



ANEXO 12

ANTEPROYECTO YERBAL – 88

**AGENCIA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN (ANII)**

FONDO SECTORIAL DE ENERGÍA

PROYECTO PR_FSE_2009_1_08

Mayo/2013

1.INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

Este trabajo se enmarca en las necesidades nacionales de fuentes energéticas, expresadas por las autoridades ministeriales y concretadas. El objetivo expresado para 2015 es de tener hasta un 25 % de la energía eléctrica nacional generada a partir de fuentes energéticas renovables.

La energía hidroeléctrica se ha utilizado desde 1947 en el país, pero solo en emprendimientos a gran escala (Rincón del Bonete: 152MW; Baygorria: 111 MW; Palmar: 330 MW; Salto Grande: 1890 MW. Las tres primeras fueron construidas y son operadas por la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE); la última por la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, binacional. Anteriormente, en el embalse del río Cuñapirú se había generado energía mecánica desde 1882 hasta 1910, y luego energía eléctrica (210 kW) por parte de UTE, pero en 1958 fue discontinuado.

1.2 Uruguay, Clima, precipitaciones

La República Oriental del Uruguay tiene un territorio con topografía poco accidentada. El territorio, con ondulaciones de poca altura en casi todo el país, genera gran cantidad de cauces, con desniveles pequeños.

El clima es templado y no hay nieve, por lo que no hay cauces torrentosos ni estacionales.

Las precipitaciones están distribuidas en todo el año, con mayor frecuencia en los meses de octubre a abril de 2013. La media anual en todo el territorio es de 1100 mm anuales, si bien hay algunas diferencias entre zonas. En el estudio previo “Balances hídricos superficiales en cuencas del Uruguay”, realizado por el IMFIA en convenio con el MTOP-DNH, se muestran los ciclos anuales de precipitación, evapotranspiración real y esorrentía en algunas cuencas, entre todas razonablemente representativas de todo el territorio nacional. Se observa que hay variabilidades (desviaciones estándar) muy altas, con frecuencia superiores a la mitad de los valores medios.

Por lo anterior, los caudales disponibles para la generación hidroeléctrica no suelen ser previsibles en el corto ni mediano plazo. Ello hace que la energía hidroeléctrica, para poder ser considerada energía firme, requeriría embalses relativamente grandes, con

elevados tiempos de residencia. El fuerte impacto de los lagos hace que sea preferible resignar algo de la calidad de firme para hacer viable el emprendimiento.

1.3 Transmisión de energía

La ley N° 16832 de junio de 1997 permite la generación y consumo de energía eléctrica en régimen de libre mercado, manteniendo la transmisión a cargo de UTE. Se admite que cualquier persona física o jurídica (“agente”) pueda generar energía eléctrica, así como comercializarla a terceros. Para esto último, es preceptiva la intervención del Despacho Nacional de Cargas, operado por la Administración del Mercado Eléctrico (ADME).

La generación hidroeléctrica del presente proyecto no será firme, en el sentido de no poder despacharse en cualquier momento y circunstancia; dependerá en buena medida de los regímenes pluviométricos, y no tendrá un embalse tan grande respecto al caudal turbinado que permita esa calidad de firme. Por lo tanto, la energía generada será volcada al Sistema Interconectado Nacional de energía eléctrica; ello hará que la energía que se genere en el proyecto presente permita o bien ahorrar agua turbinable en embalses de mayor porte (sobre todo, el de Rincón del Bonete), o bien generar menos con las centrales térmicas de energías no renovables e importadas, o bien disminuir las adquisiciones de energía a los países vecinos.

Por lo anterior, la concreción del presente proyecto tiene como paso ineludible la negociación con ADME y UTE

1.4 Datos disponibles

1.4.1 Información topográfica.

Se dispone de información relativamente completa y actualizada sobre la topografía nacional:

- Cartografía del Servicio Geográfico Militar, materializada en planos (impresos y en otros formatos) a escala 1:50.000 y menores de todo el territorio; para algunas zonas, se dispone de planos a escala 1:25.000.
- Cartas digitales vectoriales, a distintas escalas, con centros poblados, caminería, hipsografía, hidrografía, etc.

- Información satelital de la NASA (National Aeronautics and Space Administration, de EE.UU.) , plasmada en el modelo numérico de terreno SRTM-NASA; dicha información satelital es gratuita y de libre descarga en la web.

En Uruguay se utilizan dos niveles de referencia para las cotas o alturas: el Cero Wharton, convencional, y el Cero oficial, definido en 1948 mediante los niveles medios del río de la Plata en el puerto de Montevideo; el primero se encuentra a 0,91 m por debajo del Cero Oficial.

En el presente trabajo, todas las cotas serán referidas al Cero Oficial de la ROU.

1.4.2 Información hidrológica

- Informes sobre balances hídricos elaborados por la Dirección Nacional de Hidrografía, actualmente publicados por la Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA)
- Información georreferenciada de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

Sin perjuicio del uso de la información disponible, para el presente proyecto se deberán realizar relevamientos in-situ detallados para, cuando se realice el proyecto ejecutivo, determinar con más precisión las características y emplazamientos de las distintas partes de la obra.

1.4.3 Capacidades de la industria nacional

1.4.3.1 Obras civiles

Las obras civiles del presente proyecto pueden ser realizadas por buena cantidad de empresas nacionales. Las decenas de empresas de obras civiles que suelen trabajar en obras públicas y privadas de cierto porte tienen la maquinaria y los recursos humanos capacitados que se requieren.

