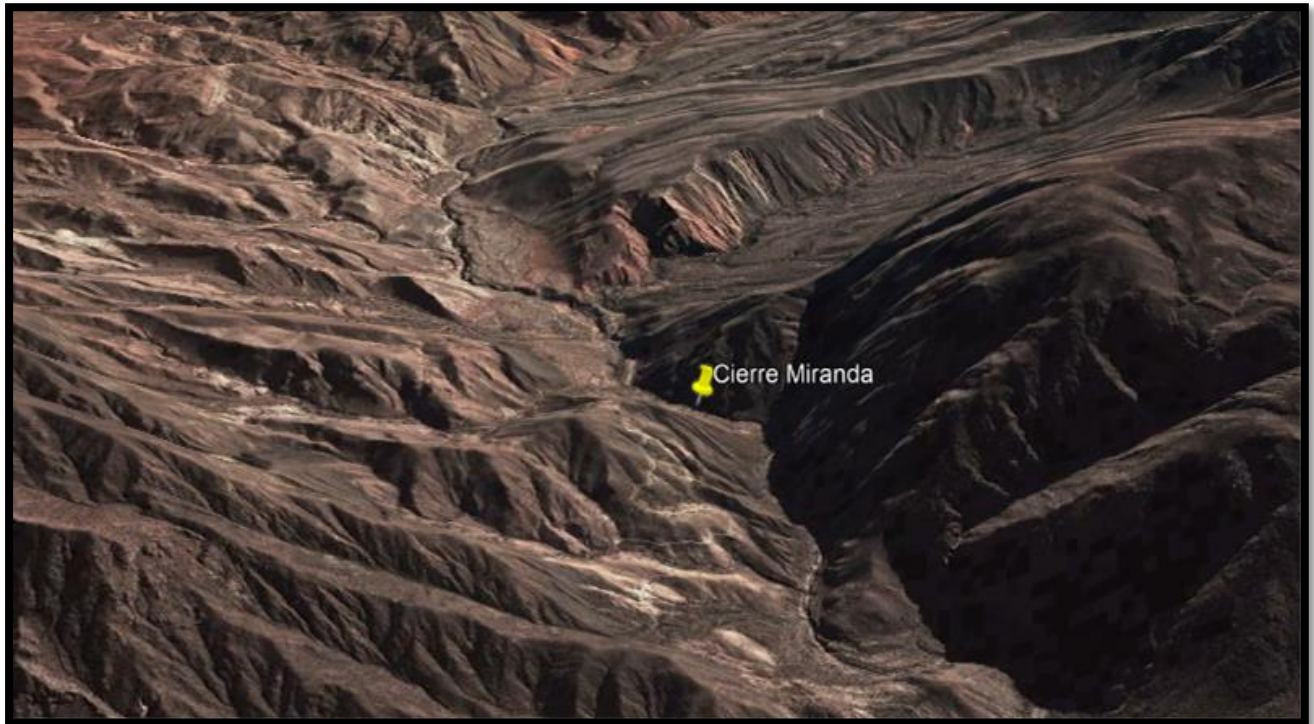
Es Chilecito la zona más prospera de la provincia, a pesar de su alejada situación geográfica y ubicación "arrinconada". En la siguiente imagen se observa la región dentro del territorio provincial donde se emplazará la obra. El Río Miranda presenta una fuerte tendencia a la generación de crecientes de gran magnitud en respuesta a la alta predominancia de rocas cristalinas poco permeables y elevadas pendientes que definen un escurrimiento excesivo. La marcada energía del relieve medio y una cubierta de vegetación natural, que por su fisonomía y densidad de cubierta, presenta un mediano a pobre grado de protección hidrológica, también aporta a la generación de excedentes de importancia. A esto se le suma la ocurrencia de tormentas convectivas intensas, favorecidas por las condiciones climáticas semiáridas (concentración de lluvias en primavera-verano) y el efecto orográfico que generan las sierras occidentales.

En lo que respecta a la zona baja de la cuenca, tienen lugar procesos de erosión hídrica, lo que involucra un importante aporte de sedimentos al cauce, durante la ocurrencia de lluvias intensas.

Seguidamente se presentan las características generales y locales de la zona (clima, geología y topografía) para posteriormente presentarse la modelación hidrológica-hidráulica del sistema para las condiciones del punto de emplazamiento.

# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.

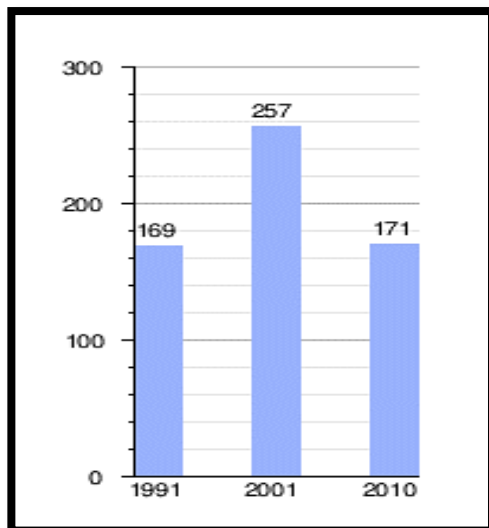




## 5 CARACTERÍSTICAS GENERALES

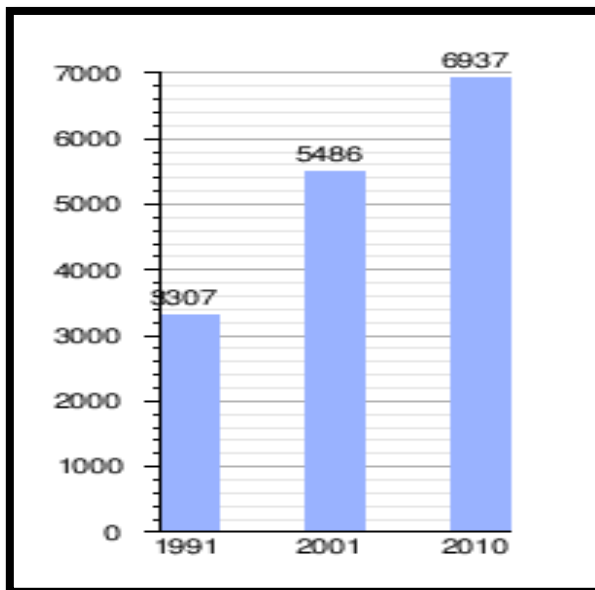
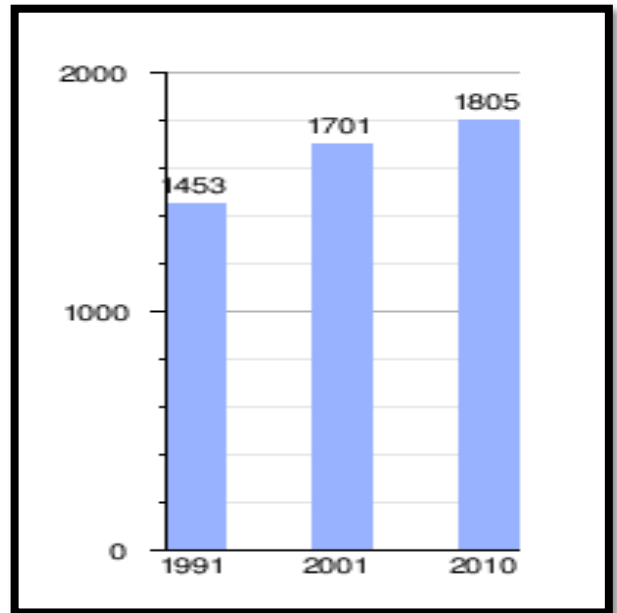
### 5.1 Población Beneficiada

A partir de los datos obtenidos de la página de la Dirección General de Estadística y Sistema de Información se pudo obtener los siguientes gráficos de la evolución de la población en el área de intervención, teniendo en cuenta los censos del año 1991, 2001 y 2010.



Variación demográfica de la Localidad de Miranda.

Variación demográfica de la Localidad de Nonogasta.



Variación demográfica de la Localidad de Sañogasta.

Es importante citar LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN ya que este dato denota la cantidad de beneficiarios del proyecto, por lo que a partir de la aplicación del Método de Proyección Demográfica descendiente se obtuvo que la población actual sería 12.486 habitantes, los cuales SE DISTRIBUYE DE LA SIGUIENTE FORMA:

$$P_{2021} = P_{2010} \cdot (1 + i)^n$$

Para MIRANDA:

$$i_1 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{1}{n_1}} - 1 = \left(\frac{257}{169}\right)^{\frac{1}{(2001-1991)}} - 1 = 0,043$$

$$i_2 = \left(\frac{P3}{P2}\right)^{\frac{1}{n2}} - 1 = \left(\frac{171}{257}\right)^{\frac{1}{(2010-2001)}} - 1 = -0,044$$

$$i = \frac{(i_1 + i_2)}{2} = \frac{(0,043 - 0,044)}{2} = -0,0005$$

$$P_{2021} = 171 \cdot (1 - 0,0005)^{(2021-2010)} = 171$$

Para Nonogasta:

$$i_1 = \left(\frac{P2}{P1}\right)^{\frac{1}{n1}} - 1 = \left(\frac{5486}{3307}\right)^{\frac{1}{(2001-1991)}} - 1 = 0,052$$

$$i_2 = \left(\frac{P3}{P2}\right)^{\frac{1}{n2}} - 1 = \left(\frac{6937}{5486}\right)^{\frac{1}{(2010-2001)}} - 1 = 0,026$$

$$i = \frac{(i_1 + i_2)}{2} = \frac{(0,052 + 0,026)}{2} = 0,039$$

$$P_{2021} = 6937 \cdot (1 + 0,039)^{(2021-2010)} = 10567$$

Para Sañogasta:

$$i_1 = \left(\frac{P2}{P1}\right)^{\frac{1}{n1}} - 1 = \left(\frac{1701}{1453}\right)^{\frac{1}{(2001-1991)}} - 1 = 0,016$$

$$i_2 = \left(\frac{P3}{P2}\right)^{\frac{1}{n2}} - 1 = \left(\frac{1805}{1701}\right)^{\frac{1}{(2010-2001)}} - 1 = 0,007$$

$$i = \frac{(i_1 + i_2)}{2} = \frac{(0,016 + 0,007)}{2} = 0,0115$$

$$P_{2021} = 1805 \cdot (1 + 0,0115)^{(2021-2010)} = 2047$$

Localidad	Población Base 2010
Miranda	171
Nonogasta	6.937
Sañogasta	1.805
<b>TOTAL</b>	<b>8.913</b>

Localidad	Población 2021
Miranda	172
Nonogasta	10.567
Sañogasta	2.047
<b>TOTAL</b>	<b>12.786</b>

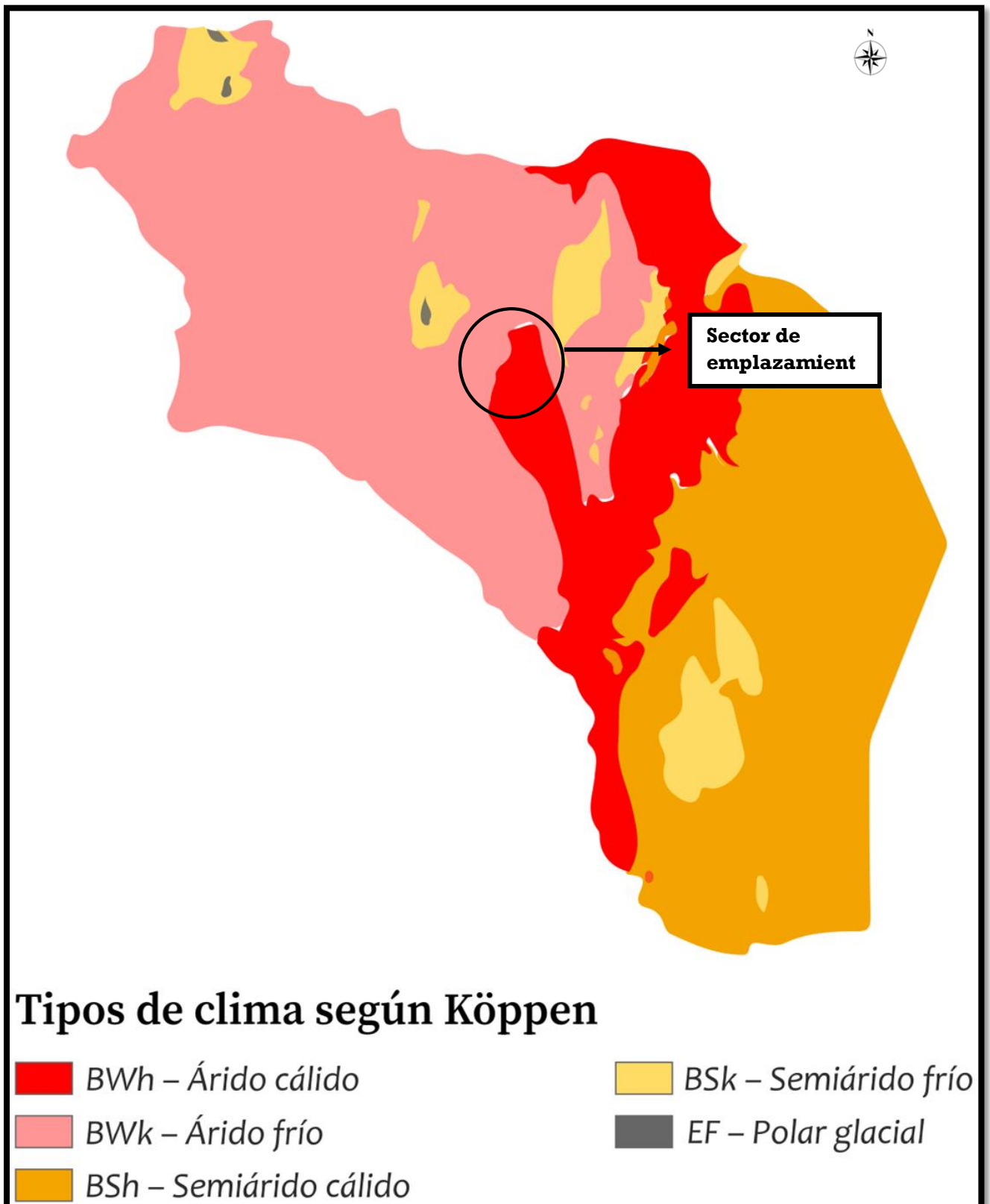
## 5.2 Clima de la región

Según la clasificación climática de Köppen, a la región le corresponde un clima tipo BWKw. Donde B significa cantidad de precipitación inferior al límite de sequía, W= características hidrometeorológicas de desierto, K = temperatura anual inferior a 18 °C pero temperatura del mes más caluroso superior a 18 °C, w = época más seca en el invierno.

Para Viers (1975) el clima es árido, tipo "sirio" pero con lluvias estivales, Köppen lo denomina "subandino" o de pie de monte andino. Fresco en invierno con temperaturas medias mensuales inferiores a 10 °C, con veranos cálidos e importante amplitud térmica anual. Las precipitaciones son escasas y más irregulares cuanto más reducido es el total medio anual; con atmósfera muy diáfana e insolación diurna considerable debido a la escasa nubosidad.

El análisis de los valores medios mensuales de los registros disponibles, indica que entre el 80% y el 90% de la precipitación anual cae entre los meses de noviembre y marzo. El índice de aridez de Martonne es de 6 a 8 en Chilecito (Valle homónimo) y de 7 en Punta del Agua (zona de Vinchina - Jagüé).

Prohaska (1951), manifiesta que en el Noroeste argentino las precipitaciones que provienen de la fuente oceánica atlántica ocurren fundamentalmente en los meses de mayor temperatura media. En efecto, en la región, el límite temporario de las nieves en verano es más bajo que en invierno, es decir, en invierno el límite de las nieves se retira a mayores altitudes o desaparece totalmente, debido a las muy escasas precipitaciones, extrema sequedad del aire, despreciable nubosidad, gran sublimación y evaporación y fuerte insolación. Además, en las vertientes expuestas al Noreste, las masas de aire húmedo provenientes de la misma dirección, determinan que en general el límite de las nieves se encuentre a menores altitudes.





### 5.3 Fauna

Un aspecto sobresaliente de toda la Región es la abundante fauna silvestre, integrada por especies que viven libremente en su ámbito natural.

Vicuñas y Guanacos pueden observarse en las zonas de montaña, particularmente en la Cordillera de Los Andes.

Entre las aves más pequeñas se encuentran: el Cardenal copete colorado, el Cardenal amarillo, el Rey del bosque, la Reina mora, Jilgueros, Zorzales y Garzas.

Otras especies típicas de la fauna andina son: Águilas, Aguiluchos, Halcones, el Suri petiso, Chimangos, Gavilanes y Caranchos.

En el resto de la región la fauna también es muy variada. Se pueden observar especies como el Puma americano, la Sacha Cabra, el Venado, el Gato montés, el Zorrino y el Chancho del monte.



### 5.4 Vegetación

En general la cobertura vegetal de la provincia es mayor que la de Mendoza y San Juan, ello se hace evidente por la presencia en las imágenes de áreas de color verde y amarillo en la mitad este de la provincia que representan áreas con cobertura vegetal superiores al 60%.

En la región oeste, con presencia de cordilleras altas y sectores de puna (mesetas de altura), la vegetación presenta escasa cobertura y está representada por especies achaparradas (en "cojín"), adaptadas a las altas radiaciones solares y climas muy fríos.

En la zona central de la provincia aparecen depresiones que dan lugar a valles como el de Vinchina, donde aparecen algunos bosques en galería (representados por los colores verde y amarillo).

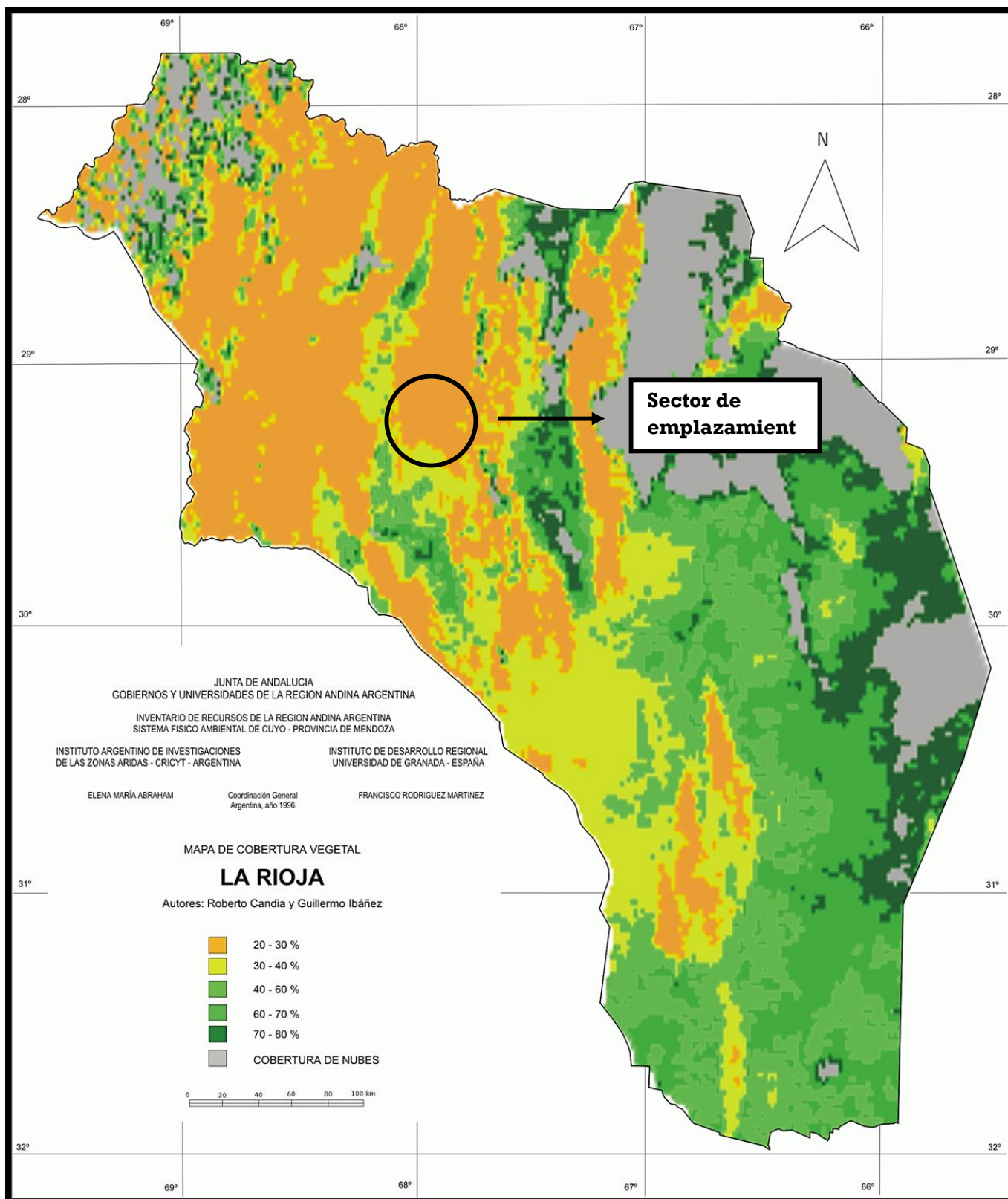
Entre las plantas arbustivas podemos destacar la abundancia de jarillas, tuscas, chañares y retamos y hierbas aromáticas y medicinales como el cedrón, poleo, vira vira y muchas más. Es una zona donde a orillas de los caminos pueden recogerse estas hierbas en su ambiente natural.

El cardón es la flor provincial de La Rioja. Es la planta que más se destaca en el entorno. Este cacto llega a medir casi 7 metros de altura y posee flores blancas y amarillas. Se adapta al clima con un cuerpo que se hincha para absorber el agua en la época de lluvias (estival), reservorio que utilizará durante el seco invierno.

Entre las plantas arbustivas podemos destacar la abundancia de jarillas, tuscas, chañares y retamos y hierbas aromáticas y medicinales como el cedrón, poleo, vira vira y muchas más. Es una zona donde a orillas de los caminos pueden recogerse estas hierbas en su ambiente natural.



En la siguiente imagen se presenta un esquema con la distribución de cobertura vegetal en la provincia de La Rioja indicándose particularmente el sitio de emplazamiento de la obra, pudiéndose validar lo referido en los párrafos anteriores respecto a la cubierta vegetal de esta zona.



## 6 GEOTECNIA Y GEOLOGÍA GENERAL DE LA ZONA DE EMPLAZAMIENTO Y VASO DE LA PRESA MIRANDA

El emplazamiento elegido para la presa fue determinado por condiciones topográficas y geológicas. La zona del cierre es una típica garganta de reducidas dimensiones, lo que es determinante de la factibilidad del proyecto ya que se recurre a una gran altura para lograr las capacidades necesarias para la regulación de las aguas del Río Miranda.

La zona estudiada sobre el Río Miranda está ubicada en la Provincia Geológica denominada Sierras Transpampeanas, y orográficamente está comprendida entre las Sierras de Famatina y Sañogasta.

Esta Provincia Geológica se extiende al oeste de las Provincia de Catamarca y La Rioja, desde la Cordillera de San Buenaventura (borde austral de la puna) por el Norte, hasta poco más al Sur de la Cuesta de Miranda, por el Sur. Hacia el este está limitada por el valle de Fiambalá -Tinogasta-Famatina-Chilecito, y hacia el oeste por el Valle de Las Lozas-Vinchina-Villa Unión. Tiene unos 240 Km de longitud y su ancho varía entre 40 y 60 km.

