



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD DE INGENIERIA**  
en acción continua...

## **PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**

ALUMNO: Hurtado, José Luis

LEGAJO: 11922

CARRERA: Ingeniería Civil

PROYECTO: Desarrollo de proyectos de mini centrales hidroeléctricas

EMPRESA O INSTITUCIÓN: HYDROTEC S.A.

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Ing. Civil Juan Manuel Fabián

PERIODO DE PRÁCTICA: 03/06 a 16/08

AÑO: 2024

## **Contenido**

<b>1. Introducción</b> .....	3
<b>2. Objetivos</b> .....	3
<b>3. HYDROTEC S.A.: Ingenieros consultores</b> .....	4
3.1. Generalidades .....	4
3.2. Antecedentes de la empresa.....	5
3.3. Lugar de trabajo.....	5
3.4. Organización de la empresa.....	7
<b>4. Desarrollo de la práctica profesional supervisada</b> .....	7
4.1. Asistencia en Operación y Mantenimiento de centrales.....	7
4.2. Proyecto básico PAH Canal Matriz Diamante .....	12
4.2.1. Descripción del proyecto .....	12
4.2.2. Análisis hidrológico.....	13
4.2.3. Análisis energético .....	16
4.2.4. Conformación de planos de proyecto .....	21
4.2.5. Conformación de planos de proyecto .....	22
4.2.6. Presentación al Departamento General de Irrigación .....	26
4.3. Proyectos Ejecutivos de tres PAH en Neuquén.....	27
<b>5. Resultados obtenidos</b> .....	28
<b>6. Conclusiones y comentarios personales</b> .....	28
<b>7. Recomendaciones</b> .....	29
<b>8. Bibliografía</b> .....	29

## **1. Introducción**

Durante las PPS, se desarrollan distintas actividades en una empresa o institución con incumbencia dentro del ámbito de la Ingeniería Civil con el objetivo de que el alumno pueda continuar con la formación profesional que ha iniciado durante sus años de cursado. Representa una valiosa herramienta para el alumno, ya que constituye la primera inserción en un ámbito profesional real y la confrontación con la problemática de su propia actividad.

En el presente informe se realiza una descripción de las actividades realizadas por el alumno Hurtado José Luis, en el marco de las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS). Las mismas fueron realizadas en la empresa “HYDROTEC S.A.”, bajo la tutoría del Ing. Civil Juan Manuel Fabián.

En la presente PPS no se trabajó en un único proyecto, sino que se colaboró con diversas tareas en el desarrollo de los distintos proyectos que trabajó/trabaja la empresa durante el periodo de la práctica. Entre los distintos proyectos en los cuales se participó, se pueden mencionar:

- Asistencia en oficina técnica de Operación y Mantenimiento de centrales existentes en funcionamiento.
- Participación en la formulación de Proyecto Básico del pequeño aprovechamiento hidroeléctrico “*PAH Canal Matriz Diamante*” de 550 kW de potencia instalada, en el Departamento de San Rafael, Mendoza.
- Participación de la formulación de los Proyectos Ejecutivos para tres pequeños aprovechamientos hidroeléctricos:
  - Refuncionalización de la central “*Auquinco*” de 80 kW de potencia instalada, en la localidad de Auquinco, Neuquén.
  - Refuncionalización de la central “*Aluminé*” de 500 kW de potencia instalada, en la localidad de Aluminé, Neuquén.
  - Formulación de proyecto de la central “*Traful*” de 2700 kW de potencia instalada, en la localidad de Villa Traful, Neuquén.

También se realizaron visitas a los sitios de emplazamiento de los proyectos mencionados, con objetivos de realizar relevamientos de las obras.

## **2. Objetivos**

La Práctica Profesional Supervisada tiene como objetivo general que el alumno pueda:

- Constituir una actividad integradora de los conocimientos adquiridos por el alumno durante el cursado de la carrera.
- Aplicar los conocimientos y habilidades propios del ingeniero civil con la madurez que corresponde a un futuro egresado.
- Demostrar capacidad para el análisis de problemáticas, formulación de alternativas, propuestas de resolución, organización y dirección de tareas profesionales aplicadas a la ingeniería.

- Reconocer la trascendencia social de la profesión del ingeniero y la importancia de la inserción de la universidad en el medio.