Para la construcción de los equipos de generación, hay empresas que tendrían las capacidades requeridas para los tamaños de las máquinas de que se trata. Por ejemplo, la elaboración de las turbinas requiere capacidades tecnológicas que se encuentran en el país:

corte y conformación de chapas gruesas, soldadura, fundición, maquinado. Las empresas nacionales no han construido, hasta la fecha, turbinas hidroeléctricas.

Con respecto a los generadores, caben las mismas observaciones que respecto a las construcciones metalúrgicas. Hay capacidades nacionales para su construcción, pero no se cuenta con experiencia en ese tipo de generadores. Y no sería rentable una inversión para generar una línea de producción si la demanda fuera de muy pocas máquinas.

Las válvulas y compuertas requeridas comparten en alguna medida las observaciones de la construcción de turbinas: si bien se han elaborado en el país, no hay, a la fecha, una línea de producción que las elabore con cierta frecuencia y en tipos y tamaños repetitivos.

1.4.3.2 Celdas e instrumentos; tableros

Los tableros eléctricos, incluyendo celdas, pueden ser elaborados en el país; hay un buen número de empresas que ofrecen calidad adecuada. No obstante, los componentes, ya sean instrumentos u órganos de accionamiento, serán importados.

1.4.3.3 Sistemas de control

Es factible un desarrollo nacional del sistema electrónico-PLC de control de la velocidad, a relativamente bajo costo y sin dificultades tecnológicas especiales. Sin perjuicio de ello, los componentes a usar serán importados. También puede pensarse en adoptar un sistema de control ya desarrollado en otros países; hay desarrollos al respecto en los países de la región.

1.4.3.4 Ensayos y calibraciones

Los ensayos de recepción forman parte de la inversión inicial. Los instrumentos principales pueden ser calibrados en el país:

- Instrumentos de medidas eléctricas en el laboratorio de UTE, Dpto. de Metrología Eléctrica
- Instrumentos de medida de presión en el LATU e instituciones o empresas acreditadas por éste
- Instrumentos de medida de caudal se pueden calibrar in-situ, usando instrumental de referencia que se puede calibrar en la Facultad de Ingeniería

En operación, se requerirá una calibración periódica de los instrumentos principales (los de nivel, presión y eléctricos), que puede ser realizada en los mismos laboratorios.

1.4.3.5 Obtención de insumos.

Los insumos para la obra civil (áridos, cemento, hierro en distintas formas, etc.) son conseguibles en el territorio y en las capitales departamentales cercanas; en la peor de las situaciones, se deberá conseguirlos en Montevideo.

Los insumos importados de mayor tamaño o peso (turbinas, generadores, u otros equipos de porte) ingresarán al país por: si son de Brasil o Argentina, cruzando las fronteras en camiones o chatas adecuados; si son de ultramar, por el puerto de Montevideo.

Para la escala del presente proyecto, las carreteras nacionales son adecuadas para el transporte de las partes prearmadas; podría ocurrir que alguna pieza de grandes dimensiones requiriera una logística de transporte algo especial, pero no inédita en el país.

2. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR

El sitio preidentificado para el emprendimiento se localiza en el arroyo Yermal, Dpto. de Treinta y Tres, Uruguay. La presa (el cierre del río) estará ubicada en el punto de

coordenadas UTM: 21H 735233mE, 6343962mS

o bien:

latitud 33° 01'01" S; longitud 54°28'54"O

En la Figura 2.1 se muestra la ubicación de la presa sobre la carta E-19, escala 1:50.000, del SGM.

El sitio de la presa se encuentra a 8.54 km (siguiendo caminos) de la ruta nacional N° 98; a la altura del km 33 de dicha ruta, se accede por caminos vecinales a una vivienda y de allí a sólo 700 m se puede acceder a las inmediaciones del sitio.

El punto mencionado de la ruta 98 se encuentra 5 km hacia el Sur del pueblo Isla Patrulla, y 33 km hacia el Norte de la ciudad de Treinta y Tres.

El sitio de la presa se encuentra a 26.6 km (siguiendo caminos y rutas) de la red de distribución eléctrica de UTE de 30 kV y a 11 km de la red de transmisión de 150 kV. Las centrales de transformación existentes más cercanas al sitio se encuentran próximas a la ciudad de Treinta y Tres, contándose con transformadores de 150 kV (tensión ppal.) a 60 kV y 30 kV (tensiones secundarias) y transformadores de 60 kV (tensión ppal.) a 15 kV y 6 kV (tensiones secundarias).