Las Sierras que la componen tienen un rumbo general norte-sur, y la forman los Cerros Polca, Colorado, Las Planchadas, Sierra de Narváez, Negro de Rodríguez y Sierra de Famatina. Alcanza su máxima elevación en el pico General Manuel Belgrano, en los Nevados de Famatina con 6250 m.

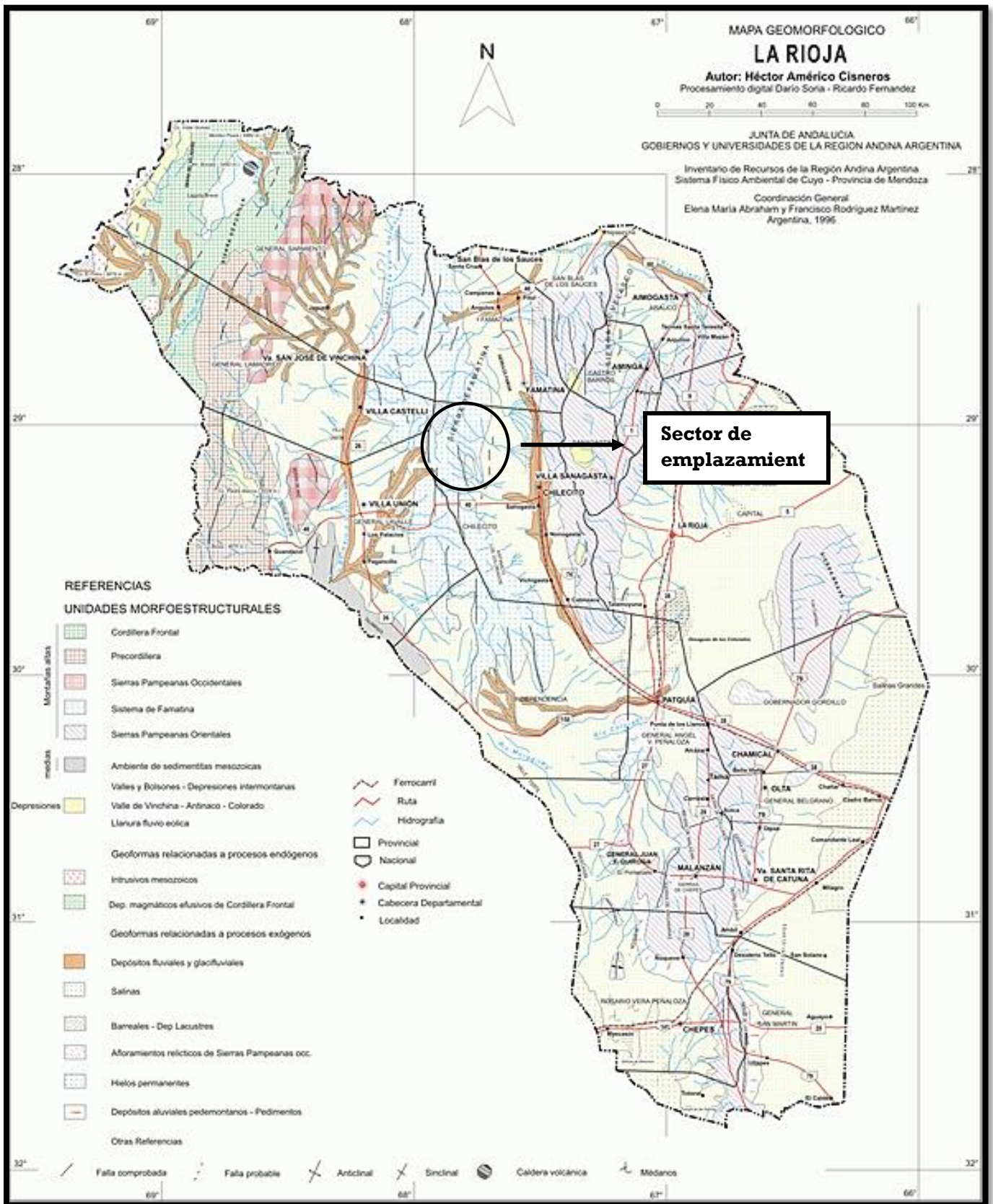
Geológicamente las Sierras Transpampeanas están constituidas por rocas metamórficas y graníticas atribuidas al Precámbrico o al Paleozoico Inferior, luego siguen rocas sedimentarias marinas del Ordovícico Inferior y Medio. Posteriormente siguieron efusiones volcánicas en forma de coladas. En discordancia sobre estos complejos se apoyan sedimentos continentales del Carbónico, Pérmico y Triásico. Durante la mayor parte del Mesozoico y el Terciario Inferior, esta Provincia Geológica fue un área de erosión. En el Terciario Superior se depositaron sedimentos continentales. Finalmente se produjeron los acarreos cuartarios, con algunas efusiones volcánicas en la parte septentrional.

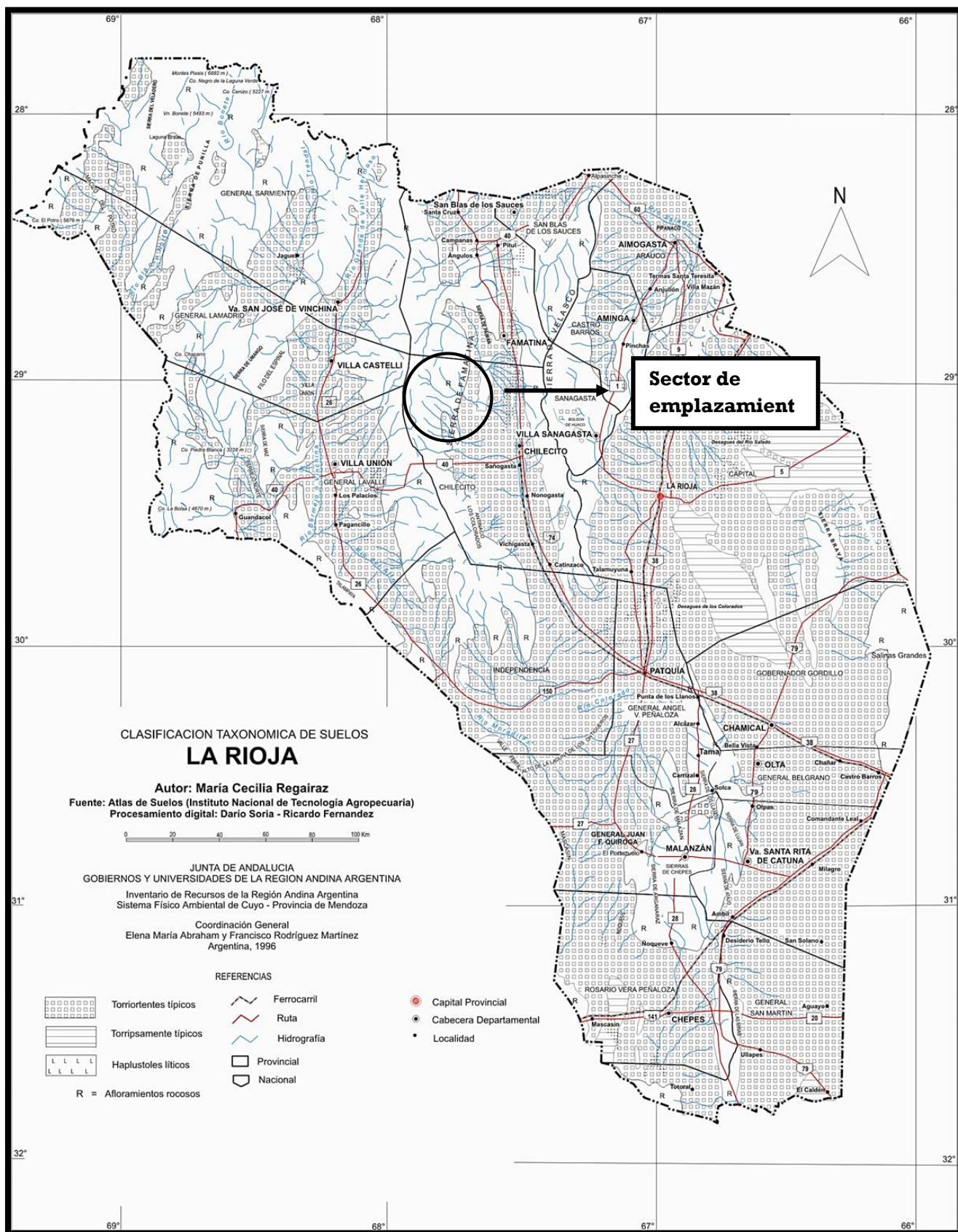
La estructura de las Sierras Transpampeanas es el resultado de varios movimientos tectónicos de diferente naturaleza, que tuvieron lugar en el Precámbrico, el Paleozoico Medio, el Permo-Triásico, Terciario, Terciario Superior y Cuartario inferior.

A continuación, se presenta la ubicación aproximada del emplazamiento de la obra dentro del mapa geomorfológico y taxonómico de suelos de la provincia de la Rioja.



# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.





### 6.1 Litología

Para la descripción de la geología general del Río Miranda, se utilizaron como referencia los estudios realizados por una empresa cordobesa especializada en estudios de suelo FUNCOR en 1980.

#### **Metamorfitas.**

Se encuentran en la parte occidental del mapa, al norte de la Cuesta de Miranda.

#### **Granito.**

Es la litología dominante tanto hacia el norte como hacia el sur de La Quebrada del Río Miranda. Es un granito, de color grisáceo, de grano mediano a grueso; está atravesado por filones de lamprofiro y de aplitas y pegmatitas cuyo espesor llega hasta los 3 m, también tiene xenolitos básicos. El granito está medianamente diaclasado y presenta a veces una exfoliación esferoidal.

#### **Paganzo I.**

Aparece en el extremo Noroeste del plano, y está formado por conglomerados, areniscas, areniscas arcillosas y margas con intercalaciones de lutitas carbonosas, son de color grisáceo. Se ha encontrado fósiles vegetales que permiten datarlo como pertenecientes al carbónico.

#### **Paganzo II.**

Se encuentra abundantemente distribuido por la parte central del mapa, en la depresión que forma el Río Miranda. Está constituido por areniscas, conglomeradas, lutitas y arcilitas de color rojo ladrillo. En general hay una alternancia de bancos de areniscas con bancos limo-arcillosos. Los rumbos son predominantemente E-O con inclinación al norte; hacia el N-O el rumbo es NO-SE, con inclinación al NE.

Estas areniscas están fuertemente plegadas y afectadas por fallas locales, lo que hace variar el rumbo de los mismos.

En estas areniscas se pueden observar ondulitas, marcas de gotas de lluvias y estratificación entrecruzada.

En cuanto a edad se las asigna al Pérmico, basándose en correlaciones litológicas, pues no se han encontrado fósiles; son sedimentos de ambiente continental.

#### **Cuartario**

Este aparece como aluvión en el lecho del río, y está formado por arena, rodados y bloques de hasta varios metros de diámetro. También hay que mencionar los conos de deyección y el detrito de faldeo.

### 6.2 Geología General del Río Miranda

La quebrada del Río Miranda es una depresión limitada por fallas de traza curvas que conforman diseños en "S".

Una de las grandes fallas es la que pasa por el Norte del río y pone en contacto el Paganzo con el granito, hacia el noroeste tiene un rumbo NO-SE para torcer hacia el Este con rumbo E-O. Otra de las grandes fallas es la que pasa por la quebrada del Cachiyuyal y tiene rumbo N-S, para torcer luego en dirección E-O, y está recostado sobre la margen derecha del Río Miranda, habiendo dislocado y triturado dicha margen.

En la margen derecha hay varias fallas menores de rumbo aproximado NO-SE.

Puede apreciarse la magnitud de estas fallas por el hecho de que en las cumbres de la Sierra de Sañogasta, hacia el sur se aprecian restos del Paganzo II, lo que supone un ascenso de cerca de 1000 m.

Este intenso zallamiento afectó al Paganzo II plegándolo y fracturándolo.

### 6.3 Cuadro Estratigráfico

A continuación, se presenta el cuadro estratigráfico (Estudio Geológico Geotécnico para las Investigaciones de Fundación del Dique de Embalse sobre el Río Miranda Dto. Chilecito Prov. De la Rioja. Decreto 2824/79. Volumen I. Secretaría de Estado de Recursos Hídricos. Dirección General de Obras Hidráulicas. Año 1981).

<b>Geología regional del sitio</b>				
<b>Cuartario</b>	Formaciones Varias		Detritos de Faldeo Planicies Aluviales Niveles de Agradación	
<b>Discordancia</b>				
<b>Terciario</b>	Mioceno	Calchaquense	Formación del Abra	
<b>Discordancia</b>				
<b>Paleozoico</b>	Pérmico	Paganzo II	Formación Patquía	
	Carbónico	Paganzo I	Formación Agua Colorada	
	<b>Discordancia</b>			
	Devónico	Andesitas y Riodacitas		Formación Morado/ Las Planchadas
		Pórfidos Riolíticos		
		Tonalitas y Pórfidos dacíticos		Formación Ñuñorco
<b>Discordancia</b>				
	Ordovícico	Metamorfitas	Formación Negro/Peinado	

### 6.4 Relevamiento geológico de la zona del vaso

El relevamiento geológico del vaso se practicó oportunamente en el año 1980 sobre la base topográfica provista por la Dirección General de Obras Hidráulicas (restitución aerofotogramétrica en escala 1:10.000, ampliada oportunamente por la empresa FUNCOR a 1:5.000)

El límite del relevamiento fue fijado en la cota 2260, hacia aguas arriba del eje de estudios; el límite de aguas abajo lo constituyó la zona ya mapeada en detalle para la geología del cierre y abarcó una superficie de aproximadamente 101 Ha.



El estudio efectuado en el año 1980 tuvo como finalidad fundamental investigar las distintas formaciones y estructuras mayores en la zona que posteriormente será inundada por las aguas del futuro embalse a efectos de evaluar dos aspectos básicos en relación a la obra pre localizada: Permeabilidad y Estabilidad de Taludes.

Los métodos de exploración utilizados, particularmente los de observación visual, tendieron a enfocar los tópicos mencionados en el punto anterior, dentro, es claro, de las limitaciones impuestas por la escala del mapa base de que pudo disponerse. La misma permite un trabajo muy comprimido con la toma de 4 puntos por Ha. Debe apuntarse que, para definir con cierta holgura problemas de estabilidad de taludes, las escalas del mapeo más aconsejables oscilan entre 1:1.000 a 1:500.

No obstante, lo apuntado, el mapeo geológico realizado supera, en gran medida, el obtener un concepto general acerca de la geología de la zona y sus complicaciones, los detalles geológicos dentro de este esquema son abundantes y referidos a las situaciones que se enuncian en el ítem respectivo.



La empresa FUNCOR realizó oportunamente en la campaña del año 1980 diez (10) perforaciones para investigar el sector de emplazamiento de la presa.

<b>Perforación</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Cota de Boca de pozo (m)</b>	<b>Longitud (m)</b>
<b>PRM1</b>	<b>X: 6.761.370 Y: 2.616.799</b>	<b>2.163,73</b>	<b>67,21</b>
<b>PRM2</b>	<b>X: 6.761.331 Y: 2.616.789</b>	<b>2.177,78</b>	<b>65,00</b>
<b>PRM3</b>	<b>X: 6.761.296 Y: 2.616.780</b>	<b>2.198,72</b>	<b>57,00</b>
<b>PRM4</b>	<b>X: 6.761.276 Y: 2.616.777</b>	<b>2.217,79</b>	<b>47,42</b>
<b>PRM4 bis</b>	<b>X: 6.761.273 Y: 2.616.774</b>	<b>2.218,08</b>	<b>20,00</b>
<b>PRM5</b>	<b>X: 6.761.254 Y: 2.616.755</b>	<b>2.254,67</b>	<b>28,25</b>
<b>PRM6</b>	<b>X: 6.761.404 Y: 2.616.303</b>	<b>2.195,35</b>	<b>41,00</b>
<b>PRM7</b>	<b>X: 6.761.422 Y: 2.616.310</b>	<b>2.214,00</b>	<b>54,00</b>
<b>PRM8</b>	<b>X: 6.761.212 Y: 2.616.746</b>	<b>2.285,68</b>	<b>45,10</b>
<b>PRM9</b>	<b>X: 6.761.199 Y: 2.616.765</b>	<b>2.282,13</b>	<b>45,00</b>

Si bien hubo un aprovechamiento importante de las posibilidades que brinda el método no se encararon ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas de los testigos obtenidos (de relevante importancia para no sólo la construcción de excavaciones superficiales y subterráneas sino, también de la presa, obras auxiliares y evaluación del comportamiento de las masas rocosas circundantes).

En el sector de emplazamiento y encaje de presa, de acuerdo a los estudios realizados, los macizos rocosos conformados por roca granítica, pueden considerarse con buena condición de roca intacta, pero con grado de fracturamiento medio a alto, incluyendo como indican las ilustraciones discontinuidades persistentes con evidencias en sectores de cizallamiento (espejos de fricción). También se aprecian volúmenes de macizo en el área de estribos, escindidos del macizo general de ladera por fracturamiento abierto y persistente o sea de importante desarrollo a escala del afloramiento, este tipo de situaciones estructurales deberá ser tenido muy en cuenta en precisiones de diseño del encaje de obra y macizo de cimentación.



## 7 METEOROLOGÍA

### 7.1 Estación Climatológica Chilecito.

La estación climatológica Chilecito, está ubicada en el departamento de Chilecito (29° 10' Latitud Sur; 67° 30' Longitud Oeste y a 1.170 m.s.n.m.), representa el sector oriental del área de influencia. Esta estación posee registros en forma continuada durante 20 años, periodo 1941 a 1960. En la siguiente Tabla se presenta una síntesis de los principales datos meteorológicos en el área para ese período tomado del estudio de referencia.

Datos Meteorológicos Registrados en la Estación Chilecito - Período 1941/1960													
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación media (mm.)	42,0	46,8	30,9	5,5	3,9	1,5	3,7	2,9	4,0	10,6	20,5	21,6	193,5
Presión atmosférica media (mb.)	885,8	886,2	887,2	887,9	888,2	888,0	888,6	888,5	887,4	886,6	885,5	884,6	887,0
Temperatura media (°C)	24,7	23,3	20,6	16,3	12,5	8,5	8,9	11,7	15,3	18,2	21,6	24,4	17,1
Temperatura máxima media (°C)	33,4	32,2	28,4	24,4	20,2	17,0	16,8	20,1	23,6	26,8	30,5	33,0	25,5
Temperatura mínima media (°C)	18,1	16,7	14,2	9,8	6,4	3,1	2,3	4,5	7,5	10,8	14,6	17,1	10,4
Temperatura máxima absoluta (°C)	42,3	40,2	37,0	34,8	32,5	34,2	33,1	35,7	38,5	38,4	40,1	41,6	42,3
Temperatura mínima absoluta (°C)	9,1	9,8	3,7	1,7	-3,3	-5,4	-7,0	-4,9	-1,3	2,0	5,4	9,4	-7,3
Tensión del vapor media (mb.)	16,2	16,0	14,5	11,3	8,9	6,7	6,0	6,4	8,0	10,3	12,7	14,1	10,9
Humedad relativa media (%)	53,5	57,5	61,5	62,0	62,0	62,0	53,5	48,0	46,5	50,5	50,5	48,0	54,6
Nubosidad media (escala 0 a 8)	4,1	3,8	3,4	3,1	3,5	3,3	2,9	2,6	2,5	3,1	3,4	3,7	3,3
Velocidad media viento (km/h)	5,5	5,5	4,5	4,5	4,0	4,5	5,0	5,5	5,5	6,5	7,0	7,0	5,4
Frecuencia media días heladas	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	6,2	8,0	4,2	0,4	0,0	0,0	0,0	20,6
Frecuencia media días cielo claro	6,2	7,4	12,3	14,0	12,5	12,6	14,9	16,2	15,7	12,7	10,0	8,5	142,7

Resumiendo la Tabla, podemos determinar:

- La precipitación media anual registrada fue de 193.5 mm. Más del 80% de la altura de agua anual precipitada, cae en el período noviembre-marzo.
- La temperatura media anual es de 17.1 °C. Los meses más calurosos son enero y diciembre con una temperatura media mensual de 24.7 °C y 24.4 °C respectivamente, mientras que los meses más fríos son junio y julio, con temperaturas medias mensuales del orden de los 8.5 °C.
- Los vientos más frecuentes provienen del Sur, durante todo el año, con una frecuencia anual promedio de 458 en escala de 1000, durante el periodo 1941 a 1960. La velocidad media anual que estos alcanzan es de unos 8 km/hora, registrado en el periodo 1951 a 1960.

## 7.2 Estación Climatológica Punta del Agua.

La otra estación representativa de la zona a intervenir es la Estación Punta del Agua, ubicada en el departamento Sarmiento (28° 37' Latitud Sur; 68° 41' Longitud Oeste y 2600 m.s.n.m.), representa el sector occidental del área de estudio. Al igual que la estación Chilecito, posee registros en forma continuada durante 20 años, período 1941 a 1960. En la siguiente Tabla se presenta una síntesis de los principales datos meteorológicos en el área para ese período tomado del estudio de referencia.

Datos Meteorológicos Registrados en la Estación Punta del Agua - Período 1941/1960													
Variable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación media (mm.)	33,0	37,0	17,0	4,0	3,0	1,0	6,0	4,0	9,0	4,0	13,0	28,0	149,0
Temperatura media (°C)	15,4	14,3	12,3	10,1	9,1	7,4	6,5	7,4	8,5	10,1	12,7	15,0	10,7
Temperatura máxima media (°C)	22,5	21,3	19,9	17,8	16,3	14,2	13,6	14,7	16,7	18,2	20,9	23,4	18,3
Temperatura mínima media (°C)	9,3	8,6	6,2	2,9	1,8	0,4	-0,2	-0,1	1,5	3,0	5,9	8,3	4,0
Temperatura máxima absoluta (°C)	30,2	31,3	29,5	27,2	28,0	25,1	26,4	26,9	27,5	28,5	28,3	31,2	31,3
Temperatura mínima absoluta (°C)	-1,2	0,6	-3,5	-6,0	-14,4	-18,0	-17,1	-15,0	-14,0	-8,1	-5,0	-4,0	-18,0
Tensión del vapor media (mb.)	8,9	8,8	7,7	5,3	3,7	2,8	2,8	2,7	3,3	4,4	5,6	6,8	5,2
Humedad relativa media (%)	52,0	53,0	55,0	43,0	32,0	28,0	29,0	27,0	31,0	35,0	38,0	40,0	38,6
Nubosidad media (escala 0 a 10)	2,7	2,7	2,0	1,3	1,6	1,5	1,6	1,4	1,1	1,4	1,5	2,1	1,7
Velocidad media viento (km/h)	8,5	8,0	9,5	10,0	13,5	14,5	13,5	13,5	13,0	12,5	10,5	9,5	11,4
Frecuencia media días heladas	0,2	0,0	0,7	5,8	10,6	13,3	16,2	16,2	13,1	7,1	1,5	0,2	84,9
Frecuencia media días cielo claro	13,5	13,1	18,6	22,4	20,8	20,6	21,3	23,6	22,5	22,6	20,9	18,2	238,1
Frecuencia media días cielo cubierto	2,9	4,0	4,2	1,4	1,8	1,2	1,9	1,6	1,0	1,1	1,1	2,0	24,2
Frecuencia media días con niebla	0,4	0,9	2,0	1,0	2,0	1,0	0,9	1,0	0,6	0,5	0,3	0,4	11,0
Frecuencia media días tormentas eléctricas	0,3	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	1,6
Frecuencia media días granizo	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4

Resumiendo la Tabla, podemos determinar:

- La precipitación media anual registrada en el período es de 149 mm; concentrada en los meses de verano. En efecto entre noviembre y marzo, precipita el 80% de la altura de agua total que cae en el año. El mes más lluvioso es febrero con una precipitación media mensual de 37 mm, mientras que en junio se registra sólo 1 mm.