En particular, los objetivos propuestos para esta PPS fueron:

- Introducir al alumno al mundo laboral.
- Ganar experiencia relacionada con aspectos reales del diseño y detalle de obras civiles, como de las técnicas constructivas de la actualidad aplicadas a la ingeniería hidráulica.
- Introducir al alumno en procesos de conformación y presentación de documentación de proyecto ante organismos gubernamentales.
- Relacionarse con futuros colegas de la propia empresa y de otras empresas de ingeniería, con proveedores de materiales y equipos especializados, con clientes de proyectos privados o públicos, etc.
- Crecer en cuanto a conocimientos en el uso de distintos softwares de aplicación en la ingeniería civil, tales como AutoCAD, HCanales, FlowMaster, planillas de Excel avanzado.

### **3. HYDROTEC S.A.: Ingenieros consultores**

#### **3.1. Generalidades**

La empresa HYDROTEC S.A. es una consultora de ingeniería con el objetivo de prestar servicios de alto valor agregado para proyectos hidráulicos e hidroeléctricos.

Se desempeñan en el desarrollo de proyectos en todas sus etapas de aplicación ingenieril: estudios básicos y/o de prefactibilidad, proyecto básico, proyecto ejecutivo, ingeniería de detalle, supervisión de obra y operación y mantenimiento de centrales; abarcando de esta manera un gran ámbito de aplicación.



*Figura N° 1. Logo de la empresa HYDROTEC S.A.*

La empresa inicio sus actividades en el año 2009, y desde entonces ha participado en distintos proyectos de variada envergadura y servicios, incluyendo en los últimos años su intervención en parques solares fotovoltaicos, pudiendo introducirse ya como una empresa desarrolladora de proyectos de energía renovable en general; sin embargo, el rubro fuerte es el de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos.

### 3.2. Antecedentes de la empresa

Nº	Año inicio	Año fin	Proyecto	Cliente	País	Provincia	Área		Servicios prestados	Potencia (MW)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Salto neto (m)	Energía (GWh/año)
1	2009	2014	TOCOMA	Coyne et Bellier (Francia)	Venezuela	Bolívar	HEM	AHE	Inspección de la fabricación de los equipamientos HEM	2 160.0	800.0	34.0	12 100.0
2	2009	2014	MACAGUA I	Coyne et Bellier (Francia)	Venezuela	Bolívar	HEM	AHE	Inspección de la fabricación de los equipamientos HEM	498.0	215.0	46.0	3 000.0
3	2014	2015	RELEVAMIENTO PAHs MENDOZA	THYA	Argentina	Mendoza	HID	PAH	Proyecto Básico	0.5 a 6	0.4 a 20	2 a 160	440.0
4	2016	2018	RÍO BLANCO	Secretaría Energía	Argentina	La Rioja	HID	AHE	Proyecto Básico	47.0	2.5	6 x 360	340.0
5	2016	-	SALTO 6	Energía Las Tunas	Argentina	Mendoza	PAH	O&M	Owner's engineer + O&M	1.2	25.0	6.0	4.0
6	2016	-	SALTO 8	Energía Canales	Argentina	Mendoza	PAH	O&M	Owner's engineer + O&M	1.2	25.0	6.0	4.0
7	2016	-	DIQUE TIBURCIO BENEGAS	Energía Matriz	Argentina	Mendoza	PAH	O&M	Owner's engineer + O&M	1.7	40.0	5.0	9.0
8	2016	-	TRILPE SALTO UNIFICADO	Energía Triple Salto	Argentina	Mendoza	PAH	O&M	Owner's engineer + O&M	0.5	12.5	5.0	3.0
9	2017	-	SALTO 7	Calbuco Energía	Argentina	Mendoza	PAH	O&M	Owner's engineer + O&M	1.2	25.0	6.0	4.0
10	2017	2021	PICHANAS	CEOSA	Argentina	Córdoba	PAH		Owner's engineer	0.5	1.6	40.0	3.0
11	2017	2022	LAS TUNAS	Butaco Energía	Argentina	Mendoza	PAH		Owner's engineer	10.0	5.5	225.0	40.0
12	2019	2022	SALTO 9	CEOSA	Argentina	Mendoza	PAH		Owner's engineer	1.0	15.0	8.3	3.8
13	2019	2022	LA COPA	CEOSA	Argentina	Mendoza	PAH		Owner's engineer	0.5	5.5	11.0	3.0
14	2019	2022	TUPUNGATO 1	CEOSA	Argentina	Mendoza	PAH		Owner's engineer	1.0	1.0	120.0	6.5
15	2019	2022	TUPUNGATO 2	CEOSA	Argentina	Mendoza	PAH		Owner's engineer	1.0	1.0	120.0	4.9
16	2020	2020	EL AZUFRE	El Azufre S.A.	Argentina	Mendoza	PAH		Inventario de PAH	2.4	4.0	74.0	17.0
17	2021	-	NAHUEVE	ADI - NQN	Argentina	Neuquén	HEM		Asesoramiento equipamiento HEM	4.2	18.0	28.0	29.0
18	2022	-	SAN MARTIN	Itasol	Argentina	Mendoza	PSFV		Estudios Básicos	10.0	-	-	17.5
19	2022	2023	CINCO SALTOS	DPA	Argentina	Río Negro	PAH		Proyecto Básico	6.5	55.0	14.0	28.0
20	2022	-	CANAL MATRIZ DIAMANTE	Nauco Energía S.A.	Argentina	Mendoza	PAH		Proyecto Ejecutivo	0.5	15.0	4.6	3.0
21	2023	-	LA CALERA	Skrú S.A.	Argentina	Córdoba	PAH		Proy. Ejecutivo + Ing. de detalles	3.0	8.1	40.0	22.9
22	2023	2023	NONOGASTA	Parque Eólico Arauco S.A.P.E.M.	Argentina	La Rioja	PAH		Proyecto Básico	0.5	0.6	110.0	1.9
23	2023	2024	AUQUINCO	Consejo Federal de Inversiones	Argentina	Neuquén	PAH		Proyecto Ejecutivo	0.06	0.17	50.2	0.26
24	2023	2024	ALUMINÉ	Consejo Federal de Inversiones	Argentina	Neuquén	PAH		Proyecto Ejecutivo	0.5	4.0	16.5	3.0
25	2023	2024	TRAFUL	Consejo Federal de Inversiones	Argentina	Neuquén	PAH		Proyecto Ejecutivo	2.7	1.3	250.0	18.3
26	2024	-	AMPAJANGO	Visión Energía S.A.	Argentina	Catamarca	PSFV		Estudios Básicos	20.0	-	-	38.0
27	2024	-	PICHANAS	Capitol Energy S.A.	Argentina	Córdoba	PAH		Revisión crítica de proyecto	0.7	2.3	37.0	2.7
28	2024	-	EL QUEMADO	Laigero Construcciones	Argentina	Mendoza	PSFV		Revisión crítica de proyecto	200.0	-	-	350.0