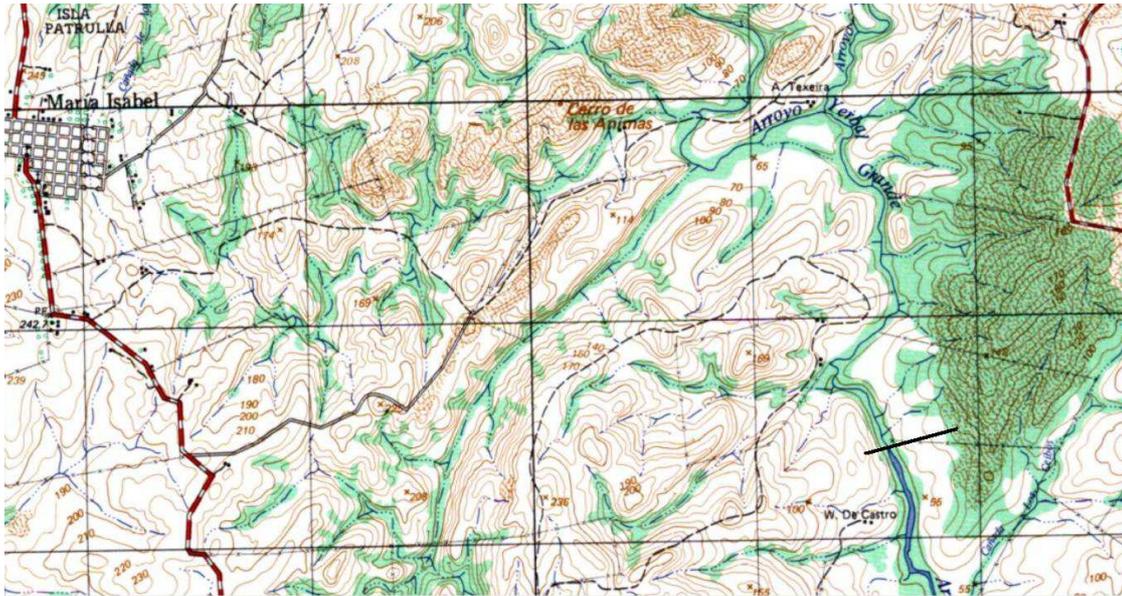


Figura 2.1 Presa en el Arroyo Yermal, en carta E-19 a escala 1:50.000 del SGM

3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

3.1 Salto disponible

El nivel de vertido del embalse se ubicará a cota +88m. Estimándose para este sitio la cota del fondo del cauce de +46m, la superficie del arroyo tendrá cota variable, con una media de +48m, por lo que el salto bruto medio resulta $H_B = 40$ m.

Suponiendo una pérdida de carga de 1,6 m (4% del salto bruto) en los canales y conductos de presión, el salto neto será:

$$H_n = 38,4 \text{ m}$$

3.2 Lago

El lago que se generaría embalsando a dicha cota se muestra en las Figuras 3.1 y 3.2.

El largo de la presa se puede estimar en forma preliminar trazando la misma en el punto de cierre y entre las líneas de nivel correspondientes a la cota de vertido, siendo el mismo igual a unos 819 m. En el Cap. 7 se precisa y detalla.

Mediante el empleo de un modelo digital de terreno construido en base a la información topográfica contenida en las cartas del SGM, se estima el volumen del embalse para la cota de vertido de $115 \times 10^6 \text{ m}^3$, y el área inundada por el mismo de 818 ha.



Figura 3.1 Ubicación del embalse sobre el arroyo Yerbal

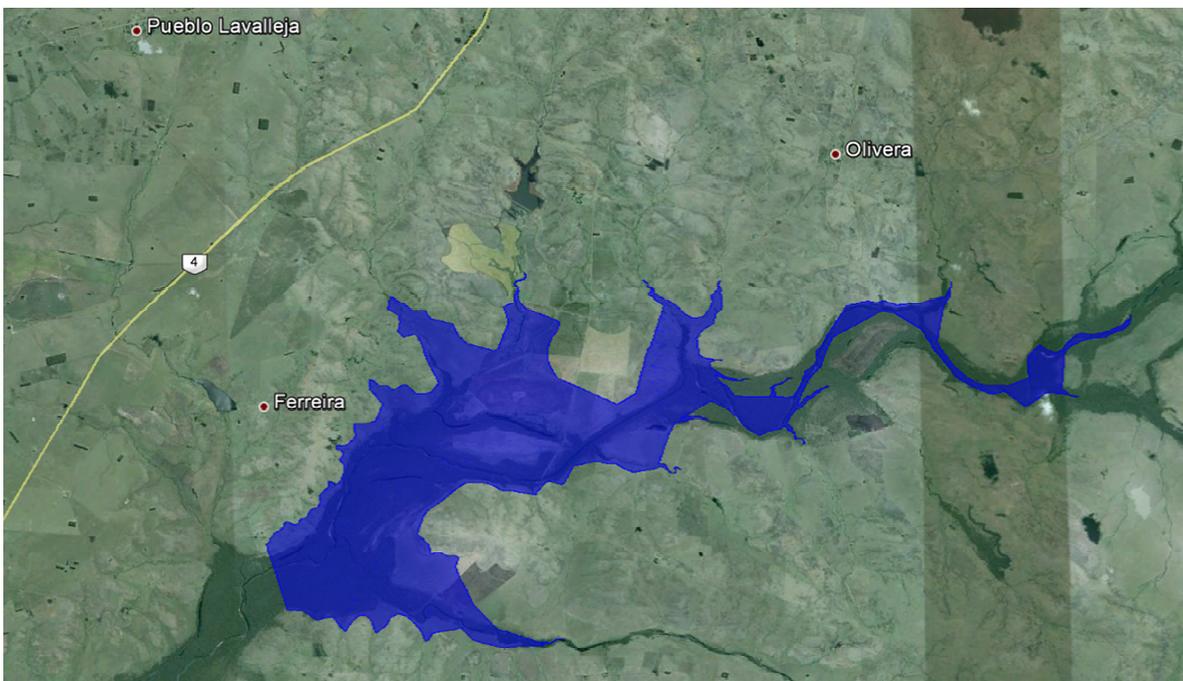


Figura 3.2 Embalse en el arroyo Yerbal

3.3 Caracterización del área inundada

3.3.1 Padrones afectados por el lago

El embalse afectará los siguientes padrones del Dpto. de Treinta y Tres (ordenados según el porcentaje de área inundada en forma decreciente):

Nº Padrón	Área total (m ²)	Área inundada (m ²)	% $\frac{\text{Área inundada}}{\text{Área total}}$
464	125560	125560	100%
474	1349629	855545	63%
2733	2416396	1320101	55%
1165	1473908	600456	41%
2927	1483044	474681	32%
473	374194	118723	32%
1164	1689188	512805	30%
1186	1624841	440743	27%
6869	2106176	344424	16%
6435	12578436	2039807	16%
6868	221685	32066	14%
1300	664340	89389	13%
3386	2813085	353859	13%
490	6970172	501823	7%
6867	1821663	95117	5%
2982	1171486	46664	4%
9428	1538355	40108	3%
1301	3488790	83876	2%
464	125560	125560	100%
474	1349629	855545	63%
2733	2416396	1320101	55%
1165	1473908	600456	41%