- La temperatura media anual es 10.7 °C; los meses más cálidos son diciembre y enero con temperaturas del orden de los 15 °C y el mes más frío es julio con 6.5 °C. Las temperaturas máximas y mínimas medias anuales son 18.3 °C y 4.0 °C respectivamente.
- Los vientos más frecuentes soplan del Sureste y en menor proporción del Noroeste y Oeste, con frecuencias medias anuales de 277, 161 y 142 en escala de 1000, respectivamente. Entre octubre y abril los vientos reinantes provienen del Sureste; entre mayo y setiembre los vientos más frecuentes proceden del Noroeste.

Cabe destacar que, en el mismo período (1941/60), existe una marcada diferencia entre los valores medios de algunos parámetros registrados en Punta del Agua con respecto a los medidos en Chilecito; por ejemplo, las temperaturas medias, máximas y mínimas en ésta son sensiblemente superiores a las de aquella. Ello se debe a que Punta del Agua se encuentra a 2.600 m.s.n.m. y Chilecito a 1.170 m.s.n.m.; existiendo una diferencia de altura entre una y otra estación, mayor a los 1.400 m.

**Es necesario destacar, que la información obtenida a través de las estaciones climatológicas anteriormente mencionadas no se consideró para la generación de avenidas máximas, sin embargo, se analizaron con la finalidad de contar con un parámetro de comparación respecto al comportamiento de lluvias máximas registradas en el sitio.**

## 8 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

---

Para cuantificar y visualizar las condiciones del terreno en tres dimensiones (3D) se generó una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie, es decir un modelo digital de elevación (MDE) a partir de una variedad de recursos que más adelante se detallan.

La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial.

Este MDE posee la precisión acorde en cada sector a la finalidad que debe servir. En este sentido haremos referencia a tres rangos de datos necesarios para el desarrollo del presente anteproyecto:

Información necesaria para determinar las características topográficas de la cuenca. con suficiente precisión para permitir la división en subcuencas, el trazado de los cursos de escurrimiento y la determinación de los parámetros fisiográficos (áreas, pendientes medias, líneas de quiebre, etc.)

Información en el área del vaso que permita definir la evolución del volumen de almacenamiento en función de sus cotas, cubriendo elevaciones que van desde el fondo del vaso hasta aproximadamente la cota de coronamiento predefinida en los anteproyectos.

Información en la zona del cierre. Esta es la de mayor relevancia debiendo permitir definir con precisión el perfil longitudinal del cierre y su variación en la franja de ocupación de la presa y sus obras conexas.

Información en el cauce aguas debajo de la zona implantación. Se extenderá el modelo en aproximadamente 1000 m aguas debajo de la presa sobre ambos cauces hasta su unión para permitir el cálculo adecuado de los niveles de restitución.

El MDE generado también podrá usarse como apoyo en la pre-planificación de las actividades de ingeniería o construcción vinculadas a la obra.

### 8.1 Información disponible

Para la confección del MDE se descargaron del ftp de la Nasa, las imágenes raster del proyecto SRTM, que consiste en un sistema de radar especialmente modificado para adquirir los datos de elevación topográfica estereoscópica. La técnica empleada conjuga software interferométrico con SAR radares con anchos "sintéticos" en sus antenas reflectoras.

Se adquirieron imágenes ASTER (Satélite Avanzado de Emisiones Termales y Radiómetro de Reflexión) de la NASA. El instrumento ASTER, fue provisto por el Ministerio de Industria y Comercio de Japón y construido por NEC, Mitsubishi Electronics Company y Fujitsu, Ltd., mide las propiedades de las nubes, cataloga los vegetales, la mineralogía de superficie, propiedades del suelo, temperatura del suelo, y topografía de superficie de regiones determinadas de la Tierra. La alta resolución espacial de ASTER permite observar detalles con minuciosidad. Los principales accidentes, estructuras y geoformas son marcadamente visibles. Por otro lado, y en lo que refiere a la generación de DEM, el tener dos sensores a ángulos distintos permite obtener, a tiempos muy próximos, imágenes diferentes del mismo sector aptas para reconstrucciones de estereoscopia, esta habilidad es la que se aprovechó para completar los datos altimétricos de las demás fuentes (cartas, proyecto SRTM, imágenes de Google-Earth, etc.).

Se digitalizaron y referenciaron planos topográficos de la zona del vaso y cierre que formaban parte de los antecedentes realizados por Fun-Cor en el marco de las tareas de prospección geológica y geotecnia.

Con la ayuda de las imágenes y las fotografías de la zona se identificaron puntos singulares de los vasos (dorsales, líneas de vaguada, crestas, barrancas, etc.) priorizando las líneas de escurrimiento y accidentes significativos dentro del área de inundación.

Se completó y contrastó el set de información con datos extraídos de imágenes tomadas de Google Earth Pro.

### 8.2 Metodología

Para la generación de la red de puntos se determinó la ubicación de diversos puntos fijos sobre cada elemento para posibilitar la vinculación de todos los recursos enunciados en el ítem precedente.

En primera instancia se verificó la correspondencia de la información existente en lo referente a sistema de proyección y datum (UTM, WGS 84).

Mediante un muestreo digital de las imágenes SRTM y ASTER en las zonas de las diversas alternativas del vaso, se generó una grilla de puntos cuya resolución es de 30m. Tras su triangulación y suavizado, se generó un primer plano de curvas de nivel.

Luego se superpusieron las imágenes satelitales, las curvas de nivel y los planos digitalizados a partir de los antecedentes lo que sirvió para evaluar e identificar la correcta coincidencia de la información procesada.

Seguidamente se extendió el plano de curvas de nivel a la totalidad de la cuenca y se combinó esta grilla con los puntos del vaso y cuenca de mayor resolución y se realizó una nueva triangulación. Con este nuevo modelo se amplió a toda la cuenca las curvas de nivel con equidistancia de 10 m.

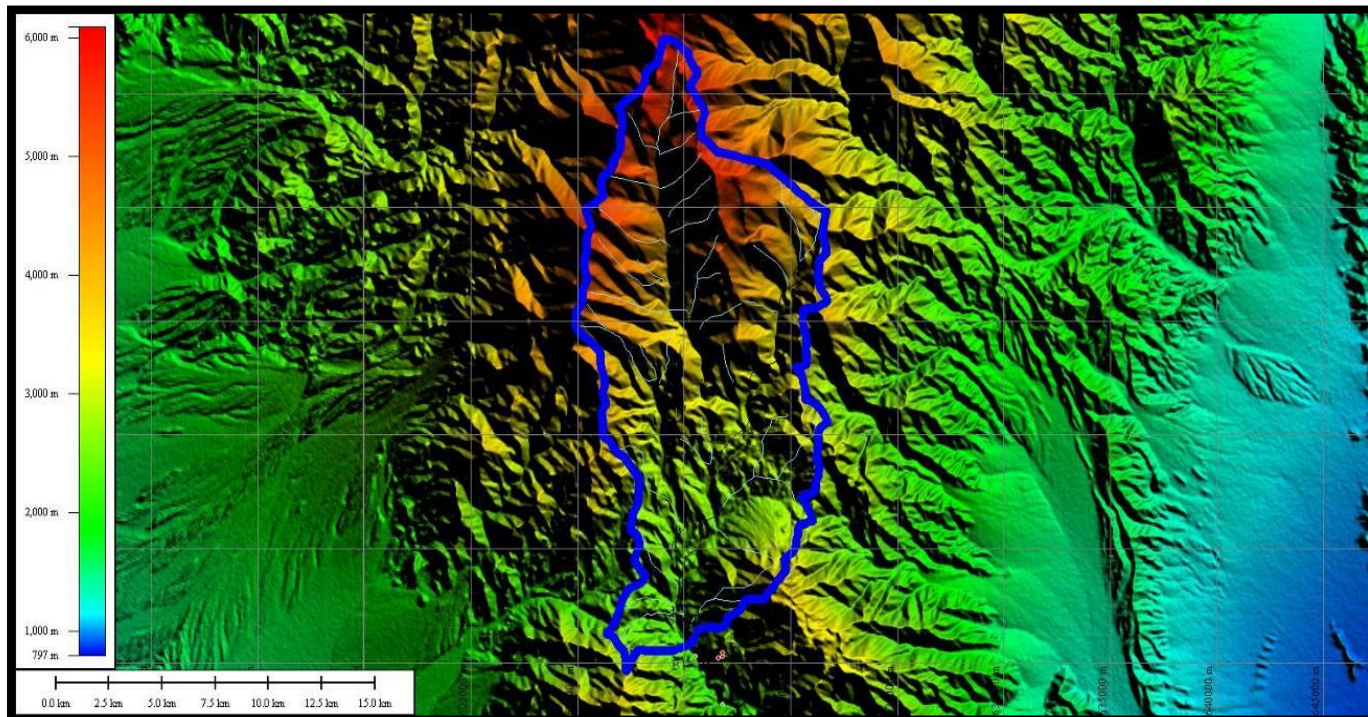
La altimetría generada comprende el rango que va de 2160 a 5080 msnm, lo que puede observarse discretizado en franjas equidistantes en el plano que muestra la triangulación generada.

### 8.3 Utilización

Con el MDE se delimitó la cuenca general a cada punto analizado, se trazaron las subcuencas, los cauces principales y secundarios y se computaron los parámetros fisiográficos necesarios para la modelación hidrológica.

En la zona del vaso se generaron las curvas características del embalse, cota-volumen y cota-área de inundación.

En el sector del cierre, el MDE se empleó para la generación de los perfiles transversales de la presa, evaluando las características físicas e hidráulicas de la zona de asiento.





## 9 ESTUDIOS HIDROLOGICOS

A continuación, se realiza la modelación hidrológica del Río Miranda en el punto fijado para la implantación de la presa con el fin de evaluar la capacidad de generación de excedentes y el derrame anual para el abastecimiento a las localidades aguas abajo del emprendimiento tanto para consumo de agua potable como para riego.

Debido a la ausencia de aforos suficientes sobre el río, los caudales se obtienen por medio de modelos de transformación lluvia – caudal y tránsito – caudal.

La modelación adoptada en este estudio corresponde al método propuesto por el Soil Conservation Service (1985).

Con este fin se determinan en primer lugar las distintas subcuencas de aporte y sus respectivas características fisiográficas que influirán en la capacidad de generar excedentes.

Se define luego la tormenta de diseño a través de un estudio de las precipitaciones registradas en estaciones pluviométricas ubicadas dentro de la cuenca o en zonas próximas. Complementariamente, se genera una serie sintética de precipitaciones que posibilitará la evaluación de los derrames en el periodo de un año.

A continuación, se presentan los estudios realizados para la determinación de la cuenca y las tormentas de diseño.



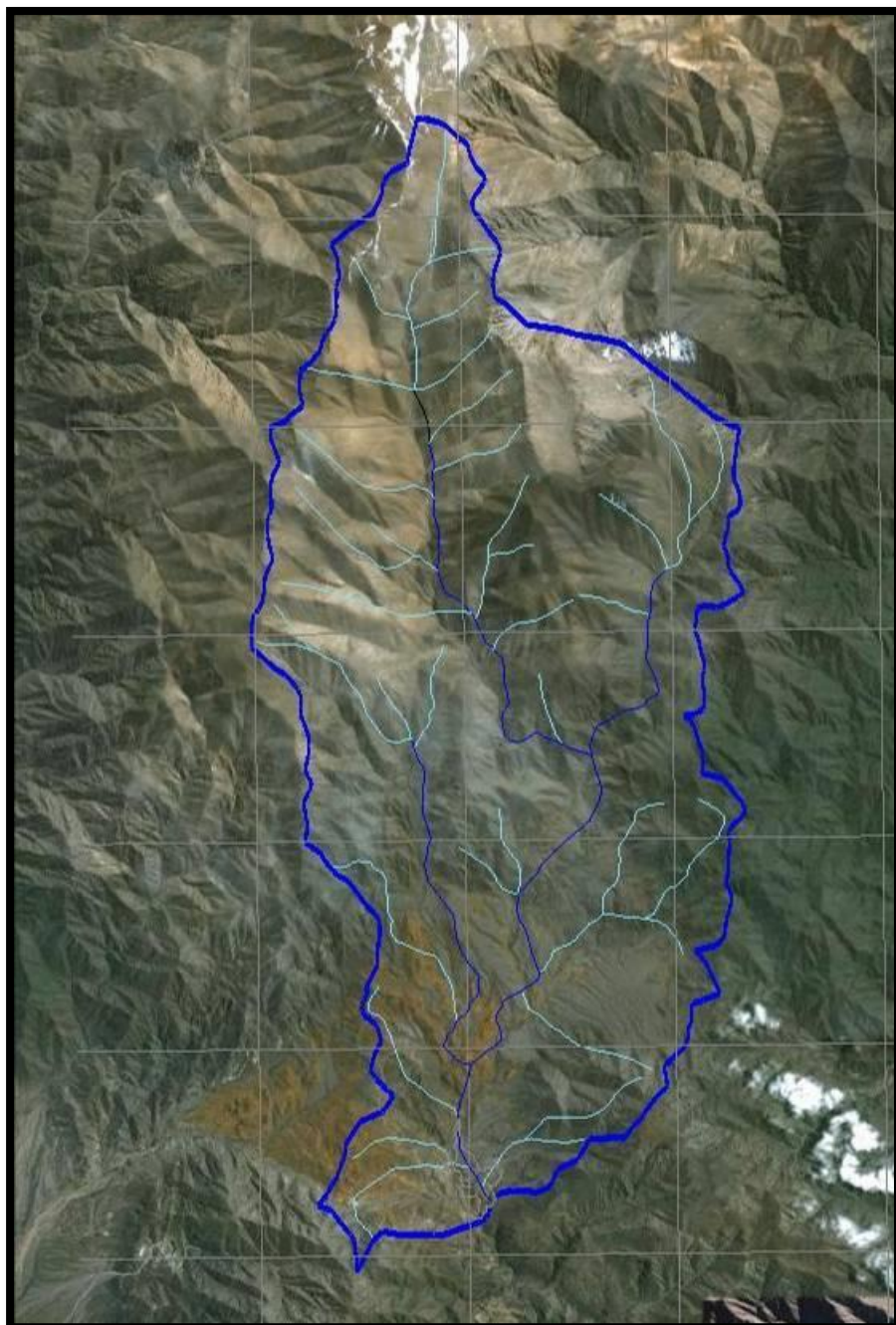
## 9.1 Cuencas

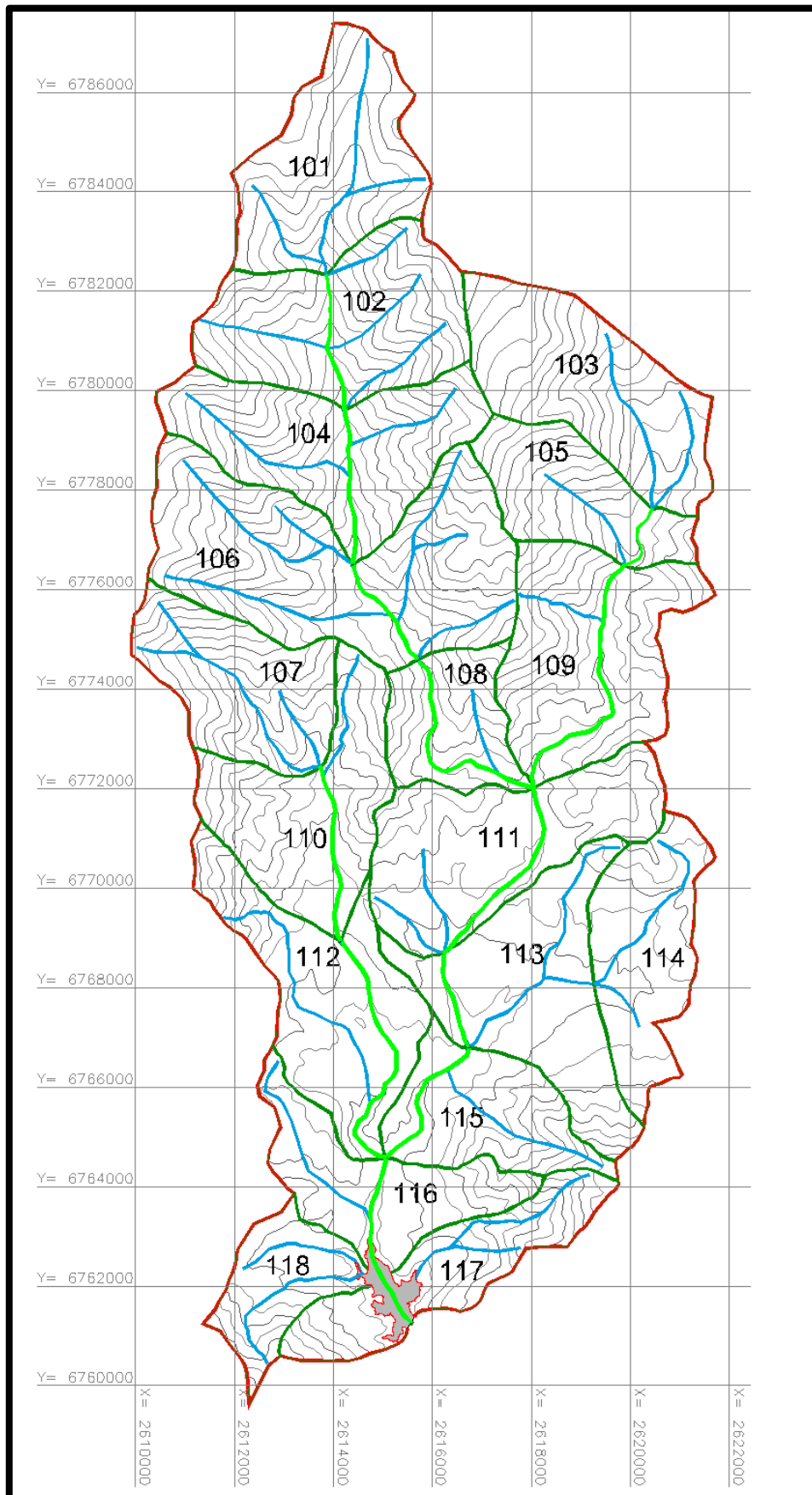
### Delimitación de las cuencas y subcuencas.

La delimitación preliminar se realizó en base al MDE (modelo digital de elevación) de la cuenca de aporte que se describe en ítems precedentes de este informe. Posteriormente se refinó el trazado con la ayuda de cartas IGM (1:50.000) de la zona de aporte y de imágenes satelitales (del satélite LANDSAT 5 y 7, obtenidas por medio de la CONAE e imágenes de Google Earth).

De esta delimitación se obtuvo un total de 18 subcuencas las cuales conforman un área total de 206.8 km<sup>2</sup>.

Teniendo como base la mencionada delimitación de subcuencas se procedió a la determinación de sus características principales como la longitud de sus cursos, diferencias de altura y superficie. A continuación se puede apreciar la delimitación mencionada incluyendo los cursos principales y secundarios:





### Superficie de la Cuenca.

La superficie es considerada como el parámetro físico básico que define una cuenca. Usualmente este valor se extrae planimétricamente, a partir de la delimitación en mapas topográficos desde una perspectiva ortogonal y calculada por métodos manuales o a través del uso de sistemas CAD (Dibujo Asistido por Computadora).

El valor resultante fue de 206,82 km<sup>2</sup>. Sin embargo, la superficie real es aquella que considera el factor pendiente, la cual incrementa la dimensión de las superficies, pero la diferencia entre los resultados es despreciable y una evaluación de tal tipo sólo se justificaría en casos de cuencas con terreno muy escarpado.

### Perímetro de la Cuenca.

La longitud del perímetro de la cuenca también fue obtenida en forma planimétrica y a través de la contabilización del desnivel del terreno; para el primer caso, el resultado es de 74,23 Km.

### Forma de la Cuenca.

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de un río, particularmente en los eventos de avenidas máximas. En general, cuencas de igual área, pero de diferente forma generan hidrogramas diferentes.

Para determinar la forma de una cuenca se utilizan los coeficientes que a continuación se describen.

**Coeficiente de compacidad (K<sub>c</sub>):** definido por Gravelius como la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{A^{1/2}}$$

Donde P y A son el perímetro y la superficie de la cuenca, respectivamente. Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular; cuando K<sub>c</sub> es igual a 1.128, se trata de una cuenca cuadrada. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas.

En nuestro caso:

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{74,233}{206,84^{1/2}} = 1,44$$

lo que indica es que la cuenca en estudio tiende a un cuadrado, es decir, que su largo y ancho son valores cercanos.

**Factor de Forma:** según Horton, este coeficiente expresa la relación existente entre el área de la cuenca, y el cuadrado de la longitud máxima o longitud axial de la misma.

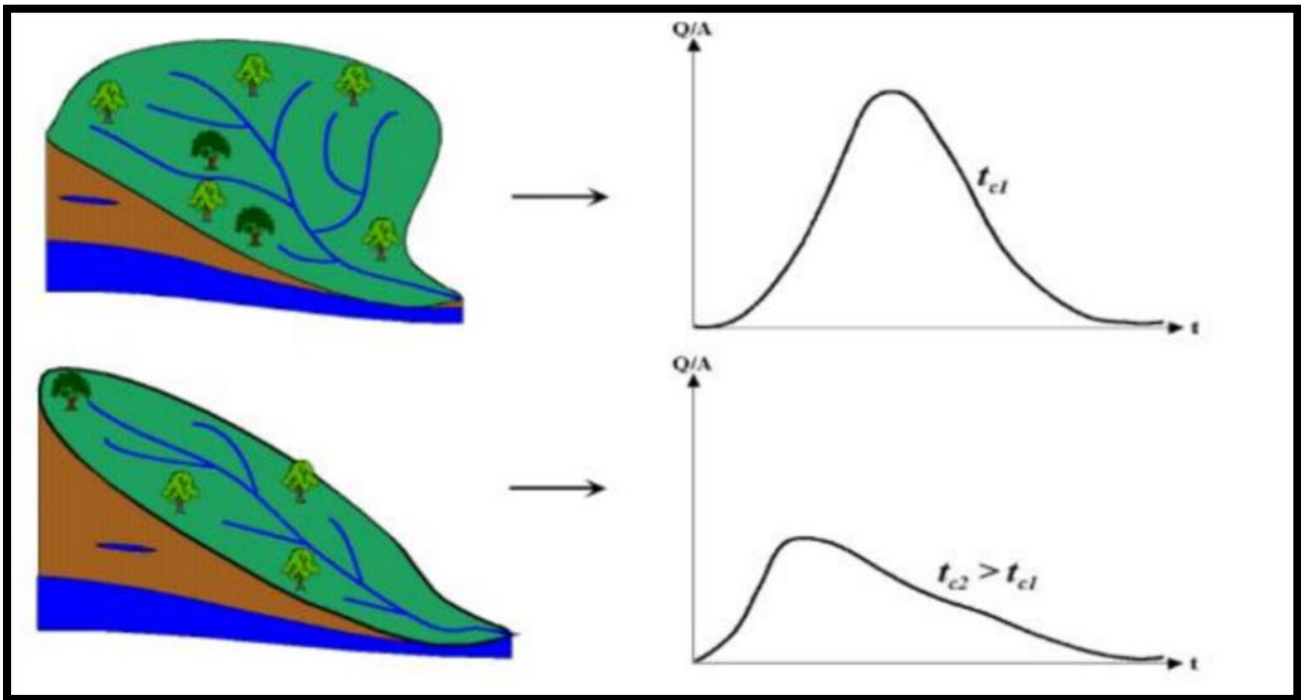
$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

A medida que el área aumenta, la relación  $A/L^2$  disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes. La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos. Un valor de  $K_f$  superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas.