Figura N° 2. Antecedentes de la empresa HYDROTEC S.A.

### 3.3. Lugar de trabajo

La empresa tiene su oficina en Guaymallén, en la calle Blanco Encalada al 798, esquina con boulevard Dorrego. Allí es donde se llevó a cabo la presente Práctica Profesional Supervisada.

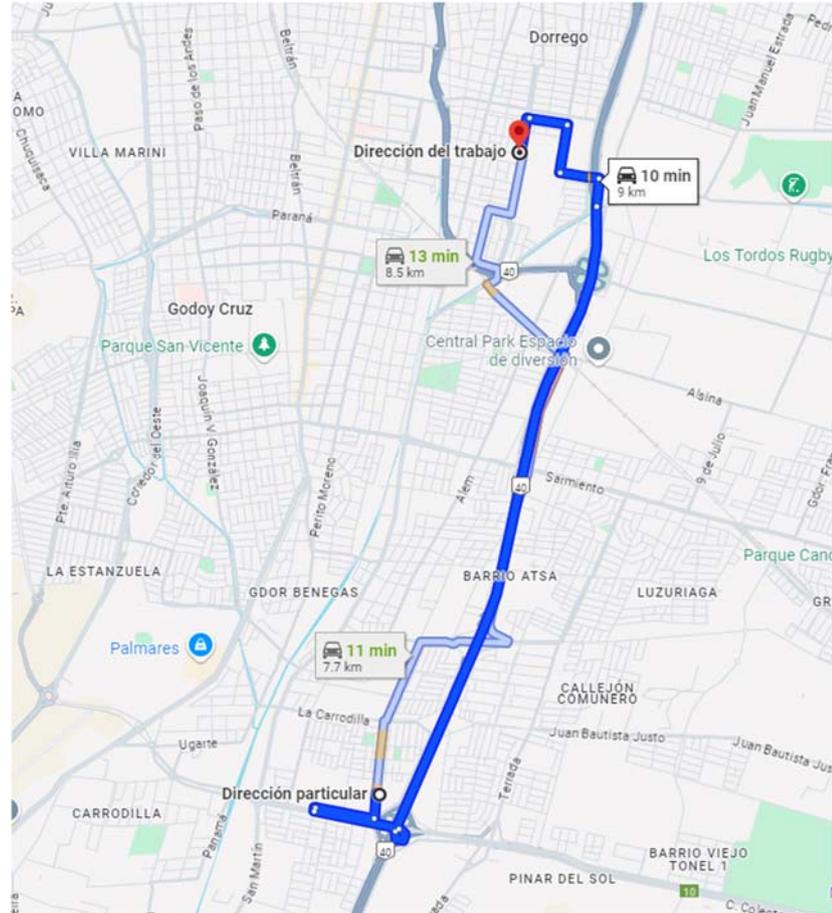


Figura N° 3. Recorrido desde la casa del alumno hasta la empresa.