2927	1483044	474681	32%
473	374194	118723	32%
1164	1689188	512805	30%
1186	1624841	440743	27%
6869	2106176	344424	16%
6435	12578436	2039807	16%
6868	221685	32066	14%
1300	664340	89389	13%
3386	2813085	353859	13%
490	6970172	501823	7%
6867	1821663	95117	5%
2982	1171486	46664	4%
9428	1538355	40108	3%
1301	3488790	83876	2%

Tabla 3.1. Padrones inundados por el lago para la cota de vertido.



Figura 3.3 Padrones afectados por el embalse

Sin perjuicio de que esos padrones serán inundados cuando el embalse se encuentre a la cota de coronamiento de la presa, en ocasión de vertimientos el embalse inundará áreas mayores, pudiendo eventualmente interesar otros padrones.

3.3.2 Índice CONEAT del área inundada

Los diferentes Grupos de Suelos CONEAT que se presentan en la zona afectada por el lago se pueden observar en la Figura 3.4 y se indican en la tabla 3.2 junto con los correspondientes índices CONEAT y los porcentajes del área afectada respecto al área total del lago. Se obtiene un índice CONEAT medio para el área inundada de 69.

3.3.3 Usos del suelo

El principal uso del suelo de la zona inundada es el pastoril, abarcando el 100% de la misma.

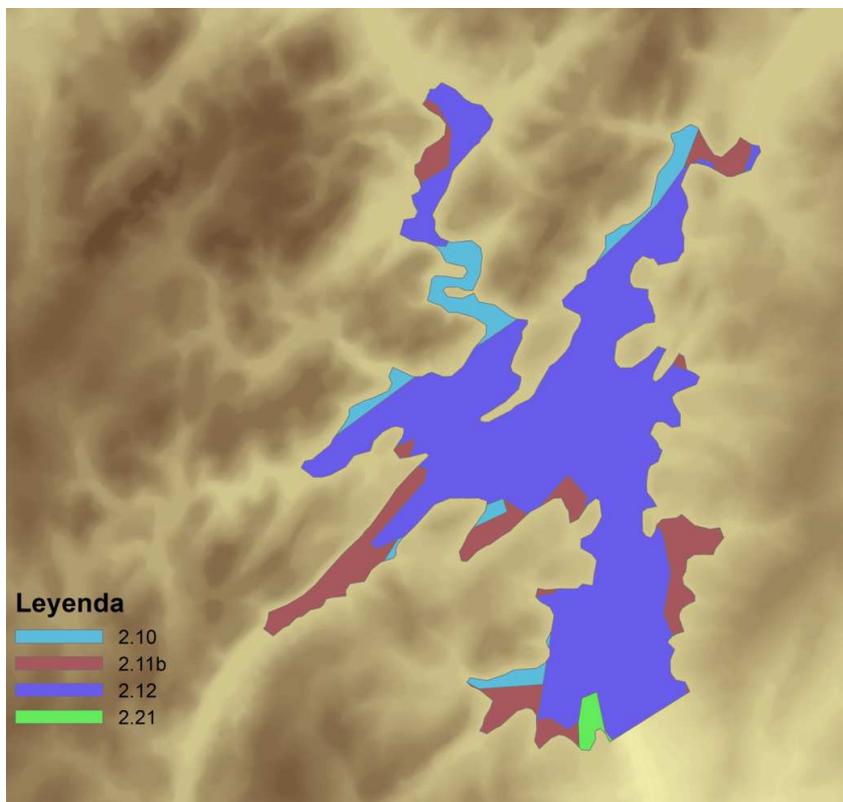


Figura 3.4 Índice CONEAT del suelo afectado por el lago.

GRUPO	2.11b	2.12	2.1	2.21
% AREA	16	76	7	1
INDICE CONEAT	26	83	9	105
INDICE CONEAT DEL AREA INUNDADA:				69

Tabla 3.2 Grupos de suelos con sus correspondientes índices CONEAT y porcentajes de área respecto al área total afectada por el lago.

4. HIDROLOGÍA

4.1 Caracterización geomorfológica de la cuenca

La cuenca correspondiente al cierre identificado en el arroyo Yermal fue delimitada a partir de un modelo numérico de terreno construido en base a información satelital de la misión SRTM-NASA (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Dicha información satelital es gratuita y de libre descarga en la web. Para la zona de la cuenca, la información disponible se presenta en formato raster con un punto de cota en celdas de aproximadamente 90 metros de lado. Esta información topográfica fue verificada contrastando con la información de curvas de nivel generadas por el Servicio Geográfico Militar (MDN-Uruguay) en sus cartas topográficas a escala 1:50000.

En la Figura 4.1 se presenta la cuenca del arroyo Yermal con cierre en el emplazamiento definido cuya área es 357 km². En base al modelo numérico de terreno antes mencionado, se determinaron las principales características geomorfológicas de la cuenca (directamente relacionadas a la respuesta hidrológica de la misma) que se presentan en la Tabla 4.1.