En nuestro caso:

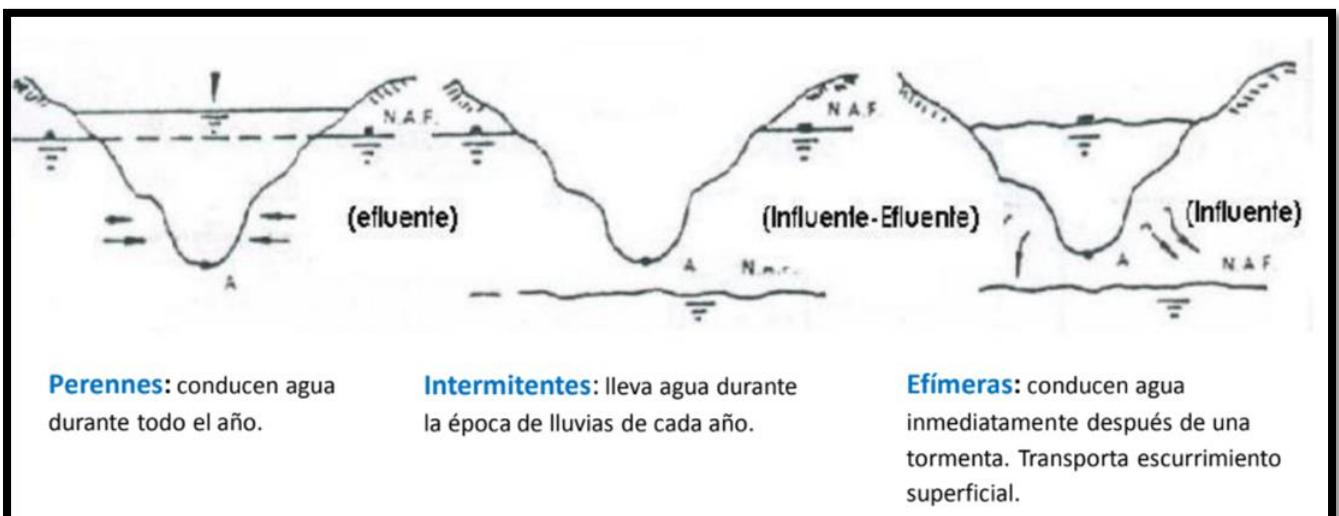
$$K_f = \frac{206,84}{35,24^2} = 0,16$$

Factor de forma (Ff)	0 - 0,25	0,25 – 0,50	0,50 – 0,75	0,75 – 1
	Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha
$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$ <p>Ff= Factor de forma de Horton                      A= Área de la cuenca (m2)                      Lc= Longitud del cauce principal (m)</p>				
Producción sostenida de caudales	bajo	moderado	alto	Muy alto
Potencial a crecientes	bajo	moderado	alto	Muy alto



### Red de Drenaje de la Cuenca.

La red de drenaje de una cuenca se clasifica de varias maneras, si tenemos en cuenta el tiempo en que transportan agua, las cuencas se pueden clasificar en:



En nuestro caso, hablamos de una cuenca intermitente, donde:

- Las corrientes que escurren, lo hacen en estaciones de lluvia y se secan durante el verano.
- El nivel de agua subterráneo se conserva por encima del nivel del lecho del río solo en la estación lluviosa. En verano el escurrimiento cesa, u ocurre solamente durante o inmediatamente después de las tormentas.

### Densidad de Drenaje de la Cuenca.

La densidad de drenaje es la relación de la longitud total de ríos y afluentes que presenta la cuenca con respecto al área total de la misma.

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Una cuenca con alta densidad implica que está bien drenada, ya que los ríos y afluentes actúan como caminos preferenciales de flujo. En consecuencia, proporcionará más altos caudales punta en el hidrograma.

Rangos de Densidad	Clases
0,10 – 1,80	Baja
1,90 – 3,60	Moderada
3,70 – 5,60	Alta

En nuestro caso:

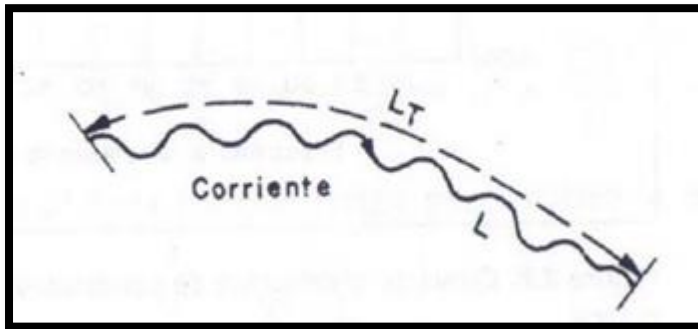
$$D_d = \frac{64,771}{206,84} = 0,3$$

las cuencas, como en este caso, con densidades de drenaje menores tienen suelo profundos y bien desarrollados.

### Sinusoidad de la Cuenca.

Es la relación entre la longitud del río principal a lo largo de su cauce y la longitud del valle medido en línea curva o recta SINUOSIDAD DE LAS CORRIENTES DE AGUA:  $S \leq 1.25$  indica baja sinuosidad. Entre más sinuosos, las velocidades en el cauce son menores.

La sinuosidad de un río es el índice que representa cuanto el trazado del río se aparta de una línea recta. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce, y la distancia en línea recta entre ellos.



$$S = \frac{L}{L_t} = \text{Valor Adimensional}$$

En nuestro caso:

$$S = \frac{35,24}{25,83} = 1,4$$

Lo que indica que nuestra cuenca posee Alta sinuosidad.

### Traza de los cursos principales y secundarios.

Los cursos principales se determinaron a través del MDE y posteriormente se verificaron con la ayuda de cartas del IGM y con imágenes satelitales de la zona. Para el caso de los cursos principales de cada subcuenca se planteó como premisa que estos representarán tiempos de concentración semejantes en cada subcuenca salvo en aquellos casos donde fue necesario representar puntos singulares (confluencias, cambios significativos de pendientes, etc.)



### Determinación de los CN en la cuenca.

El valor de CN depende de las condiciones hidrológicas del suelo, del uso y manejo de las tierras, de las condiciones hidrológicas de la cobertura vegetal, entre otros factores. Para la definición y caracterización de cada uno de estos factores se utilizaron los principios propuestos por el Soil Conservation Service (1972).

El método del SCS (1972) divide al complejo suelo en cuatro grupos:

**Grupo A:** Bajo potencial de escorrentía: son suelos con una alta tasa de infiltración y conductividad hidráulica aun cuando son muy húmedos. Son arenas y gravas profundas excesivamente drenadas.

**Grupo B:** Moderadamente bajo potencial de escorrentía: son suelos con una moderada tasa de infiltración cuando son muy húmedos. Moderadamente profundos a profundos, textura moderadamente fina (más fina que la arena), a gruesa, permeabilidad moderadamente lenta a rápida.

**Grupo C:** Moderadamente alto potencial de escorrentía: De infiltración lenta cuando están húmedos. Con estratos que impiden el movimiento del agua 0.50-1.00m, Textura moderadamente fina a fina. Infiltración lenta debido a la presencia de sales o álcalis, o masas de agua.

**Grupo D:** Alto potencial de escorrentía: De infiltración muy lenta. Arcillosos con alto potencial de expansión. Nivel freático alto permanente. Poco profundos sobre material impermeable, y con una tasa de transmisión de agua muy lenta.



## Uso del Suelo

El método divide al uso de la tierra en diez categorías posibles. En nuestra área de estudio las clases de uso más importantes son: Pasturas naturales y Bosques con escasa vegetación arbórea.

Respecto al tratamiento del suelo, existen tres categorías que se refieren al tipo de laboreo mecánico y manejo del suelo. Como en la mayor parte de la unidad no se practica ningún tipo de laboreo, esta condición del complejo hidrológico suelo-cobertura, no se aplicó.

La tabla siguiente muestra los valores de curvas números para los usos más comunes en la unidad Sierra y para una condición de humedad antecedente Tipo II, con una abstracción inicial = 0.2 S.



Curva número para los usos más comunes en la unidad: Sierra. Fuente: USDA, (1972)					
Descripción del uso del suelo	Condiciones hidrológicas para la infiltración	Grupos hidrológicos de suelos			
		A	B	C	D
Pastizales naturales	Pobres	68	79	86	89
	Regulares	49	69	79	84
	Buenas	39	61	74	80
Bosques	Pobres	46	68	78	84
	Regulares	36	60	70	76
	Buenas	26	52	63	69

En base a esta guía, a las consideraciones que se extraen de la visita a la zona y ayudados mediante imágenes satelitales se optó por aplicar un valor de CN igual a 78 como parámetro más representativo de la zona en consideración.

### Tiempo de concentración de las subcuencas.

El Tiempo de concentración puede definirse como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de la superficie de la cuenca contribuyan SIMULTANEAMENTE al caudal recibido en la salida. Efectivamente, si el tiempo es un poco menor, cuando lleguen las gotas caídas en los puntos más alejados, la superficie próxima a la salida ya no está aportando escorrentía.

Para el cálculo del tiempo de concentración se utilizó la expresión del método SCS:

$$t_{Lag} = \frac{L^{0,8} \cdot (S + 25)^{0,7}}{7069 \cdot y^{0,5}}$$

Donde:

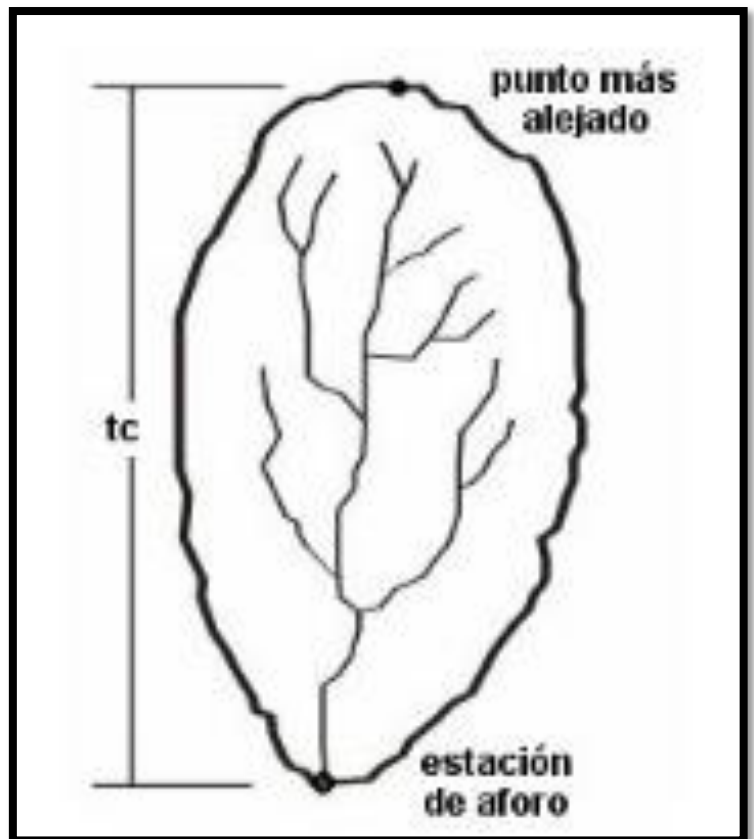
$t_{lag}$ : Tiempo de retardo en horas.

L: Long de la subcuenca en metros.

y: Pendiente de la subcuenca en %.

CN: Numero de curva del método SCS.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$



A partir de los datos obtenidos del punto anterior para cada subcuenca (longitudes y desniveles) y de los Números de Curva (CN) adoptados para cada subcuenca de acuerdo al tipo de suelo, cubierta, uso actual del suelo, humedad antecedente, etc., se procedió al cálculo de los tiempos de retardo para cada subcuenca los cuales se encuentran reflejados en la siguiente tabla.

Tiempos de Retardo de las Subcuencas								
Subcuencas	Área [Km²]	Longitud [m]	Desnivel [m]	Pendiente (y)		CN	S	Tlag [hrs]
				m/m	%			
101	12,44	5004	775	0,15	15	78	71,64	0,80
102	13,99	2613	800	0,31	31	78	71,64	0,34
103	13,14	3773	875	0,23	23	78	71,64	0,52
104	13,67	3975	1250	0,31	31	78	71,64	0,47
105	7,8	2574	755	0,29	29	78	71,64	0,34
106	21,6	4746	1250	0,26	26	78	71,64	0,59
107	9,95	4908	1305	0,27	27	78	71,64	0,60
108	6,49	1805	530	0,29	29	78	71,64	0,26
109	14,06	1862	685	0,37	37	78	71,64	0,24
110	11,78	2707	590	0,22	22	78	71,64	0,41
111	13,75	2235	355	0,16	16	78	71,64	0,42
112	13,03	5782	975	0,17	17	78	71,64	0,86
113	13,63	3492	575	0,16	16	78	71,64	0,58
114	9,42	4052	500	0,12	12	78	71,64	0,76
115	8,42	3873	1100	0,28	28	78	71,64	0,48
116	9,12	4238	350	0,08	8	78	71,64	0,96
117	5,78	3765	725	0,19	19	78	71,64	0,57
118	8,75	3367	1150	0,34	34	78	71,64	0,39
<b>Total</b>	<b>206,82</b>							

Para la estimación del Tiempo de Concentración total de la cuenca, se analizaron los distintos trayectos que puede recorrer la lluvia dentro de la cuenca.

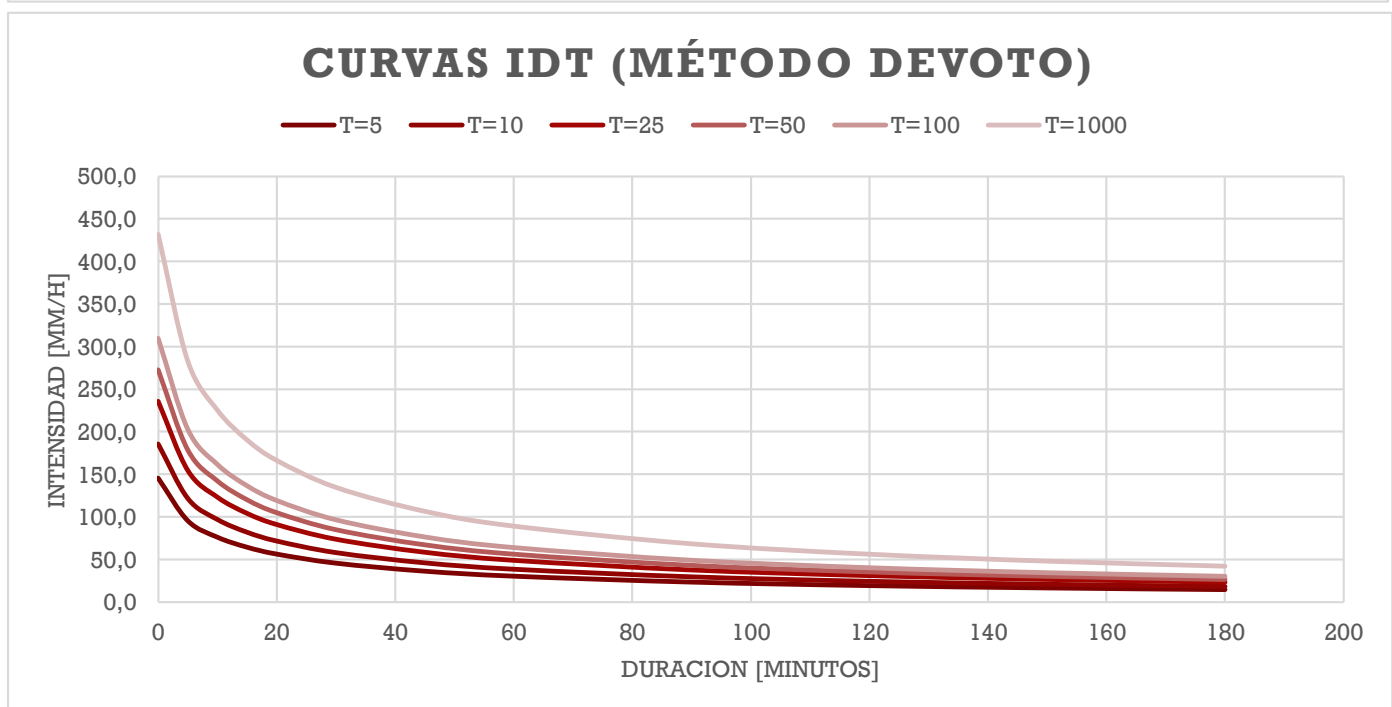
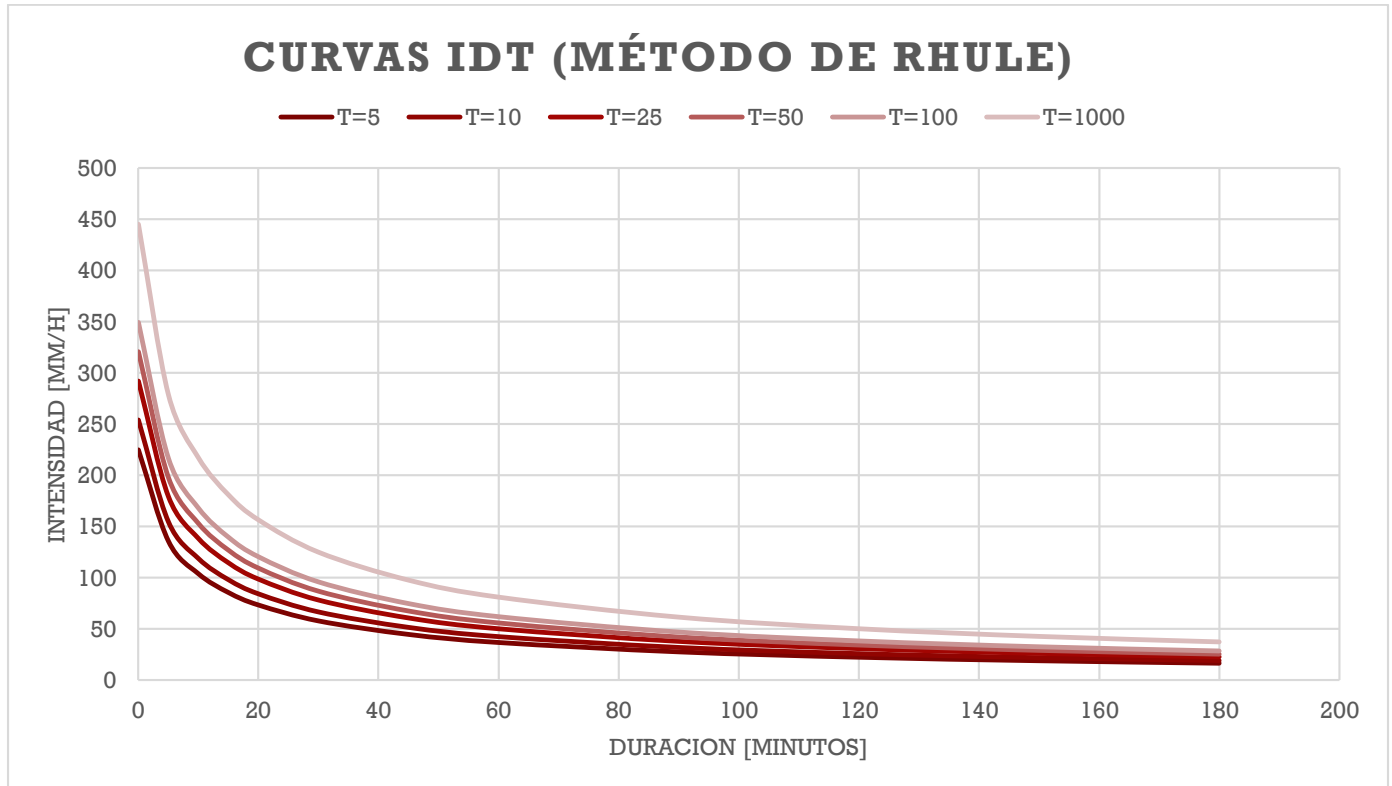
Luego de definidos los mismos, se realizó la suma del tiempo de concentración de cada subcuenca, y el tiempo de los tránsitos de crecidas de cada recorrido. Como resultado se obtuvo un tiempo de concentración de 2.56 hs para la cuenca.

## 9.2 Precipitación

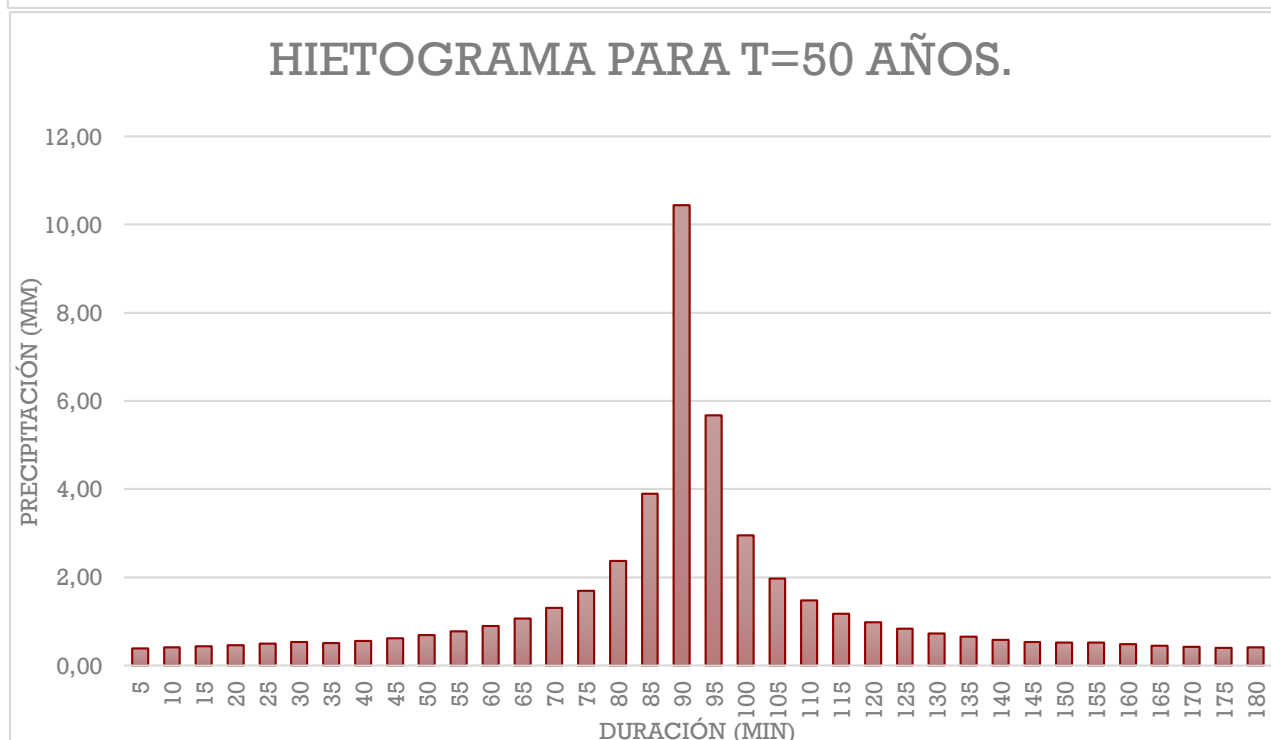
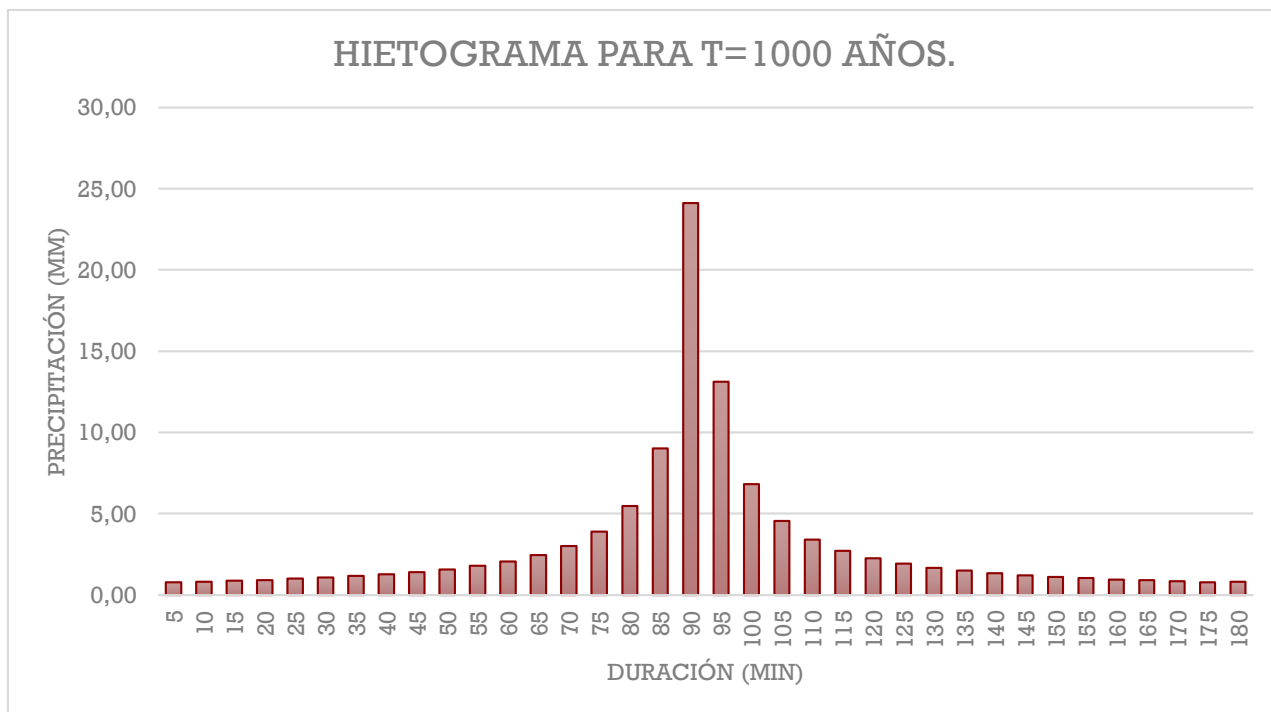
El estudio hidrológico necesita de datos de precipitación para distintas recurrencias y para simulaciones en períodos largos. Estas precipitaciones permiten definir los hidrogramas en base a los cuales se evaluará el emplazamiento planteado. En una segunda instancia mediante los hidrogramas calculados se determinan las características de las estructuras hidráulicas y la seguridad de la presa a diseñarse.

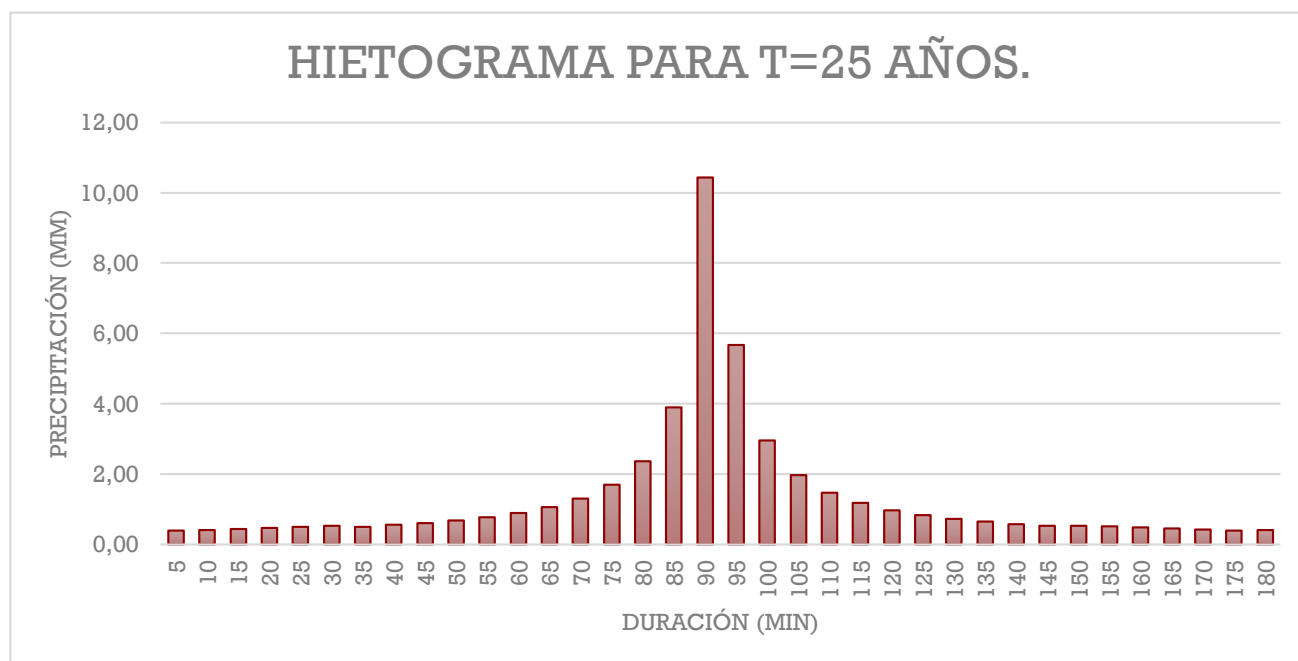
La lluvia de diseño es un acontecimiento ficticio futuro, cuya intensidad media “i” es la máxima esperable para una duración “d” y una recurrencia o periodo de retorno “T” preestablecidas.

Para obtener las curvas IDT, lo que se realizó fue una correlación entre dos métodos, los cuales implican el empleo de mapas de isohietas horarias correspondiente a todo el país; obteniendo los siguientes gráficos, considerando un periodo de retorno “T” variable (5 años, 10 años, 25 años, 50 años, 100 años y 1000 años):



Los hietogramas son gráficos en los cuales se expresa la precipitación en intervalos de tiempo. Los hietogramas son característicos y representan a una determinada tormenta. Representa la intensidad de lluvia durante todo su tiempo de duración. Debido a la variabilidad en los patrones de distribución temporal en las precipitaciones de las zonas próximas y ante la falta de estudios sobre la distribución interna de la precipitación y de registros en el área, el empleo del bloque alterno es considerado una opción adecuada.





## 10 MODELACIÓN COMPUTACIONAL

La modelación computacional de la presa Miranda se ejecutó con el programa HEC-HMS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.

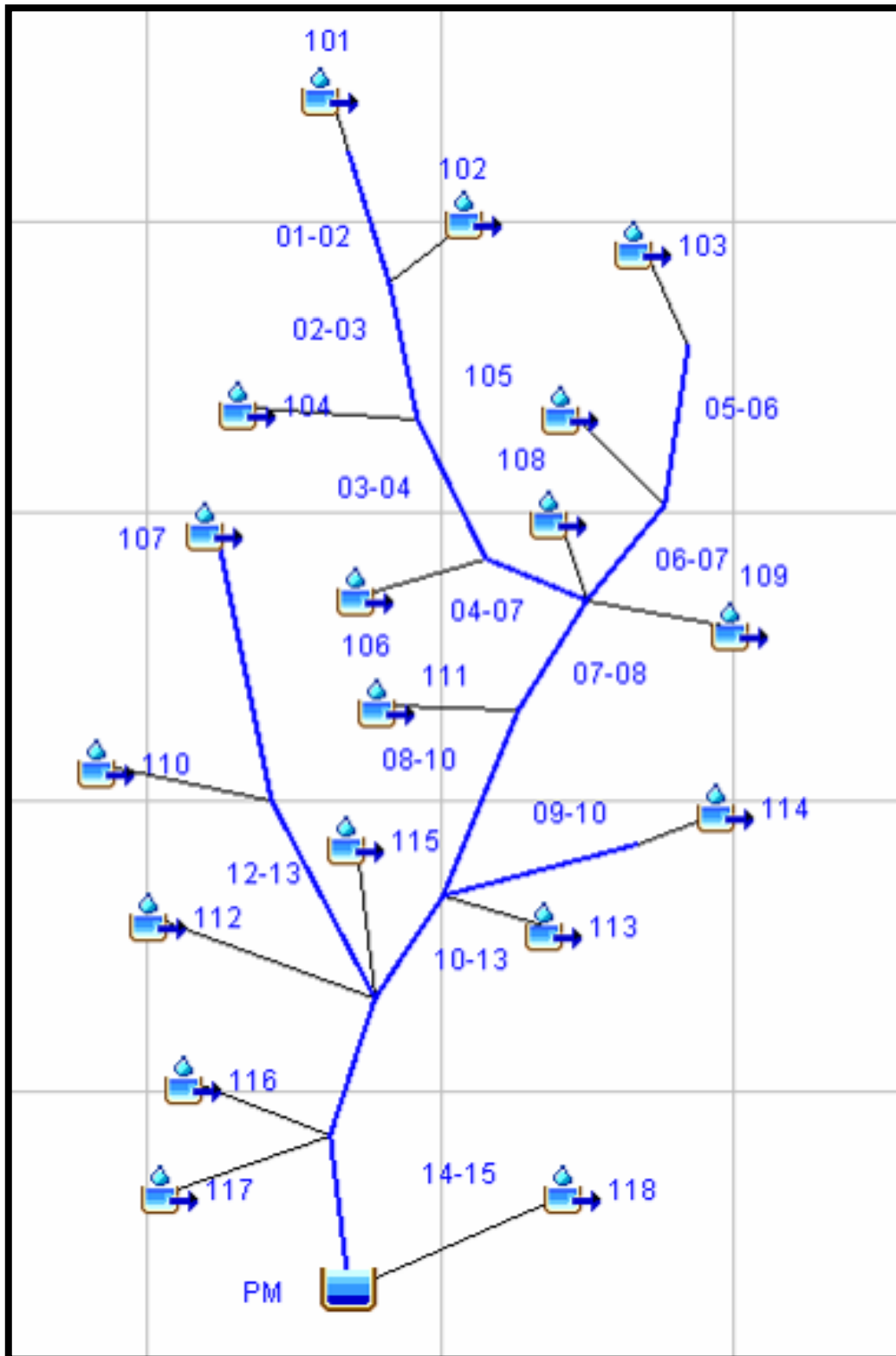
El estudio hidrológico permite obtener los hidrogramas en los puntos probables de emplazamiento para la presa para distintas recurrencias y para eventos prolongados. Estos hidrogramas permiten verificar el funcionamiento y la seguridad de la estructura a diseñarse.

### 10.1 HEC-HMS

HEC-HMS, Hydrologic Modeling System, es un programa del Hydrologic Engineering Center (HEC) del US Army Corps of Engineers. El programa simula los procesos de precipitación - escorrentía y los procesos de tránsitos controlados y naturales. HEC-HMS, tiene la gran ventaja de sus interfaces gráficas que permiten una visualización de los resultados y una forma simple de ingresar los datos.

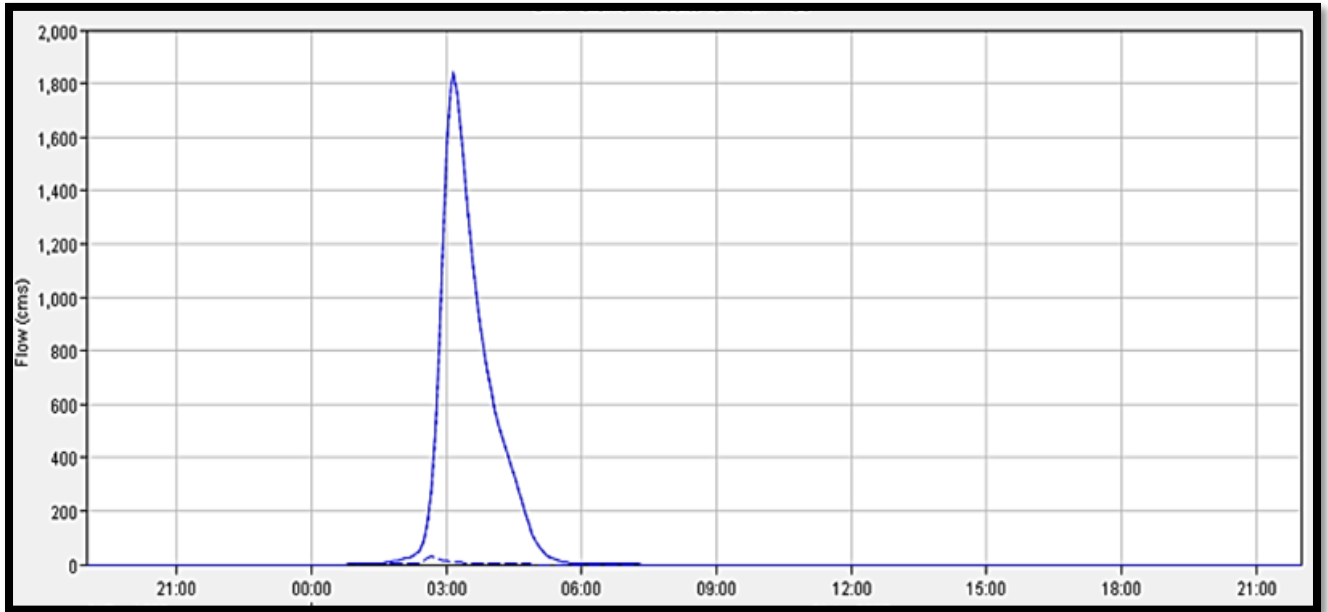
Para la modelación de eventos extremos en la situación sin embalse se utilizaron tormentas de 4hs de duración para recurrencias de 5, 10, 25, 50 y 100 años y para la Precipitación Máxima Probable (1000 años) con lo que se obtuvieron los resultados para las distintas alternativas de análisis.

La imagen siguiente ilustra el esquema de modelación empleado en HEC-HMS.

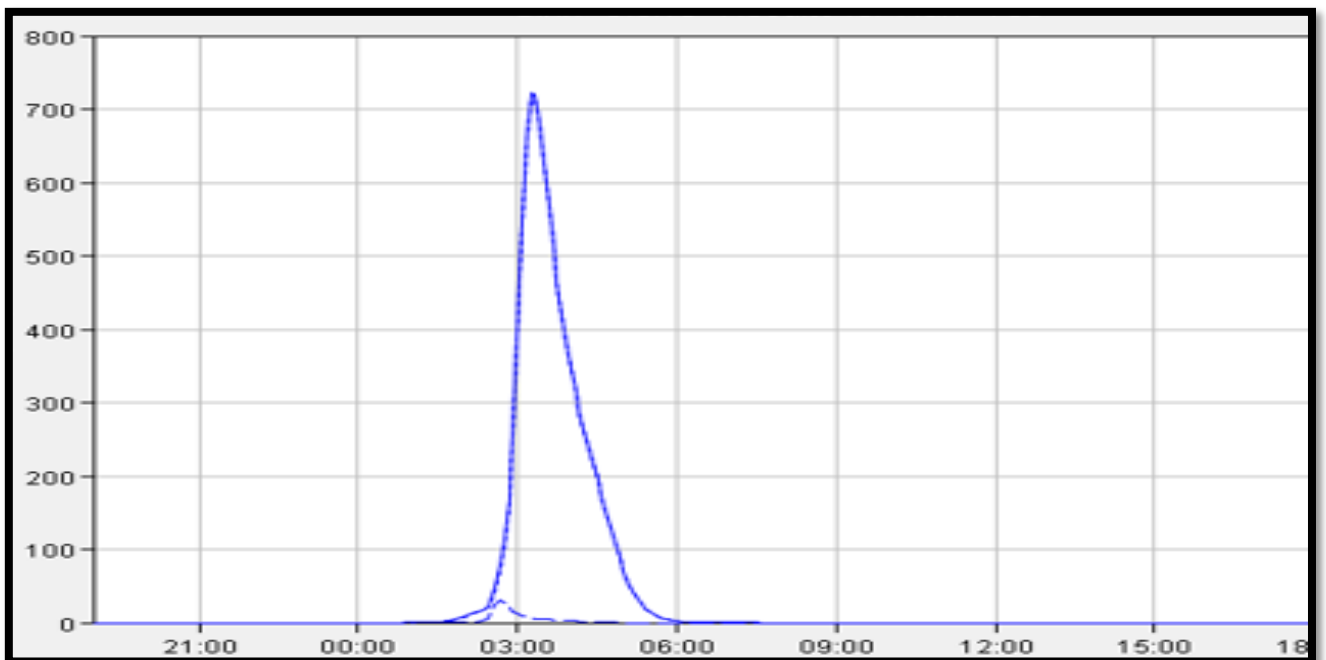




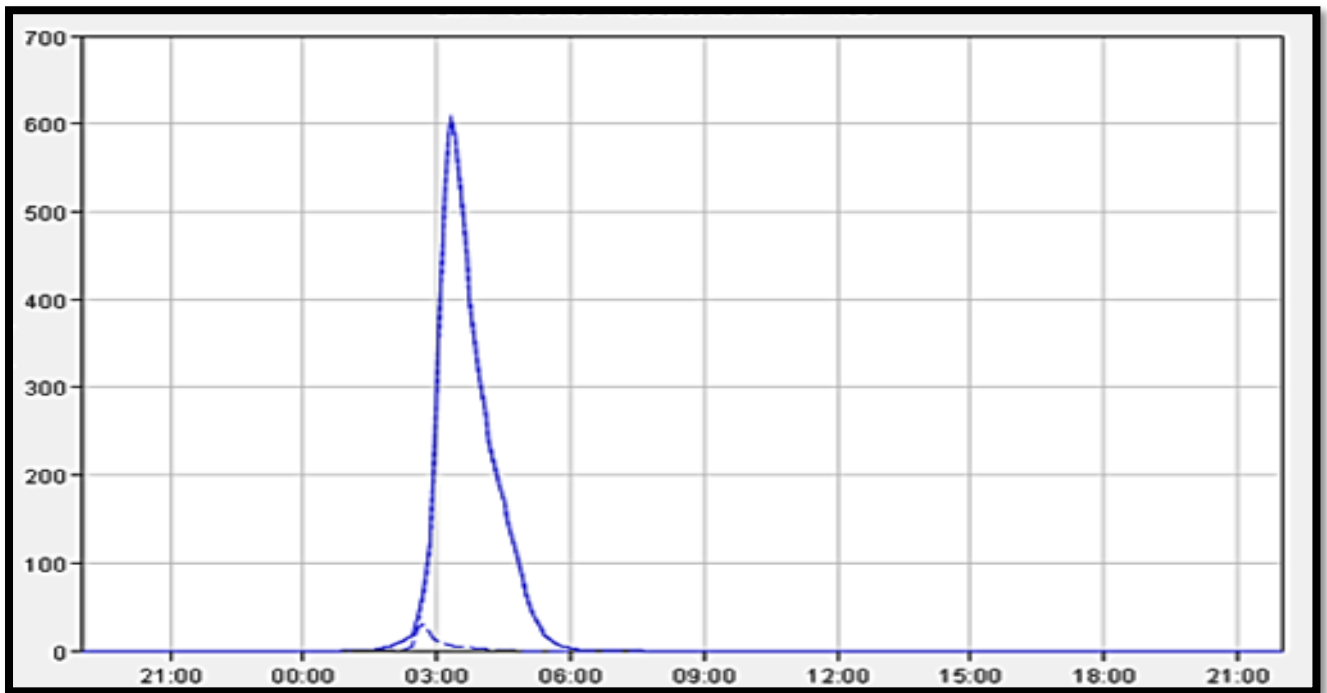
Caudal pico para un periodo de recurrencia de 1000 años (1.839,10 m<sup>3</sup>/seg.)



Caudal pico para un periodo de recurrencia de 50 años (722,20 m<sup>3</sup>/seg.)



Caudal pico para un periodo de recurrencia de 25 años (605,10 m<sup>3</sup>/seg.)



A continuación, se presenta una tabla que muestra los caudales pico modelados para las distintas recurrencias. El tiempo al pico es aproximadamente 2.5 hs en todos los casos.

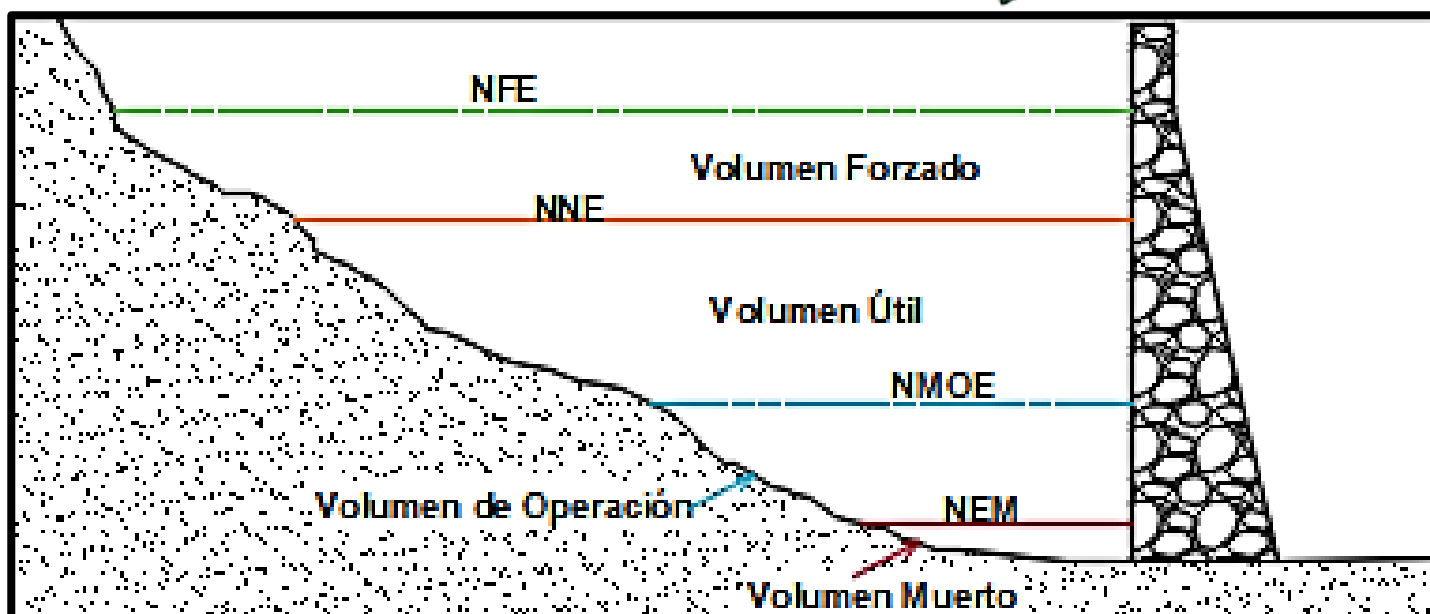
Recurrencia (años)	Q in
	(m <sup>3</sup> /seg)
25	605,10
50	722,20
1.000	1839,10

Esta determinación permitirá estimar los caudales de aporte al embalse para luego definir la magnitud de las obras de regulación y las características físicas e hidráulicas de la presa seleccionada.