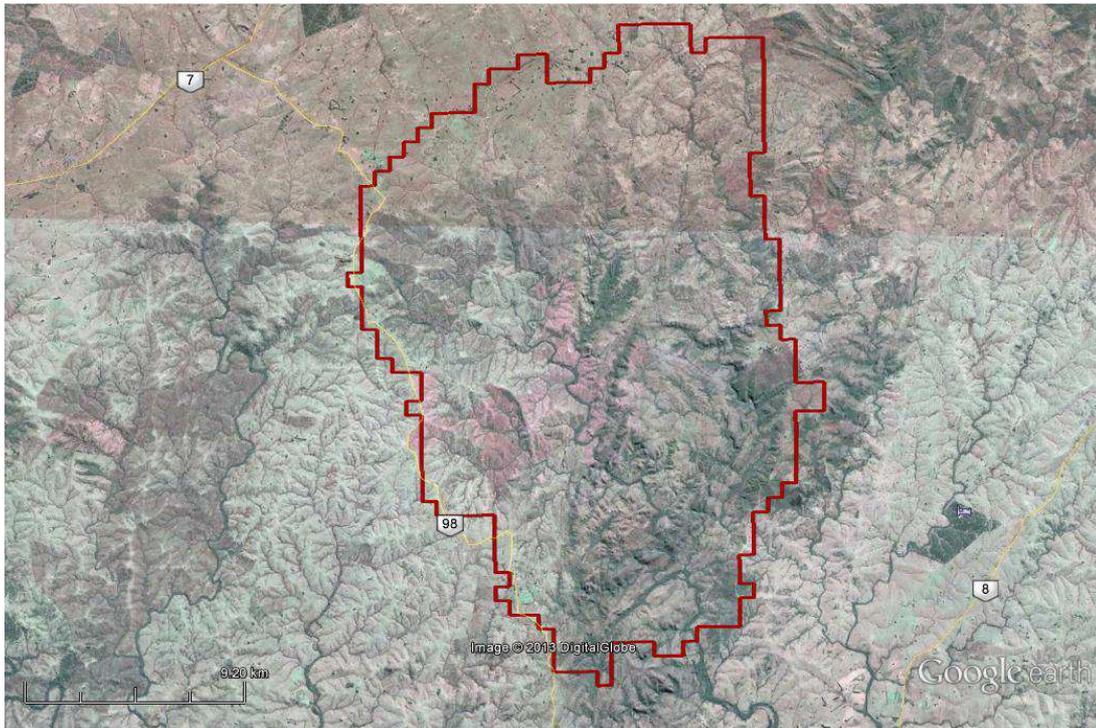


Figura 4.1. Cuenca del arroyo Yermal con cierre en el emplazamiento seleccionado.

Área de la cuenca (Km ²)	Δh (m)	Lpc (m)	S (%)
357	292	34195	0.85

Tabla 4.1. Características geomorfológicas de la cuenca.

Δh : desnivel máximo en la cuenca; Lpc: longitud del cauce principal; S: pendiente media del cauce principal.

4.2 Precipitación

La precipitación media anual en la cuenca es 1329 mm/año de acuerdo al registro de la estación pluviométrica de la Dirección Nacional de Meteorología N° 2179 (Treinta y Tres)¹, considerada como representativa, para el período 1981-2012.

Como es característico en todo el país, la precipitación mensual presenta variabilidad superior a la precipitación anual, lo que se pone de manifiesto al observar las desviaciones estándar a escala mensual y anual de la precipitación, para períodos de varios años. En la Figura 4.2, se presenta el ciclo anual medio de precipitaciones y la desviación estándar

¹ Las coordenadas de la estación Treinta y Tres son X= 632000; Y= 6323000 (Gauss Kruger)

para el período 1981-2012 en base a la información registrada en la estación 2179. Asimismo se agrega la precipitación media anual y su desviación estándar (dividido entre 12 a efectos para escalar a nivel mensual) para el mismo período.

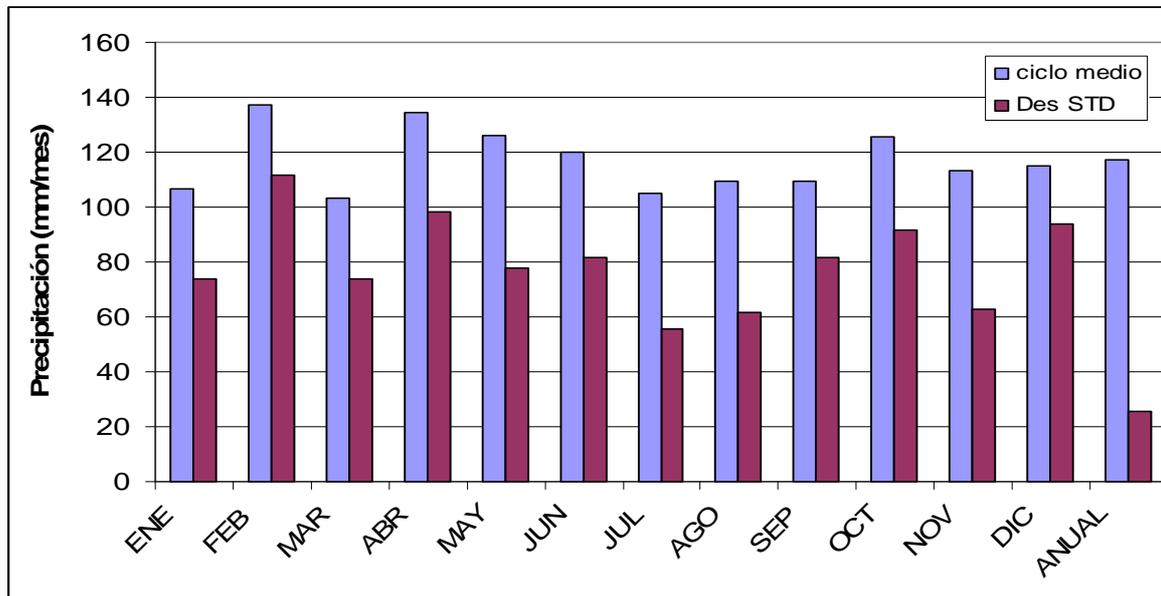


Figura 4.2. Ciclo medio anual de precipitación y desviación estándar en la cuenca del arroyo Yermal (1981-2012).