## 10.1 Niveles del embalse.

Desde el punto de vista de la operación de los embalses, se definen una serie de niveles.

1. Nivel de embalse muerto (NEM): es el nivel mínimo de agua en el embalse. Delimita superiormente el volumen muerto del embalse, y es donde se acumularán los sedimentos durante la vida útil del embalse.
2. Nivel mínimo de operación del embalse (NMOE): Delimita superiormente el volumen generado por la altura mínima del agua necesaria para el correcto funcionamiento de toma de agua.
3. Nivel normal del embalse (NNE): Delimita superiormente al volumen útil del embalse, que es el que se aprovecha y gasta en función de diferentes propósitos.
4. Nivel forzado de aguas (NFE): Se presenta temporalmente durante la creciente de los ríos dando lugar al volumen forzado del embalse, el cual por lo general, es evacuado rápidamente por medio del vertedero.



## 10.2 Capacidad de Almacenamiento.

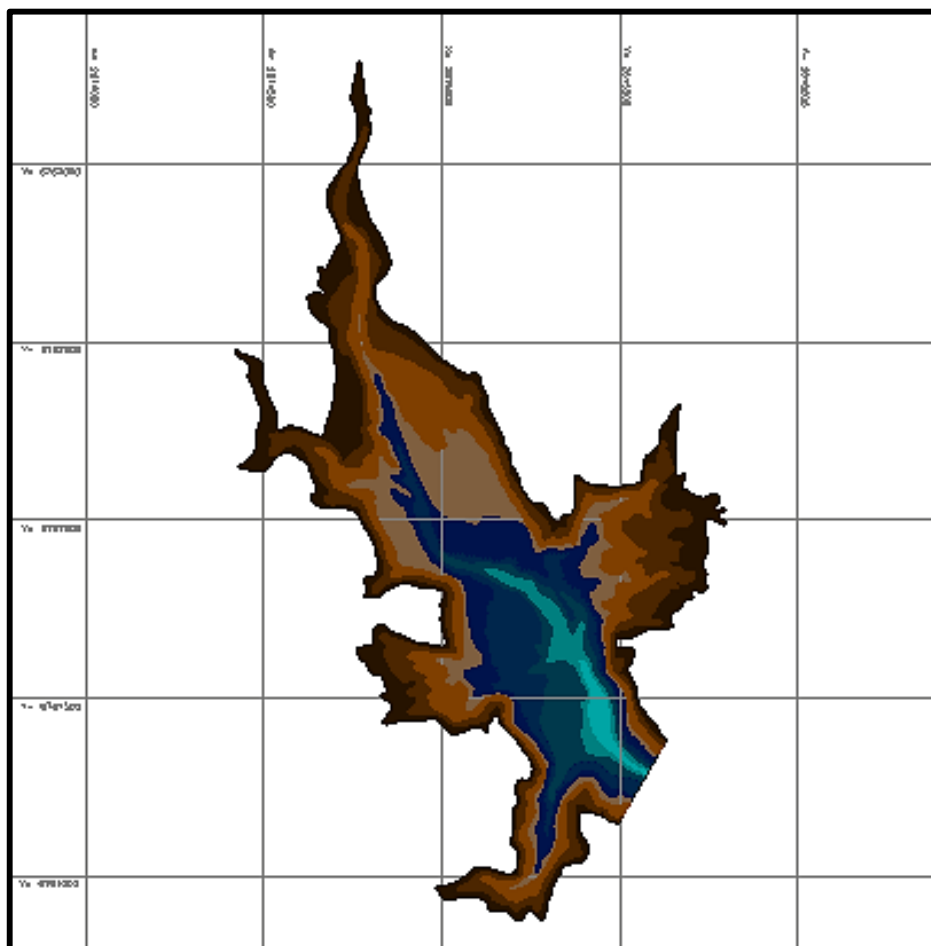
Con el fin de fijar la cota de coronamiento del embalse que satisfaga los requerimientos de capacidad del anteproyecto, a partir del modelo digital de elevación (MDE) se generó la curva cota-volumen y cota-área de inundación del vaso que conforma el cierre escogido.

En base a esta información se determinó que la cota de coronamiento aproximada de la presa, considerando la revancha estimada para el correcto funcionamiento de los órganos de evacuación y el margen necesario para garantizar la seguridad al sobrepaso de la misma, será de 2261 msnm.

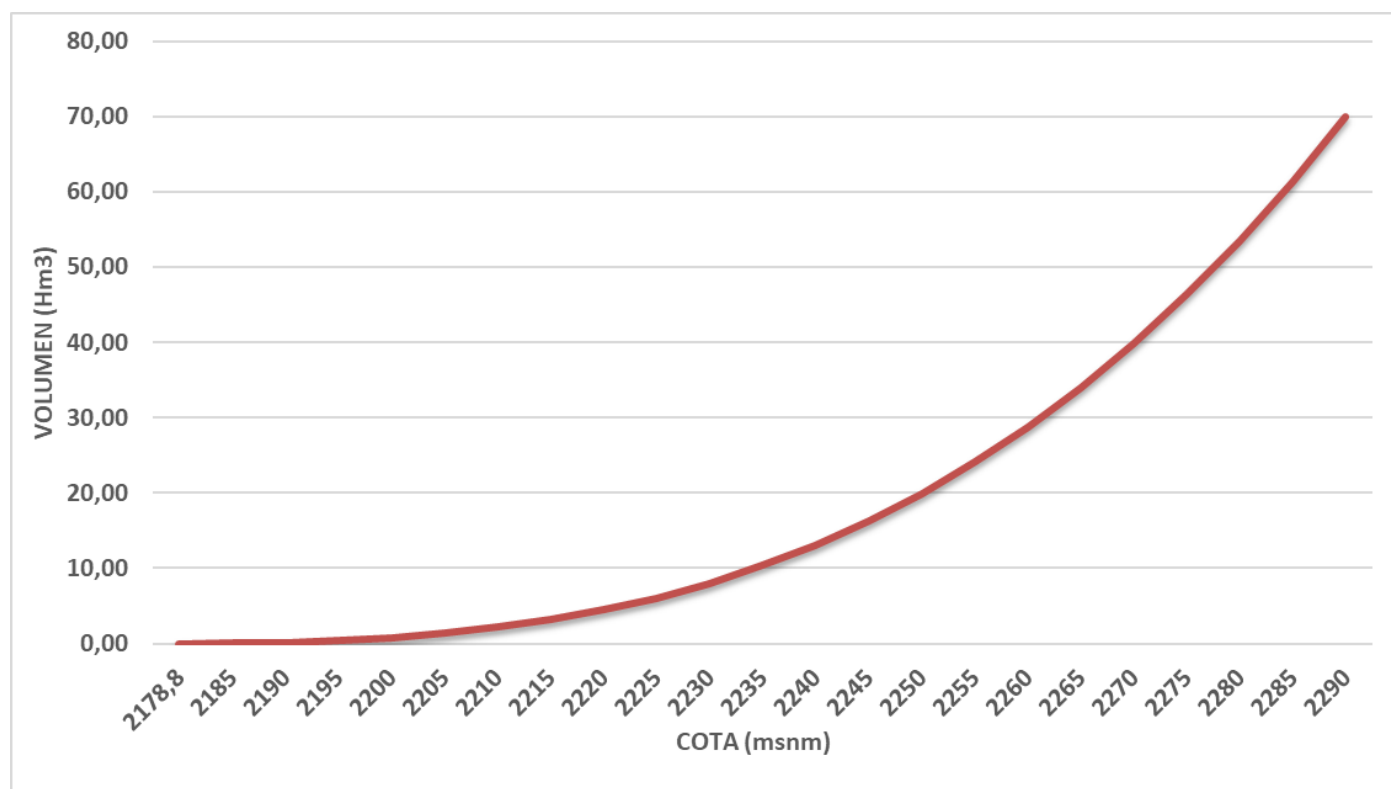
Considerando una cota preliminar para el labio del vertedero de 2255 msnm, el volumen de almacenamiento, sin considerar la pérdida por tarquinamiento, sería 23.15 Hm<sup>3</sup>. Este valor permite estimar, tras la elaboración de la curva masa del embalse, la máxima capacidad de abastecimiento durante el período de vida útil de la obra.

Los valores de la misma como su representación gráfica se aprecian en la siguiente figura.

COTA (msnm)	VOLUMEN (Hm <sup>3</sup> )
2178,8	0,00
2185	0,02
2190	0,16
2195	0,42
2200	0,80
2205	1,40
2210	2,18
2215	3,21
2220	4,46
2225	6,05
2230	7,96
2235	10,35
2240	13,07
2245	16,28
2250	19,88
2255	24,07
2260	28,73
2265	34,02
2270	39,84
2275	46,38
2280	53,44
2285	61,33
2290	69,92



Lo más importante de un embalse es su capacidad de almacenamiento, es por ello que realizamos una representación gráfica por medio de una curva característica en donde relacionamos dos variables: COTA – VOLUMEN. En la cual se indica el volumen almacenado correspondiente a cada elevación, haciendo hincapié en los niveles característico de todo embalse.



## 11 SÍNTESIS DE CONDICIONANTES DE DISEÑO

En síntesis, se puede concluir que el emplazamiento para la ejecución del Embalse cumple con los requerimientos necesarios para justificar el desarrollo del proyecto ejecutivo, destacándose que:

El lugar de emplazamiento analizado corresponde a la alternativa VI de los estudios preliminares desarrollados por FUNCOR.

Hidrológicamente, el derrame en este punto es consistente con el área de aporte obteniéndose para las distintas recurrencias caudales y volúmenes que satisfacen los requerimientos del proyecto.

La necesidad de volumen a ser almacenado se corresponde con la capacidad del vaso que se forma en el punto considerado.

El sitio del emplazamiento presenta una adecuada curva cota volumen permitiendo esto un correcto aprovechamiento del régimen pluvio-nival de la cuenca en la época estival.

Existe suficiente información geológica sobre el eje que avala la ubicación de la presa.

La modelación a largo plazo y las curvas masa generadas muestran que, aun para situaciones futuras en que el almacenamiento haya disminuido como consecuencia del tarquinamiento, el embalse posee sobrada capacidad para suministrar un caudal compatible con las necesidades de agua de la región.

Entre las definiciones y los estudios a desarrollar se destaca lo siguiente:

Con respecto a la distribución de los volúmenes almacenados para los distintos usos, demandas agrícolas y de agua potable; los mismos se determinarán en base a las mejores combinaciones de rentabilidad del proyecto considerando las restricciones técnicas asociadas al emplazamiento, las dimensiones y características finales de las obras de descarga.

El vertedero deberá garantizar la seguridad y eficiencia hidráulica de funcionamiento.

El diseño Hidráulico de la obra de Toma deberá garantizar la entrega de agua. Debe satisfacer las exigencias de seguridad necesarias y la eficiencia de captación.

## 12 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

---

### 12.1 Definición del Tipo de Presa

En base a las dimensiones preliminares determinadas en los puntos precedentes y a la información geotécnica y geológica disponible de la zona de cierre y sus inmediaciones, se analiza la ejecución de dos variantes para el tipo de presa:

- **Presa de materiales sueltos.**
- **Presa de hormigón compactado a rodillo (HCR).**

## **PRESA DE MATERIALES SUELTOS**

Se adaptan bien a suelos con baja capacidad portante.

Construcción con materiales disponibles en la zona.

Construcción menos rápida.

Menos vida útil.

Se integran de forma muy natural en el paisaje.

Menor volumen por lograrse taludes menores.

Heterogénea.

El vertedero es una obra aparte.

La presa peligra por crecidas durante su construcción.

Auscultación complejas.

## **PRESA DE HORMIGON COMPACTADO CON RODILLO**

Requieren un cemento de calidad.

Material para la construcción a elaborar con especificaciones reglamentadas.

Construcción más rápida.

Mayor vida útil.

No se integran de forma muy natural en el paisaje.

Mayor volumen por lograrse taludes mayores.

Homogénea.

El vertedero puede ser parte del cierre.

La presa NO peligra por crecidas durante su construcción.

Auscultación más simple.

El HCR puede ser simplemente definido como un hormigón especial que es compactado con un rodillo vibratorio.

Este concreto es más que un nuevo material; es un nuevo método de construcción con el cual se obtienen beneficios específicos.

En él, los agregados juegan un papel importante en los costos ya que deberán de considerarse agregados que estén cerca de la zona que cumplan las exigencias, que minimicen los vacíos en la mezcla y por lo tanto, la cantidad de mezcla (cemento, puzolanas y agua) necesaria para alcanzar las exigencias a compresión.

Se eligió elaborar la propuesta de la presa sobre el rio miranda de hormigón compactado con rodillo ya que la misma tiene grandes ventajas como, por ejemplo:

- Ejecución más rápida.
- Se puede ejecutar en etapas sin afectar la funcionalidad.
- El contenido de cemento por m<sup>3</sup> no es significativo.
- El vertedero es parte del cierre.
- La obra de desvío no es fundamental.
- No hay presas de HCR en La Rioja (innovación- atractivo turístico)

### 12.2 Opción de Presa de HCR

El Hormigón Compactado con Rodillo (HCR) o Roller Compacted Concrete (RCC) es uno de los conceptos clave en la industria de construcción de presas en el mundo actual.

Las primeras aplicaciones del concreto compactado con rodillo en la construcción de presas se remontan a 1960 en Taiwán; ahí se utilizó para la construcción de la presa de Shihmen. Una década más tarde, al comenzar los años setenta, varios ingenieros propusieron la utilización del HCR en la construcción de presas de gravedad. Pero es quizá hasta los años de 1974 y 1975 en la reconstrucción de la presa de Tarbela, en Pakistán, cuando hace su ingreso el HCR como un material competitivo en la construcción de presas. Desde entonces cada vez son más las obras en que se evalúa y se decide por el HCR como el mejor material para la conformación de presas.

El HCR puede ser simplemente definido como un hormigón especial que es compactado con un rodillo vibratorio. Este concreto es más que un nuevo material; es un nuevo método de construcción con el cual se obtienen beneficios específicos. Dentro de sus características principales podemos encontrar una mayor resistencia en sus propiedades mecánicas con una presencia menor de cemento y además el beneficio de poder instalar grandes volúmenes en un periodo de tiempo corto. En él, los agregados juegan un papel importante en los costos ya que deberán de considerarse agregados que estén cerca de la zona que cumplan las exigencias, que minimicen los vacíos en la mezcla y por lo tanto, la cantidad de mezcla (cemento, puzolanas y agua) necesaria para alcanzar las exigencias a compresión.



### 12.3 Condicionantes del Diseño

El objetivo de la presa Miranda es la de almacenamiento de agua para consumo. La capacidad óptima del vaso se determinó a partir de la confección del modelo digital de elevación (MDE). Este modelo permitió determinar la curva cota-volumen y cota-área de inundación del vaso que conforma el cierre escogido.

La extracción y conducción del recurso se ejecutará mediante una obra de toma que permita el uso gradual, seguro e ininterrumpido.

Con respecto a los órganos de descarga cumplirán el criterio de garantizar la seguridad de la estructura hidráulica, al no permitir la elevación del nivel, aguas arriba, por encima del nivel máximo alcanzado para la crecida generada por la precipitación milenial y la revancha necesaria para absorber el Fetch.

En base a esta información se determinó que la cota de coronamiento aproximada de la presa, considerando la revancha estimada para el correcto funcionamiento de los órganos de evacuación y el margen necesario para garantizar la seguridad al sobrepaso de la misma, será de 2261,50 msnm.

Considerando una cota preliminar para el labio del vertedero de 2252,50 msnm, el volumen de almacenamiento, sin considerar la pérdida por tarquinamiento, serían 21,56 Hm<sup>3</sup>. Este valor permite estimar, tras la elaboración de la curva masa del embalse, la máxima capacidad de abastecimiento durante el período de vida útil de la obra.

El coronamiento de presa tendrá un ancho de 7,86 metros, con una calzada enripiada. El muro o parapeto de aguas arriba es una estructura de hormigón armado que actúa como baranda y eventualmente como muro rompeolas.

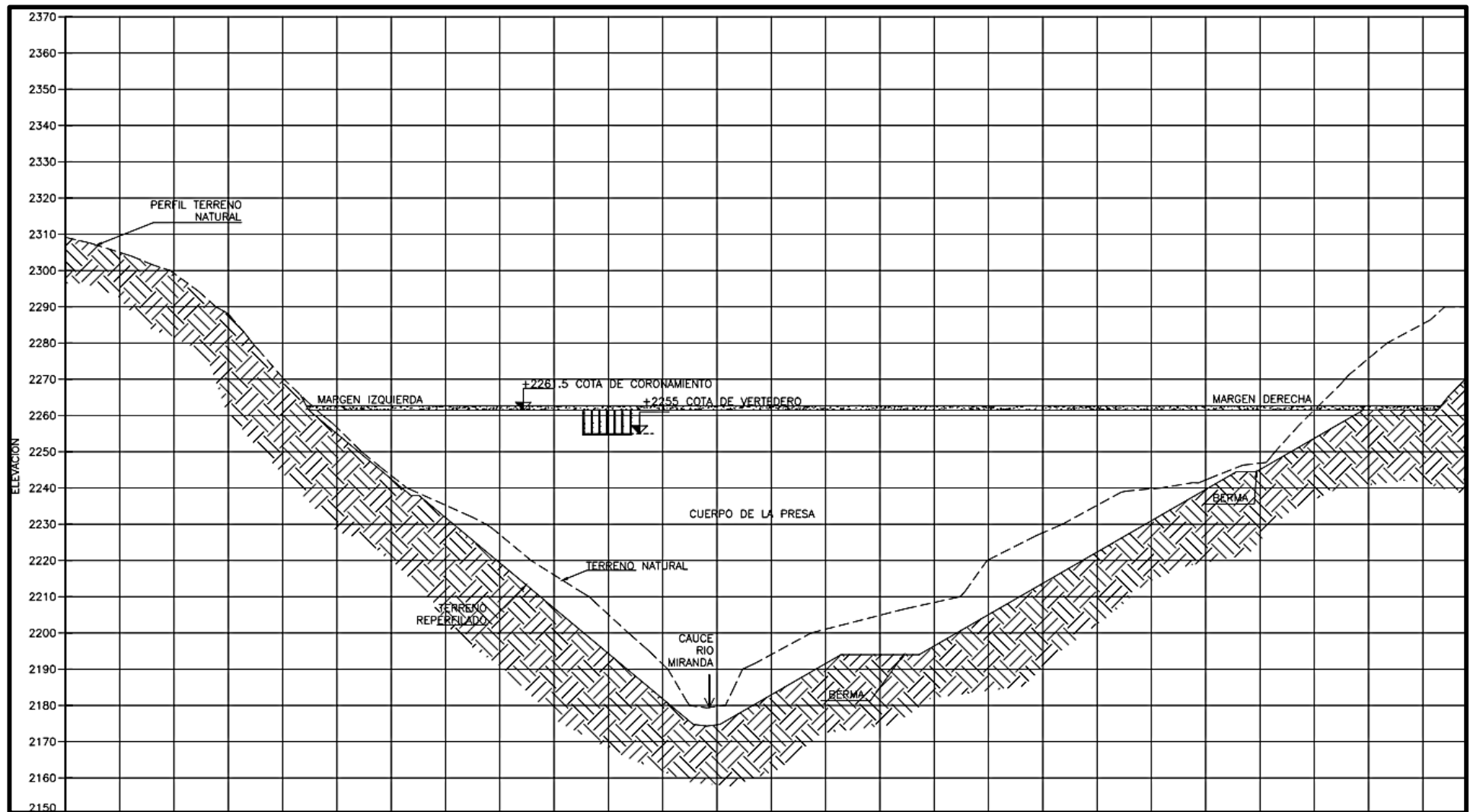
### Presa de HCR: Dimensiones Propuestas

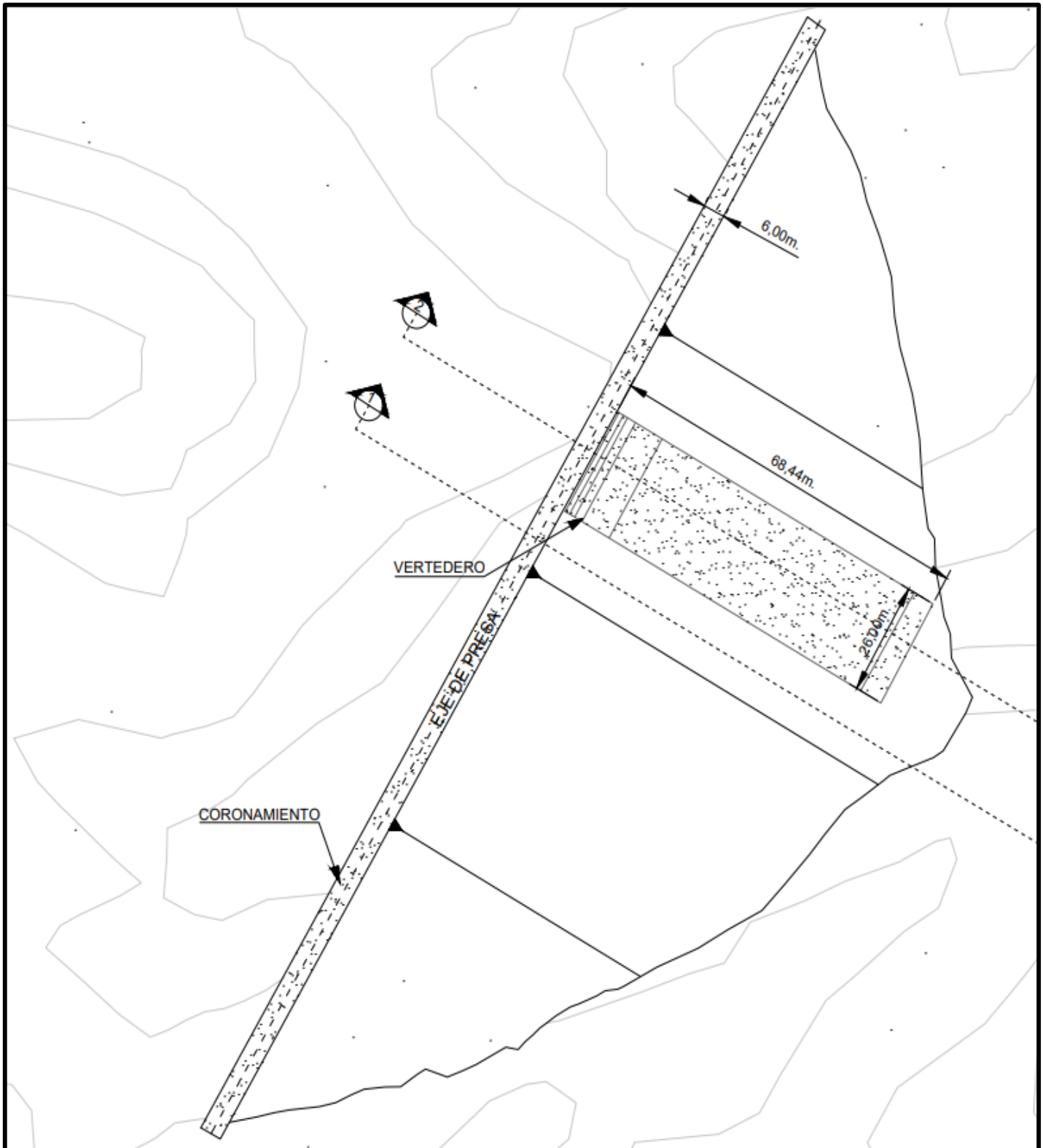
Para la presa de hormigón compactado a rodillo (HCR) se contempla una sección cuyas dimensiones serán ajustadas a los análisis técnicos económicos que contemplen los criterios de estabilidad y resistencia de materiales. Esta sección poseerá el paramento de aguas arriba vertical y el de aguas abajo con un talud de 1V:0.9H.

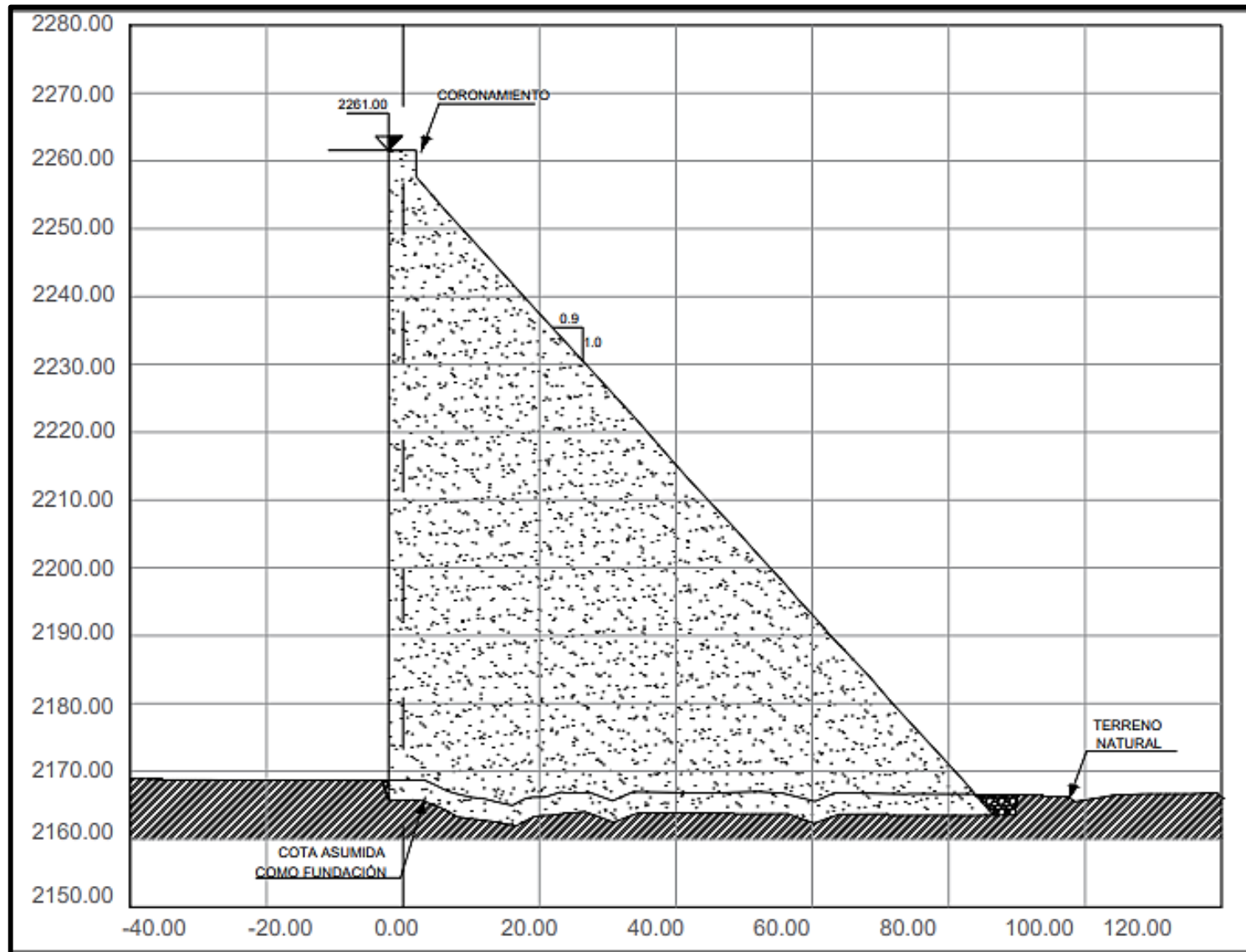
En resumen, la presa de HCR tendría las siguientes características:

- Eje en planta Recta
- Cota de coronamiento 2261m.s.n.m.
- Longitud de coronamiento aprox.: 294,00 m
- Ancho de coronamiento 6 m
- Talud aguas arriba vertical
- Talud aguas abajo 1V: 0,9H
- Vertedero no regulado a lámina libre, perfil tipo WES – Standard
- Ancho del vertedero: 26 m con 5 pilas
- Tipo de Descarga del Vertedero: Salto Esquí

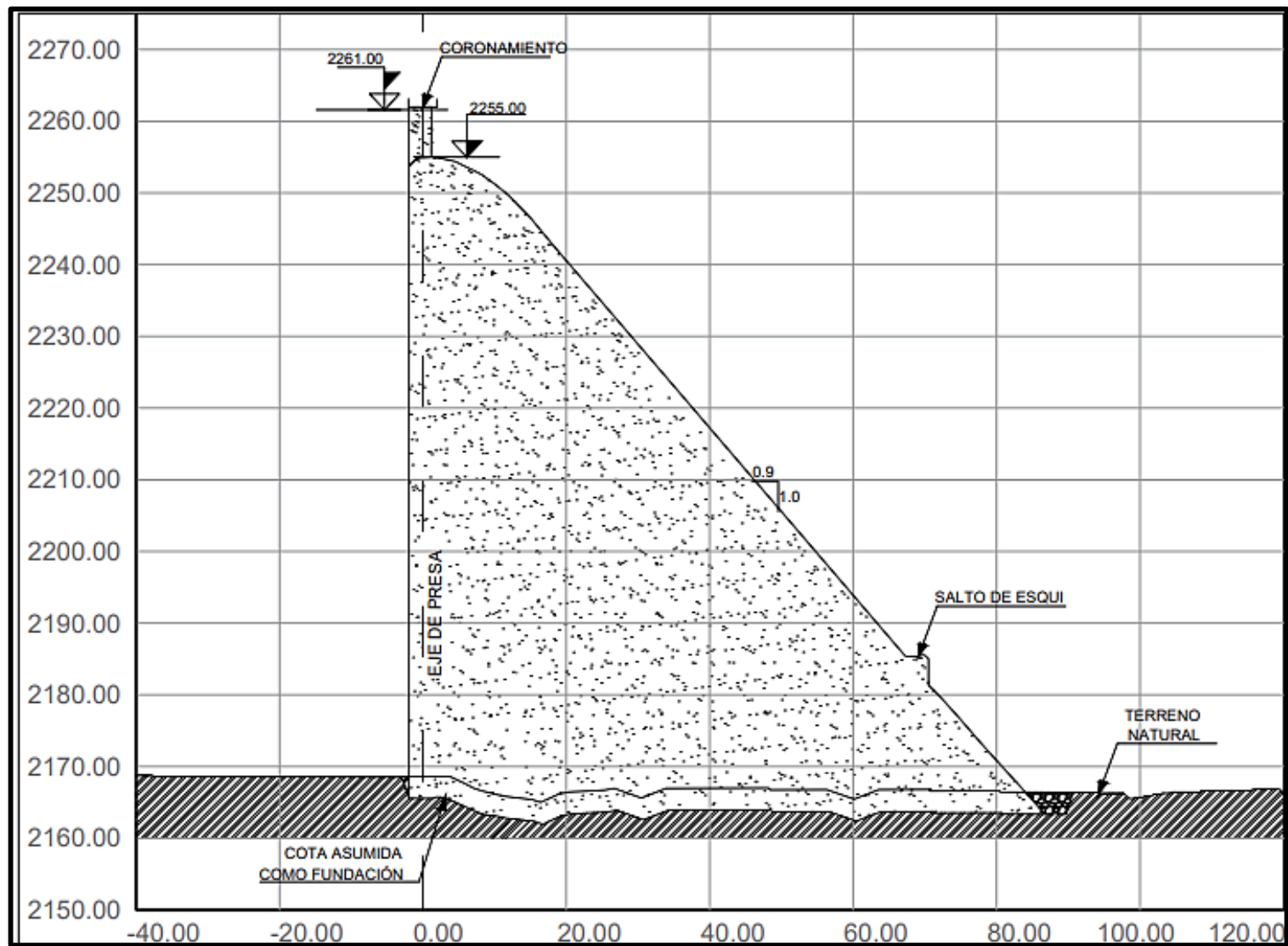
# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.







## CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.



## 13 CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN

Los hormigones estarán constituidos por una mezcla de:

- Árido grueso (2 ½"-tamiz 4).
- Árido fino (pasante tamiz 4).
- Filler (en el caso que son se contara naturalmente con un 5% de material pasante tamiz 200).
- Cemento con escoria de alto horno.
- Agua.
- Aditivo plastificante reductor de agua

En cada caso los tipos y especificaciones de estos materiales, así como sus proporciones, fueron resultante de,

1. Las singulares determinaciones de diseño.
2. Las Normas, reglamentos y requisitos adoptados.
3. La satisfacción de todo requerimiento técnico particular de este tipo de proyecto

todo ello para asegurar siempre un hormigón uniforme que, sometido a los procesos de transporte, colocación, compactación y curado, permita obtener estructuras densas, resistentes, impermeables, durables y de aspecto uniforme de acuerdo a las exigencias vinculadas al uso al que se las destina.

### 13.1 Requisitos a cumplir por los hormigones

#### Antecedentes para el diseño teórico de los hormigones

Para el diseño de los hormigones se tuvo presente:

- Reglamentos, Recomendaciones y Disposiciones del Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles. En particular el Reglamento CIRSOC 201-2005. Antecedentes de las obras recientes en HCR Saladillo, La Punta, El Bolsón y Las Tunas.

#### Agua de mezclado.

Normas del Instituto de Racionalización Argentino de Materiales: Norma IRAM 1601 – Agua para mortero y hormigón de cemento Pórtland.

#### Tipo de cemento.

Cemento de alto horno - CHA40 – IRAM 50000 - 50001.

#### Agregados utilizados para la elaboración de hormigones.

Para el análisis de los agregados se tuvieron en cuenta las siguientes Normas:

- IRAM 1520 – Densidad relativa de agregados saturados a superficie seca.
- IRAM 1540 – Material pasante por el tamiz 75 mm.
- IRAM 1505 – Clasificación granulométrica de suelos.
- IRAM 1647 – Contenido de materia orgánica.
- IRAM 1565 – Tiempo de consistencia VeBe.
- IRAM 1627 – Curvas granulométricas límites para hormigón
- IRAM 1674 – Determinación de la reactividad alcalina potencial - Método acelerado de la barra de mortero

### AGREGADOS (CONSISTENCIA GRAVA HÚMEDA)

- Tamaño máx agregado 50 mm
- Pasante tamiz 200 del 4% - 10%

### CEMENTO

- En el orden de 100 - 200kg/m<sup>3</sup>

### AGUA

- Baja relación agua cemento



## 14 ORGANOS DE OPERACIÓN

### 14.1 Obra de desvío.

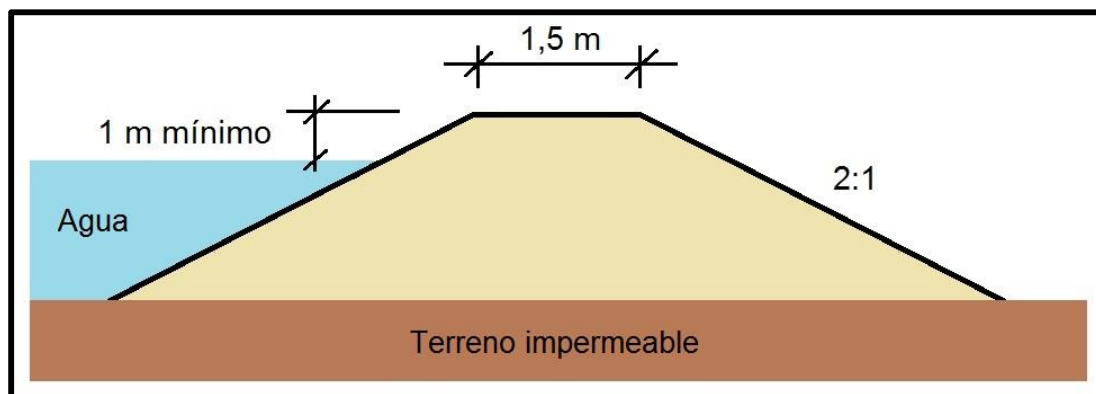
Uno de los aspectos fundamentales en la construcción de una presa es el diseño general de las obras de desvío del río.

En un caso habitual, la necesidad de construir la presa en seco obliga a plantear el desvío del río íntimamente ligado a tres factores, que son la cerrada, el régimen fluvial y el tipo de presa.

Para el desvío total del río, hay que hacer una presa provisional que produzca el remanso suficiente para que el agua entre por el nuevo cauce, que es una conducción que transporta el agua desviada hasta un punto aguas debajo de la obra. Esta Ataguía, por lo general se construye a los 6 meses de iniciada la obra y suele salir de funcionamiento a los 4 años aproximadamente, siempre y cuando consideremos que la totalidad de los trabajos sean ejecutados con un Plazo de obra de 6 años.

La presa provisional de desvío se llama ataguía. A veces es necesario hacer otras aguas debajo de la obra a proteger, para evitar que las aguas desviadas puedan inundar aquella por retroceso. Esta segunda presa se llama contraataguía o ataguía aguas abajo.

Se suelen usar taludes de 3/2 en el paramento de aguas arriba y de 2/1 en el de aguas abajo, con un ancho de coronación de al menos 1,50 m.



Una obra de desvío, como su nombre lo indica, sirve para desviar las aguas de un río que en un momento dado escurren por un determinado sitio, con la finalidad de propiciar la construcción de la presa.

La característica principal de este tipo de obra es la adaptación del sistema de desvío a las condiciones locales de manera de garantizar, por un lado, una mínima interferencia en los trabajos, y por otro, facilitar el proceso de cierre manteniendo premisas constructivas e hidrológicas determinadas.

Se ejecutarán primero las conducciones de la obra de desvío que, al estar en cota mayor, podrán realizarse sin la ejecución de las ataguías. Se ejecutarán luego las ataguías y contra-ataguías necesarias para mantener el recinto de construcción seco.

La obra de desvío, en dos cajones sobre margen derecha, servirá luego para, en uno de sus cajones, instalar los conductos de descargador de fondo y medio fondo que servirán para la toma de agua para consumo. Esta obra permitirá derivar los caudales del cauce hasta el momento en que entre en funcionamiento pleno la presa y sus elementos auxiliares.



Para considerar una probabilidad de sobrepaso acorde con el tipo de obra y los tiempos de ejecución, se tomó la recurrencia de 25 años para el caudal de diseño de las obras de desvío. El caudal para una tormenta de 25 años de la cuenca sin regulación es de 605,10 m<sup>3</sup>/s .

La estructura de desvío será de dos cajones de hormigón de sección interna de 5,00 m x 3,50 m. Toda la estructura de desvío deberá garantizar la seguridad de la presa ante eventos de 25 años de recurrencia, para lo cual podrá aprovechar la capacidad de regulación del embalse transitorio que se forme aguas arriba.

### 1- ADOPTO LA SECCIÓN RECTANGULAR

- **ANCHO = B = 5,00m**
- **ALTURA = h = 3,50m**
- **SECCIÓN = S = 2 . B . h = 5,00 . 3,50m = 35,00m<sup>2</sup>**

### 2-CALCULO EL PERÍMETRO MOJADO

- **$P = 2 . B + 4 . h = 2 . 5,00m + 4 . 3,50m = 24,00m$**

### 3-CALCULO EL RADIO HIDRÁULICO

- **$R = S/P = 35,00m^2 / 24,00m = 1,46$**

### 4-CALCULO EL CAUDAL CON LA FÓRMUNA DE MANNING

- **$Q = \frac{S . R^{2/3} . i^{1/2}}{n} = \frac{35,00 . 1,46^{2/3} . 0,03^{1/2}}{0,013} = 608,05m^3/s$**

## 14.2 Obra de Toma.

El diseño Hidráulico de la obra de Toma deberá garantizar la entrega de agua. Debe satisfacer las exigencias de seguridad necesarias y la eficiencia de captación.

En función a los antecedentes del proyecto, donde se estudió el requerimiento de recurso necesario para cubrir el déficit hídrico, se determinó es necesario 13.750m<sup>3</sup>/Ha/año, los cuales se distribuyen en los meses de la siguiente manera:

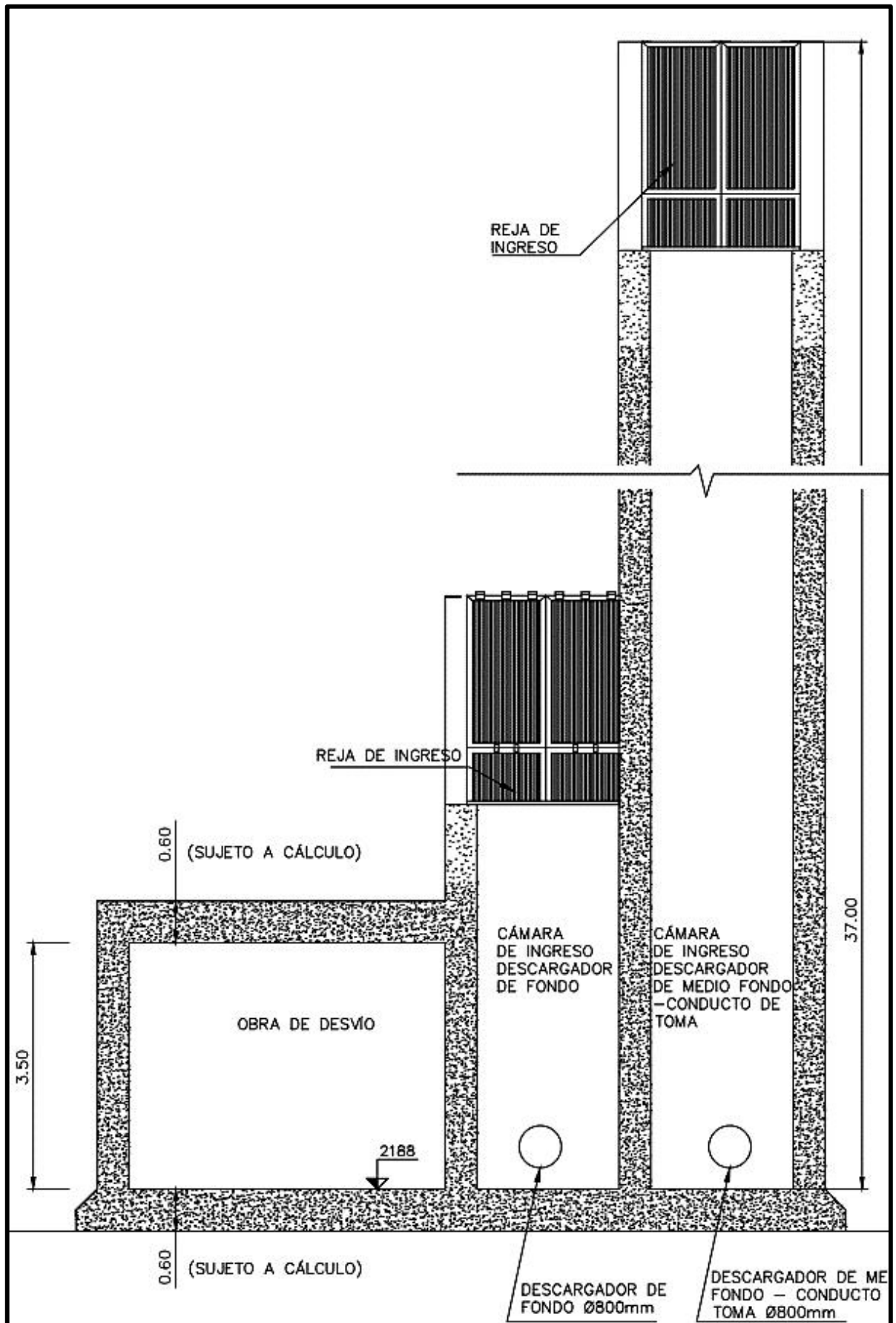
(m <sup>3</sup> /Ha)	E	F	MZ	AB	MY	JN	JL	AG	S	O	N	D	TOTAL
<b>DOT DE RIEGO (m<sup>3</sup>/Ha)</b>	510	1.000	1.820	1.900	2.300	2.200	1.750	1.000	720	300	100	150	13.750

La extracción y conducción del recurso se ejecutará mediante una obra de toma que permita el uso gradual, seguro e ininterrumpido, el cual estará materializado por 1 (una) cañerías de diámetro igual a 800mm, ya que, si considerando que el agua escurre a la velocidad máxima admisible para conducciones, que es de 3m/s, obtenemos que el caudal máx. Para una cañería de 800mm es de 1500 l/seg., con lo cual puedo abastecer de 3.324m<sup>3</sup>/Ha/mes, lo cual es mayo al requerimiento de la dotación de riego del mes de Mayo, y por lo tanto me verifica.

Esta obra de toma se ubicará en una cota igual a 2230 msnm ya que el mismo nivel es el que determina el Nivel Mínimo de operación.

Es necesario aclarar que, no podrán iniciarse las tareas dentro de uno de los cajones para convertirlo en descargador de fondo y conducción de toma hasta que la altura de la presa no garantice el manejo adecuado de los caudales de 25 años de recurrencia con un solo cajón. En ese momento se podrán empezar a realizar las obras para la estructura de descarga y toma en el otro conducto.

# CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.



### 14.3 Vertedero.

La función de los aliviaderos en las presas de almacenamiento es dejar escapar los volúmenes de agua que no caben en el espacio destinado para almacenamiento o, en su caso, el excedente que no se puede enviar al sistema de derivación.

Además de tener la capacidad suficiente, el aliviadero debe ser hidráulica y estructuralmente adecuado; tiene que ser localizado de manera que las descargas del mismo no erosionen ni socaven el talón de aguas abajo de la presa.

Los órganos de descarga cumplirán el criterio de garantizar la seguridad de la estructura hidráulica, al no permitir la elevación del nivel, aguas arriba, por encima del nivel máximo alcanzado para la crecida generada por la PMP (1.000 AÑOS) y la revancha necesaria. Para ello, se diseñó el Aliviadero con el Caudal Pico con un periodo de recurrencia de 50 Años (722,20 m<sup>3</sup>/s)

En base a esta información se determinó que la cota de coronamiento aproximada de la presa, considerando la revancha estimada para el correcto funcionamiento de los órganos de evacuación y el margen necesario para garantizar la seguridad al sobrepaso de la misma, será de 2255 msnm.

El vertedero de descarga se colocará sobre el cuerpo de la presa y responderá al tipo de vertedero no regulado, con un ancho igual a 26 metros, según el siguiente cálculo.

## 1- ADOPTO LA SECCIÓN RECTANGULAR

- $ALTURA = h = 2261 - 2255 = 6,00m$

## 2-COEFICIENTE DE DESCARGA

- *Pruebas en modelos sobre los vertederos han demostrado que el coeficiente de descarga  $C = 2,2$  (Azevedo y Acosta 1976)*

## 3-CAUDAL

- $Q = C \cdot L \cdot H^{3/2}$

## 4-CALCULO DEL ANCHO DEL VERTEDERO

- $L = \frac{Q}{C \cdot H^{3/2}} = \frac{722,20 \text{ m}^3/\text{seg.}}{2,2 \cdot 6,00^{3/2}} = 22,33m \rightarrow 26,00m$

Cuando las pilas y los estribos de la cresta tienen una forma tal que produce contracciones laterales sobre la descarga, la longitud efectiva  $L$ , será menor que la longitud neta de la cresta  $L'$ . Este efecto puede tomarse en cuenta reduciendo la longitud neta de la cresta según la siguiente ecuación:

$$L = L' - 2 \cdot (N \cdot K_p + K_a) \cdot H$$

Donde:

$L$ = longitud efectiva de la cresta.