4.3 Caracterización del suelo

En base a la información publicada en la Carta de Suelos del Uruguay y al trabajo elaborado por la Dirección de Recursos Naturales Renovables del MGAP (Molfino et. al, 2001) sobre el agua disponible de los suelos del Uruguay, ambos trabajos sintetizados y publicados en el Manual de Diseño y Construcción de Pequeñas Presas (MVOTMA, 2011), se identificaron las unidades de suelos presentes en la cuenca.

En la Tabla 4.2 se resumen las unidades de suelo presentes y los parámetros hidrológicos más relevantes: Agua Disponible y Grupo Hidrológico. Se trata de una cuenca que se desarrolla entre sierras, donde hacia el este del arroyo Yermal predominan suelos serranos superficiales de escasa potencia, baja capacidad de almacenamiento de agua y respuesta hidrológica rápida; mientras que a oeste los suelos son más profundos con mayor poder de almacenamiento de agua y retardo del flujo.

Unidad de Suelo	% Área en la cuenca	AD(mm)	GH
Sierra Aiguá	60	42.6	D
Sierra de Polanco	30	73	B/C
Cerro Chato	10	78.6	B

Tabla 4.2. Unidades de Suelos en la cuenca del arroyo Yermal con cierre en el emplazamiento seleccionado. AD: agua disponible de cada unidad (mm); GH: grupo hidrológico de la unidad de acuerdo a la clasificación del NRCS (2010).

4.4 Estimación del escurrimiento mensual

Los escurrimientos mensuales en la cuenca fueron calculados a partir del modelo hidrológico de Temez (MVOTMA, 2011) calibrado y regionalizado en Uruguay. Este modelo utiliza información de precipitación mensual, evapotranspiración potencial y agua disponible de los suelos de la cuenca en base a lo cual estima los escurrimientos naturales para la serie de precipitaciones mensuales disponibles.

El modelo de Temez es actualmente recomendado para el cálculo de escurrimientos en cuencas no aforadas con el objetivo de diseñar volúmenes a embalsar en pequeñas presas (MVOTMA, 2011).

En el caso de la cuenca del arroyo Yermal se realizó una simulación para el período Enero 1981-Diciembre 2012 obteniendo los caudales mensuales que se presentan en la Figura 4.3.

Los resultados muestran la alta variabilidad mensual, originada por la variabilidad en las precipitaciones, lo que a escala anual se amortigua (Figura 4.4).

El caudal medio anual generado en la cuenca (caudal turbinable) es de

$$Q_m = 8 \text{ m}^3/\text{s}$$

para el período 1981-2012; su desviación estándar es $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

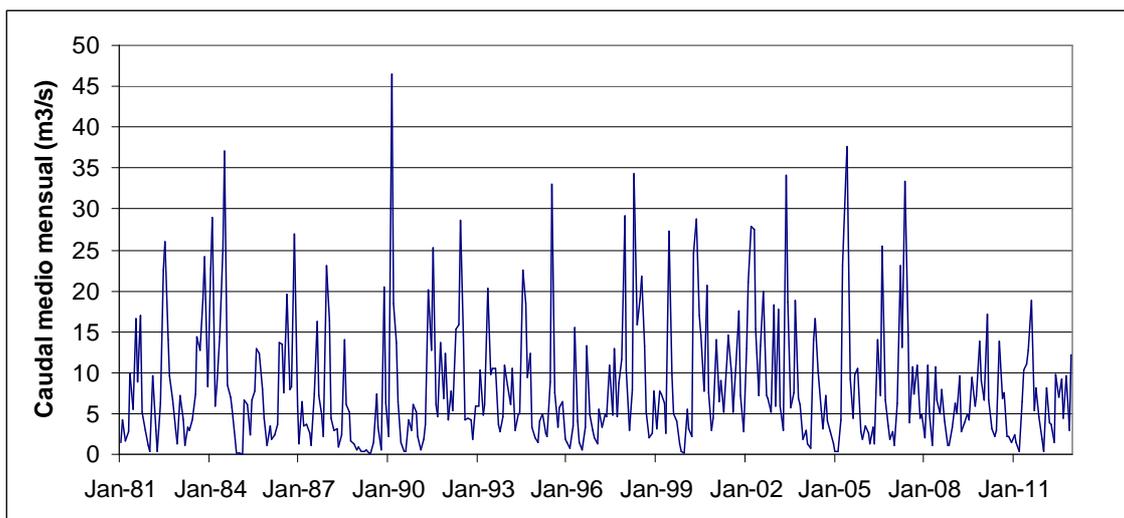


Figura 4.3. Estimación del caudal medio mensual (m^3/s) generado por la cuenca, período 1981-2012.

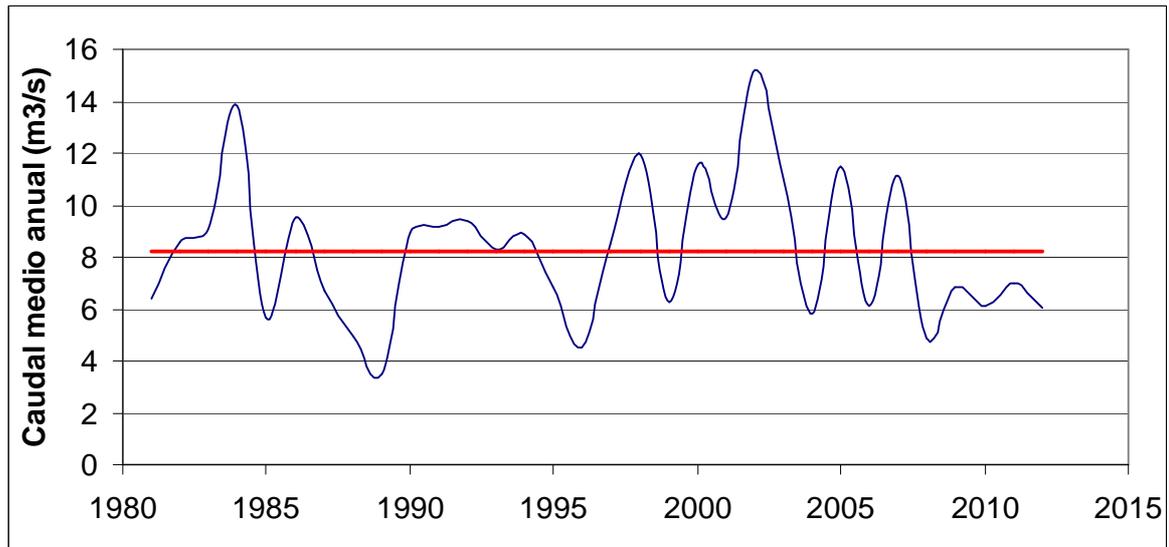


Figura 4.4. Estimación del caudal medio anual (m^3/s) generado por la cuenca, período 1981-2012.

En azul la evolución temporal de caudal medio anual en cada año;

en rojo el caudal promedio anual de toda la serie 1981-2012 ($Q=8 \text{ m}^3/\text{s}$).

La serie de caudales mensuales modelados, fue sintetizada en la curva de permanencia de caudales que se presenta en el Figura 4.5. Esta representación permite identificar qué porcentaje del tiempo (considerando la serie 1981-2012) circuló por el cauce un caudal determinado o uno superior.

Si bien el análisis presentado en este trabajo permitió establecer el caudal medio anual en la cuenca, parámetro principal a efectos de comparación y selección de emplazamientos promisorios para generación, es importante tener en cuenta la variabilidad de caudales Inter e intra anual a efectos de establecer en forma individual la generación hidráulica esperada. En ese sentido, cuando se realice el proyecto ejecutivo, se recomienda un análisis hidrológico en base a series históricas extensas y modelación de caudales diarios.

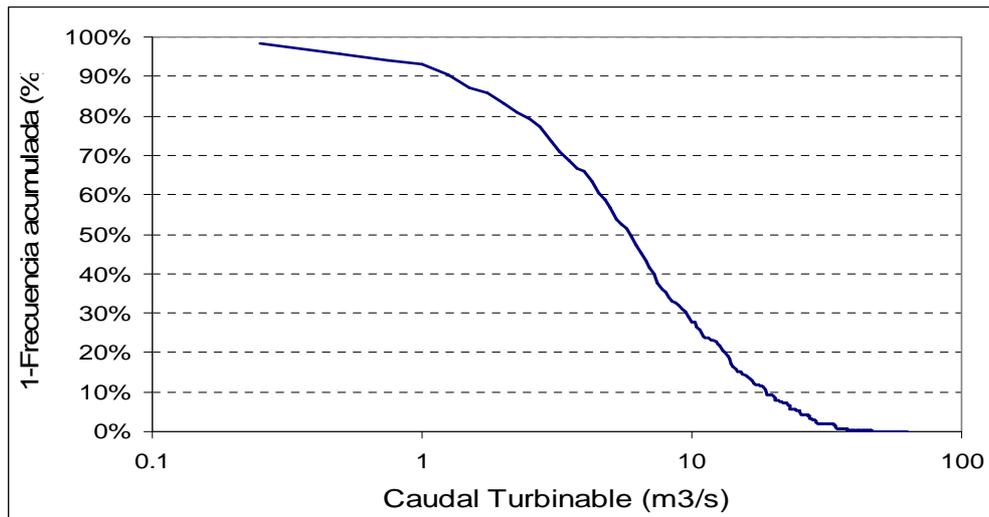


Figura 4.5. Permanencia de caudales medios mensuales en el cierre seleccionado, período 1981-2012.

4.5 Caudales de proyecto y de avenidas, frecuencia de inundaciones

Se realizó un estudio hidrológico de avenidas en la cuenca en base a información de precipitaciones extremas. El proceso de transformación: *Precipitación Extrema-Hidrograma de Crecida*, fue modelado aplicando la metodología propuesta por el Natural Resources Conservation Service (NRCS, 2010, ex Soil Conservation Service) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

Esta metodología se basa en una modelación simplificada del proceso precipitación-escorrentía, y permite obtener el hidrograma de crecida a partir de una tormenta de diseño a ser construida para la cuenca. La construcción de dicha tormenta de diseño, se realizó utilizando el mapa de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia del Uruguay (Genta, et. al, 1998).

El proceso de infiltración en la cuenca se modeló utilizando el método de Curva Número (NRCS, 2010) en base a información de tipo y uso de suelos de la cuenca. Para ello, se dispone de la Clasificación de Suelos del Uruguay (Molfino et al.,2001). Por su parte, la respuesta y tránsito del escurrimiento en la cuenca se modeló en base a la teoría de hidrograma unitario (NRCS, 2010).