$L'$ =longitud neta de la cresta.

$N$ =número de pilas.

$K_p$ =Coeficiente de contracción de pilas.

$K_a$ =Coeficiente de contracción de los estribos.

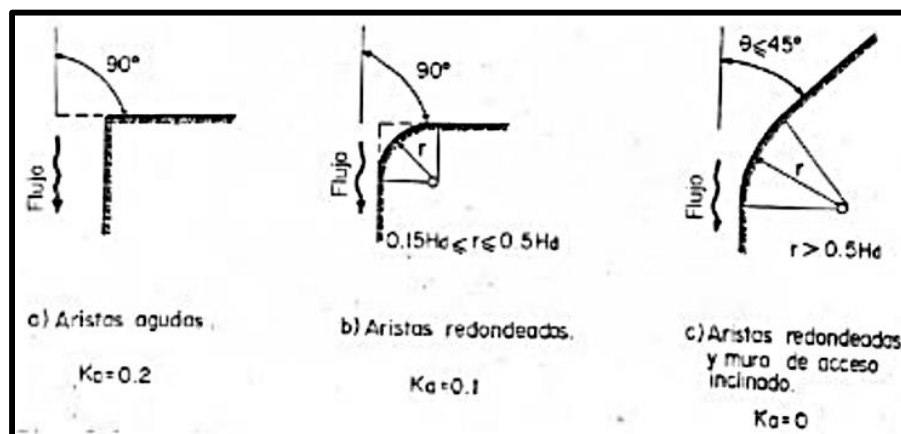
$H$ =Carga total sobre la cresta.

El coeficiente de contracción de las pilas  $K_p$ , es afectado por la forma, ubicación, espesor, relación de cargas y velocidad de llegada.

Tajamar es la parte que se adiciona a las pilas, aguas arriba y aguas abajo, en forma curva o angular, de manera que pueda cortar el agua de la corriente y repartirla con igualdad por ambos lados de aquellas. Estas construcciones se realizan con el objetivo de que las mismas, ofrezcan menos resistencia a la fuerza del agua.

Los valores aproximados para  $K_p$  dados por Creager y Justin (1950) van desde 0,00 a 0,02. En este caso se adoptó el caso más desfavorable  $K_p=0,02$  para pilas de tajamar cuadrado con esquinas redondeadas con un radio aproximadamente de 0,10 del espesor de la pila.

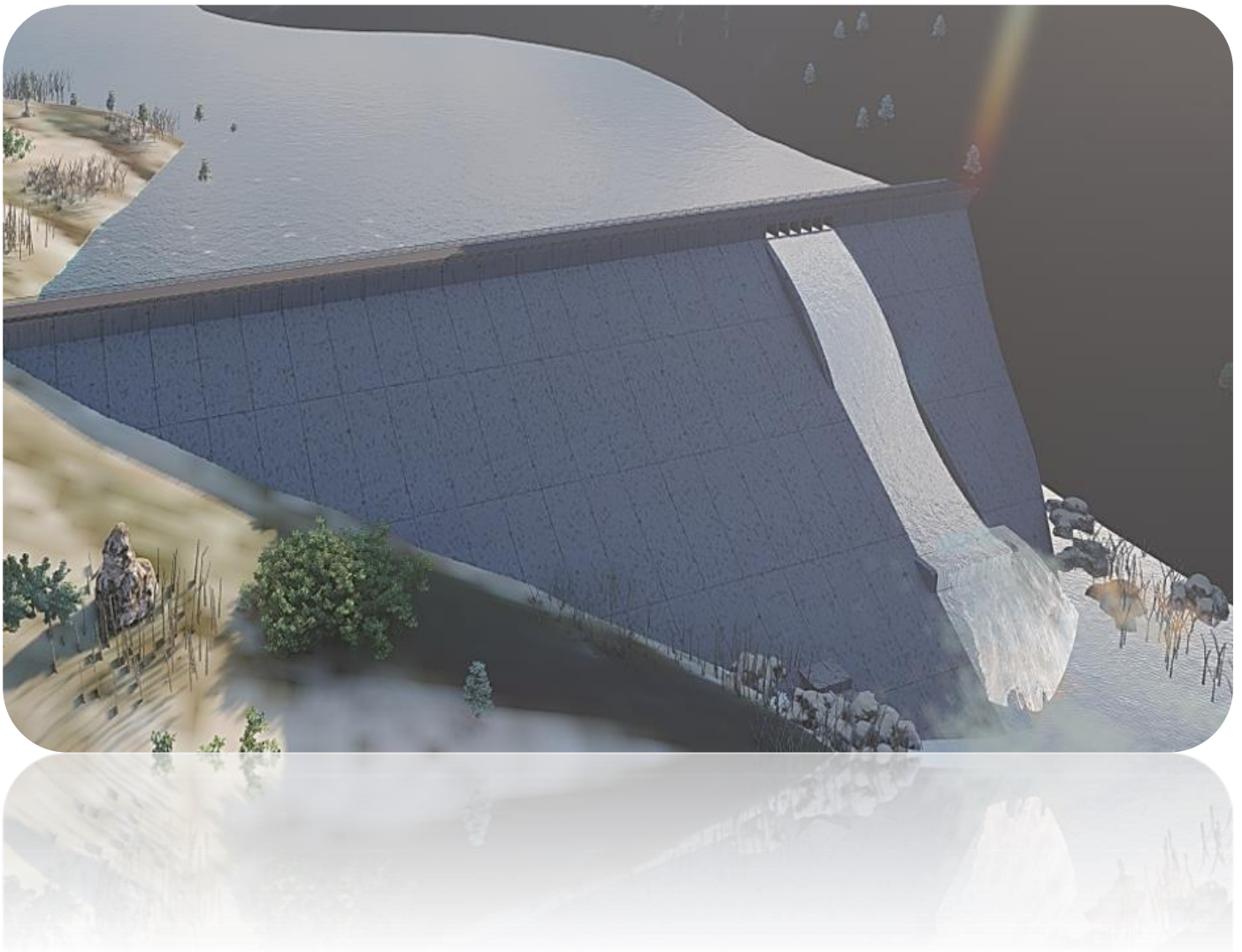
Según el Manual de Pequeñas Presas, el coeficiente de contracción del estribo  $K_a$ , lo afecta la forma de éste, el ángulo entre el muro de llegada aguas arriba y el eje de la corriente, la carga con relación a la del proyecto y la velocidad de llegada; y varía entre 0,00 y 0,20. Para este caso, se adoptó  $K_a=0,20$  para estribos cuadrados con los muros de cabeza a  $90^\circ$  con la dirección de la corriente.



Por lo tanto, la longitud efectiva de la cresta será:

$$L = 26,00m - 2 \cdot (5 \cdot 0,02 + 0,2) \cdot 6,00m$$

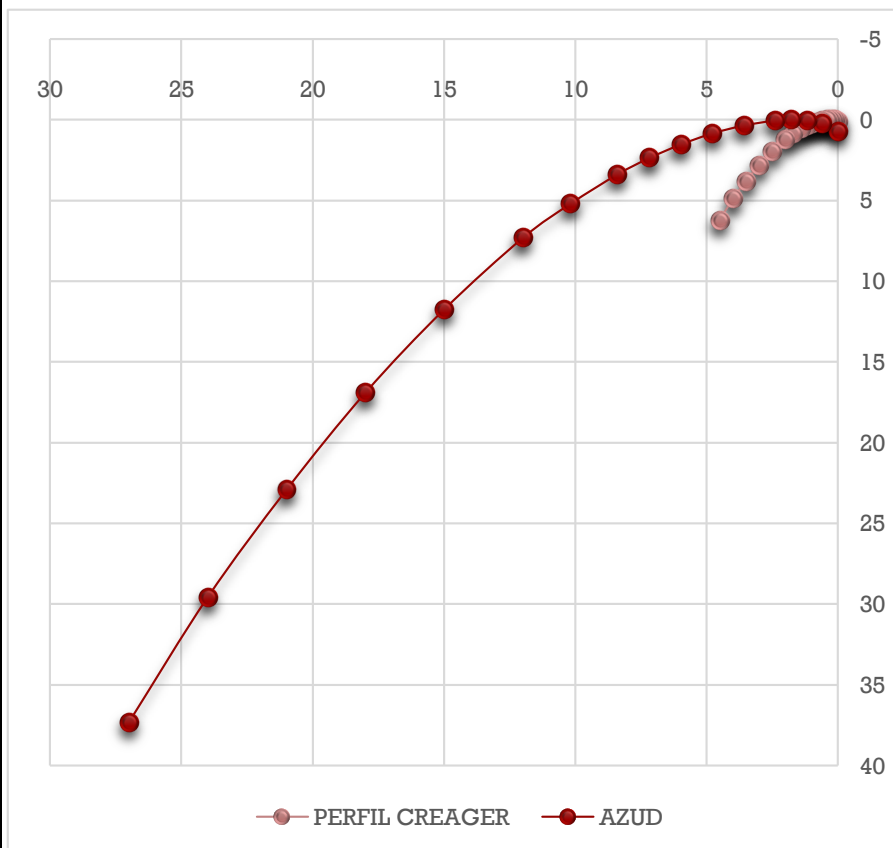
$$L = 22,40m > 22,33m \rightarrow \text{verifica}$$



El vertedero tipo Creager es el más recomendado en cortinas de mampostería o concreto, donde la longitud del vertedor puede quedar alojado en el cuerpo de la estructura.

Se recomiendan su uso, respecto a vertedores de pared gruesa, ya que eliminan la turbulencia por carecer de aristas.

X	Y	H	Xazud	Yazud
	paramento			
0	0,126	6,00	0,00	0,76
0,1	0,036	6,00	0,60	0,22
0,2	0,007	6,00	1,20	0,04
0,3	0	6,00	1,80	0,00
0,4	0,007	6,00	2,40	0,04
0,6	0,06	6,00	3,60	0,36
0,8	0,142	6,00	4,80	0,85
1	0,257	6,00	6,00	1,54
1,2	0,397	6,00	7,20	2,38
1,4	0,565	6,00	8,40	3,39
1,7	0,87	6,00	10,20	5,22
2	1,22	6,00	12,00	7,32
2,5	1,96	6,00	15,00	11,76
3	2,82	6,00	18,00	16,92
3,5	3,82	6,00	21,00	22,92
4	4,93	6,00	24,00	29,58
4,5	6,22	6,00	27,00	37,32



## 15 PERFORACIONES E INYECCIONES

Dentro de las tareas a ejecutar en la obra está prevista la realización de inyecciones; se han previsto dos tipos de inyecciones,

- Inyecciones de consolidación de roca.
- Inyecciones de impermeabilización.

Se dispondrá de los equipos y materiales necesarios para cumplir un programa de inyecciones y perforaciones que cumpla con las exigencias para las tareas de inyección y ensayos. El programa de dotación de equipos de perforación y materiales a emplear, considerará, entre otros factores, que se requerirán perforaciones de distinto diámetro, ejecutadas en roca, en material de sobrecarga y en rellenos.

### 15.1 Perforaciones

Las diversas perforaciones requeridas por el proyecto se ejecutarán en las ubicaciones, con las direcciones y hasta las profundidades indicadas (en el proyecto de ingeniería de detalle); directivas que podrán ser modificadas de acuerdo con las condiciones locales encontradas en las fundaciones ya excavadas y con los resultados de los ensayos de permeabilidad.

En general las grillas de consolidación y de cortina, pueden realizarse con roto percusión y las perforaciones especiales y de control con sistema de diamantina – rotación.

Las dimensiones de los equipos estarán adaptadas al lugar de trabajo. Cada equipo dispondrá de agua o fluido de perforación a la presión y caudal adecuado al diámetro y condiciones de la perforación, suministrado por bomba individual o línea de alimentación adecuada.

Los equipos de perforación para exploración serán del tipo roto percusión o rotación en sondeos especiales (a rotación) para las perforaciones secundarias, terciarias y de consolidación.

Las perforaciones primarias se harán con corona de diamante a fin de obtener testigo corrido intercaladas con roto percusión con martillo de fondo.

Las perforaciones a rotación destinadas a investigación o a instalación de equipos de instrumentación utilizarán agua como fluido de perforación. En todos los casos el retorno de fluido y detritos de perforación se filtrará mediante ciclones o equipo adecuado, y el “cutting” resultante se recolectará en piletas o áreas destinadas al efecto y finalmente depositado en las áreas de desecho o donde se especifique.

Todas las perforaciones se emboquillarán con un tramo de caño de material adecuado, pudiendo ser acero, o PVC rígido, que sobresaldrá de la rasante del terreno o plataforma al menos 10 cm y estará cementado y. Su alineación e inclinación corresponderán a las indicadas. En un lugar próximo se indicará, mediante cartel o pintura sobre superficie permanente, la identificación de la perforación.

Una vez terminado un tramo de perforación, se descenderá hasta el fondo un caño de acero de diámetro adecuado, circulando agua a presión, hasta obtener un reflujo claro. Si la perforación no se inyecta inmediatamente, se obturará con un tapón de madera de dimensiones adecuadas y de forma cónica, el cual se asegurará para evitar su remoción involuntaria.



## 15.2 Perforaciones para Cortina de Inyecciones

Las perforaciones se harán en la secuencia indicada en el proyecto de inyecciones (ingeniería de detalle). No se ejecutarán perforaciones a menos de 24 m. de zonas que se estén inyectando.

El fluido de perforación en perforaciones destinadas a inyecciones, podrá ser solamente agua clara.

## 15.3 Sistema de Inyección

Se utilizará el sistema (GIN) de presión y volumen constante, con control electrónico de registros tipo LOGAC 4000, las inyecciones son procedimientos que se aplican al subsuelo, mediante los cuales se introduce en los poros o en discontinuidades del medio a tratar un producto líquido (conocido como mortero o lechada de inyección), que se solidifica adquiriendo resistencias determinadas a través del tiempo.

El objetivo básico de este tratamiento es el de impermeabilizar o fortificar el macizo rocoso, inyectando la mayor cantidad de discontinuidades posibles (en el caso que nos ocupa), incrementando de este modo las propiedades mecánicas de las mismos.

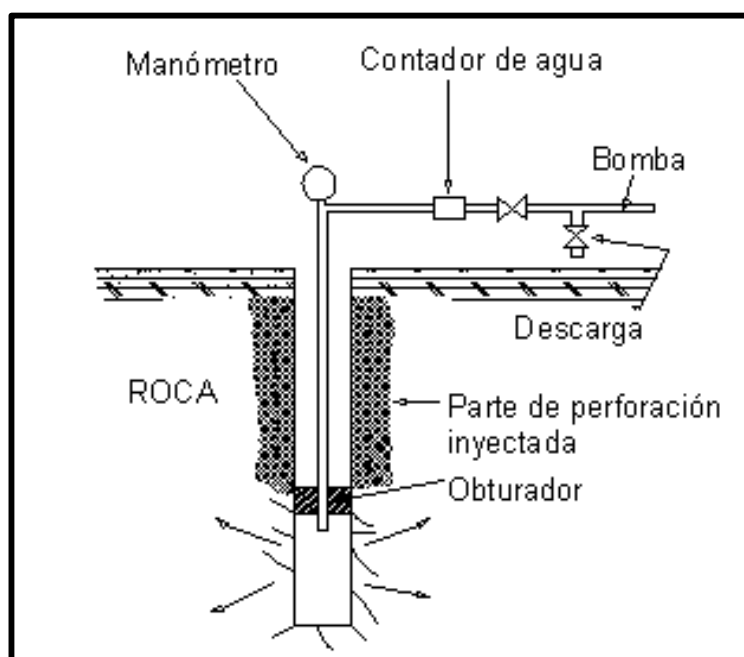
Es importante saber identificar qué medios se pueden utilizar para remediar las problemáticas específicas de acuerdo a la zonificación geotécnica de macizos rocosos de emplazamiento a determinar en la ingeniería de detalle (naturaleza de los terrenos y también determinar cuáles son los factores que intervienen para fijar las condiciones de empleo de las inyecciones.)

## 15.4 Ensayos para Caracterizar el Material a Inyectar. Ensayo Lugeon (1936).

Es un ensayo de absorción in situ, que se ejecuta en las rocas fisuradas y tiene por objeto proporcionar una idea aproximada de su permeabilidad. Consiste en inyectar agua a presión mediante una bomba y medir el caudal que escurre por las fisuras del macizo rocoso.

El procedimiento de realización es el siguiente:

- Se lleva a cabo una perforación en el macizo a ensayar, en carreras de unos 5 metros aproximadamente.
- Para aislar el tramo a ensayar se utiliza un obturador de goma o packer que por compresión se expande. El fondo del pozo actúa como segundo obturador.



- Luego se inyecta agua a presión con una bomba.
- Se dispone un manómetro en la boca del pozo, un caudalímetro y una válvula de descarga, que permiten medir los caudales inyectados a una presión dada.

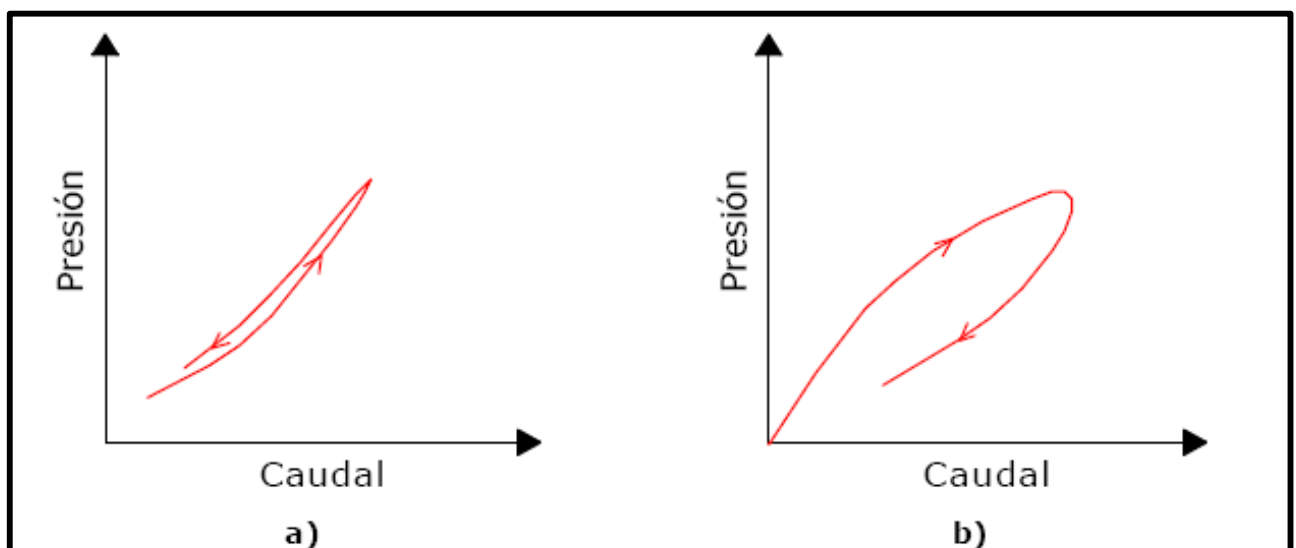
La gama de presiones a aplicar depende del estado de fisuración del macizo rocoso. Se comienza aplicando en escalones ascendentes en este orden: 2,5 – 5,0 – 7,5 – 10 kg/cm<sup>2</sup>. Cuando se alcanza la presión máxima de 10 kg/cm<sup>2</sup> se procede a aplicar decrementos de presión. Cada escalón de presión constante se mantiene durante un lapso de cinco o diez minutos, durante los cuales se mide con el caudalímetro el caudal inyectado.

La comparación de los resultados obtenidos con presiones crecientes y decrecientes es muy útil para caracterizar el comportamiento del suelo.

Se denomina unidad Lugeon cuando en el tramo ensayado (de 5 m de longitud) escurren 1 litro x metro perforado en un minuto para una presión de inyección de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se calcula el valor de absorción, en unidades Lugeon, dividiendo el gasto correspondiente a una presión de 10 kg/cm<sup>2</sup> (expresado en l/min), por la longitud del tramo ensayado (expresada en metros).

En la práctica, se suelen trazar, para distintos tramos, curvas de caudales de absorción, en función de la presión de inyección. Es conveniente trazar estos diagramas a medida que progresa la prueba para ir observando las particularidades de la curva obtenida.

La forma de las curvas gasto-presión es muy variable y depende principalmente de las características de fisuración de la masa, es decir, distribución y espesor de las fisuras, y tipo de relleno de éstas. Al aumentar la presión de inyección, se puede observar que la variación del gasto no es lineal, salvo en contados casos.



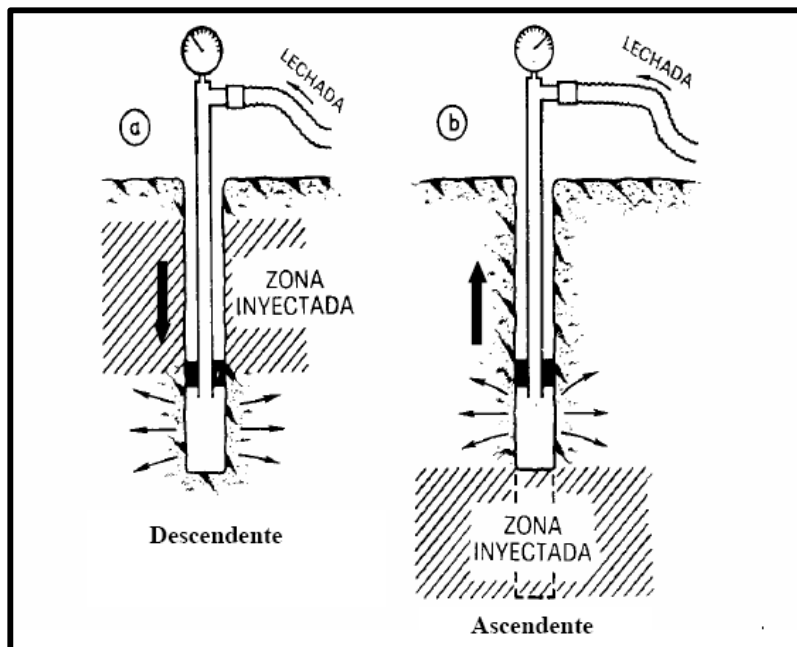
## 15.5 Métodos de Ejecución de las Inyecciones por Tramos

Inyección por Tramos: En éste método, la inyección del mortero se hace por tramos de unos 5 m de longitud aproximadamente (en algunas ocasiones de 10 m con packer).

Cada tramo está limitado en su parte superior por un obturador y en su parte inferior por el fondo de la perforación.

A su vez la inyección por tramos puede hacerse de dos maneras:

- Descendente
- Ascendente



Como su nombre lo indica la inyección descendente se realiza después de ejecutada la perforación de cada tramo. Una vez terminada la inyección se vuelve a perforar el tramo inyectado y luego se taladra el tramo siguiente.

Si después de haber efectuado la perforación en toda su altura se comienza por inyectar el tramo más profundo, y después sucesivamente los tramos superiores, la inyección es ascendente.

## CONSTRUCCIÓN DE PRESA SOBRE EL RÍO MIRANDA.