Esta metodología (NRCS, 2010) para el cálculo de hidrogramas de avenida es ampliamente recomendada a nivel internacional y nacional para cuencas medianas y pequeñas (menores a 2500 Km²) no aforadas. En efecto, el manual de diseño de pequeñas presas publicado por el MVOTMA (MVOTMA, 2011) propone esta metodología para el cálculo de avenidas extremas para el diseño de vertederos en pequeñas presas de Uruguay.

En la Tabla 4.3, se presentan los parámetros hidrológicos calculados para la aplicación del método NRCS. El tiempo de concentración indicado en la Tabla fue determinado mediante el método de Kirpich (Chow, 2004).

Área de la cuenca (Km ²)	Tc (hs)	Número de Curva	P _{máx} (mm)
357	6	78	80

Tabla 4.3. Parámetros hidrológicos de la cuenca. Tc: tiempo de concentración, P_{máx}: precipitación máxima en la cuenca para una duración de 3 hs y 10 años de período de retorno (Genta et. al, 1998).

En la Tabla 4.4, se presentan los caudales extremos para diferentes períodos de retorno en la cuenca de estudio. La base estadística para este cálculo corresponde al ajuste de la función de distribución de Gumbell a las series de precipitaciones máximas registradas en Uruguay para diferentes duraciones (Genta et. al, 1998).

Tr (años)	Caudal máximo (m ³ /s)
2	865
10	1336
50	1750
100	1924
500	2328
1000	2502

Tabla 4.4. Caudales extremos en la cuenca de estudio para diferentes períodos de retorno.

A efectos de determinar el hidrograma de avenida para el diseño del vertedero, resulta necesario establecer el período de retorno del evento de diseño. En función de la magnitud, importancia y potenciales consecuencias de fallo, se encuentra conveniente realizar este pre-diseño para un período de retorno de 500 años. En la Figura 4.6, se presenta el hidrograma de avenida de la cuenca para un período de retorno de 500 años, obteniendo un caudal máximo $Q_{máx} = 2328 \text{ m}^3/\text{s}$.

El hidrograma presentado en la Figura 4.6 corresponde al caudal generado por la cuenca para el mencionado evento extremo de precipitación en la situación actual (sin presa). En régimen, cuando la presa esté construida, este hidrograma ingresará al embalse generado por el dique de cierre previo a la descarga por el vertedero. Por tanto, el hidrograma de diseño del vertedero se obtiene luego de transitar (laminar) este hidrograma a través del embalse, reduciéndose el caudal máximo de diseño. La magnitud de la reducción del caudal máximo depende esencialmente del tipo de vertedero y de la topografía en la zona del embalse (capacidad de almacenamiento).

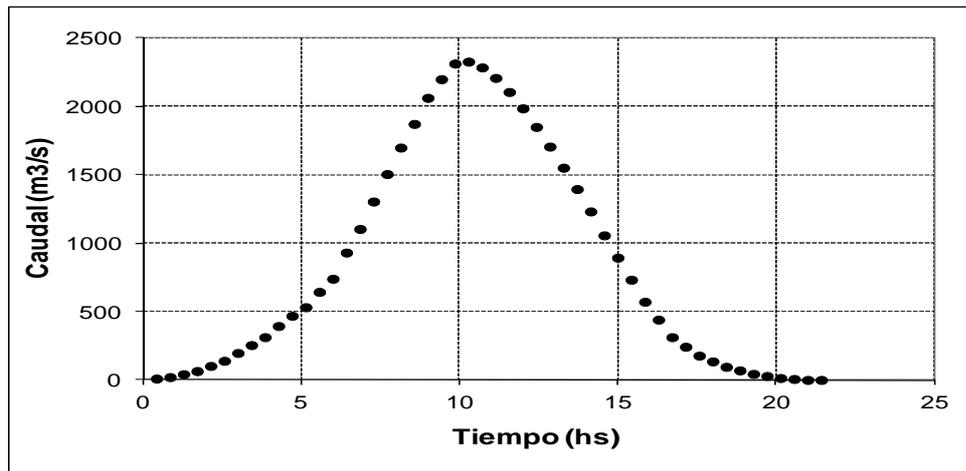


Figura 4.6. Hidrograma de crecida para el cierre Yerbal-88 asociado a un período de retorno de 500 años.

A efectos de este ante-proyecto y de forma orientativa, se considera una reducción del caudal máximo de un 20%. En el ítem “Diseño de Obras Civiles” se describen las características preliminares de este vertedero. En la etapa de proyecto ejecutivo, deberá efectuarse con detalle el tránsito del hidrograma de crecida en el embalse, en base a la resolución numérica de las ecuaciones de Saint-Venant.

4.6 Arrastre de sedimentos

No se prevé que la producción y transporte de sedimentos tenga un impacto apreciable sobre la operación del embalse. Se recomienda igualmente realizar monitoreos (batimetría del embalse) con frecuencia anual, en los primeros años de operación y en adelante con menor frecuencia de manera de disponer de información objetiva sobre la acumulación de sedimentos.

4.7 Caudal reservado

La legislación uruguaya no prevé, en forma explícita, la exigencia de disponer de un caudal reservado o mínimo a ser mantenido en el curso. Sin embargo, en la etapa de análisis ambiental (Estudio de Impacto Ambiental), la DINAMA puede solicitar un caudal de protección ambiental mínimo, en caso de verse comprometidos ecosistemas de particular importancia, lo que no se encuentra en este caso.

Por su parte, DINAGUA, para los casos de presas de riego, verifica como criterio, permitir emprendimientos siempre que aguas abajo del mismo se asegure como mínimo un caudal permanente de $0.4 \text{ lt/s} / \text{km}^2$ de cuenca, que en este caso corresponde a $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$.