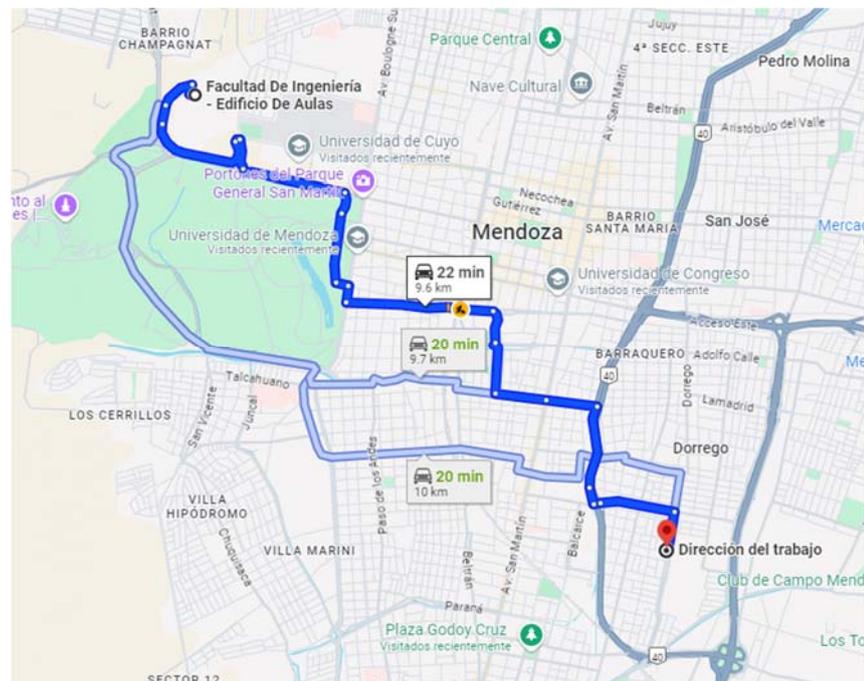


Figura N° 4. Trayecto desde la Facultad hasta la empresa.

### **3.4. Organización de la empresa**

La empresa cuenta con relativamente poco personal, abarcando un total de 8 personas, pero suficiente para conformar distintas áreas de trabajo:

- **Presidencia y comercialización:** con un Ingeniero Civil (fundador de la empresa).
- **Administración:** con una Administradora de Empresas.
- **Ingeniería:** mayor área, con un Ingeniero Civil como líder de área, una Ingeniera Civil como colíder y 3 proyectistas, también ingenieros civiles.
- **Operación y mantenimiento:** con un Ingeniero Electromecánico encargado de la operación de 5 minicentrales, junto con dos personas a su cargo.

Cada área cuenta con una oficina propia dentro de la empresa y en general tienen tareas específicas, pero todas están en constante comunicación y muchas veces se trabaja en conjunto, de requerirse. Tal es mi caso, que estuve trabajando principalmente en el área de ingeniería, pero también asistiendo a Operación y mantenimiento desde la oficina técnica.

## **4. Desarrollo de la práctica profesional supervisada**

Como se dijo anteriormente, durante la PPS se desarrollaron tareas en distintos proyectos y áreas. Entre ellos:

- Asistencia en oficina técnica de Operación y Mantenimiento de centrales existentes en funcionamiento.
- Participación en la formulación de Proyecto Básico del pequeño aprovechamiento hidroeléctrico “PAH Canal Matriz Diamante”.
- Participación de la formulación de los Proyectos Ejecutivos para tres pequeños aprovechamientos hidroeléctricos:
  - Refuncionalización de la central “Auquinco”.
  - Refuncionalización de la central “Aluminé”.
  - Formulación de proyecto de la central “Trafal”.

Cabe destacar que, por más que sean proyectos diferentes, se trabajó en ellos simultáneamente durante la PPS debido a que son proyectos de mediana envergadura (duración mayor al tiempo dedicado para la PPS) que ya estaban en curso al momento de iniciar la actividad en la empresa. A continuación, se detallarán las tareas realizadas en algunos estos trabajos.

### **4.1. Asistencia en Operación y Mantenimiento de centrales**

La empresa en la que se realizó la PPS, tiene una concesión para realizar las tareas de operación y mantenimiento de cinco pequeñas centrales hidroeléctricas de paso en el gran Mendoza, las mismas se encuentran sobre canales matrices de riego:

- Canal Cacique Guaymallén: PAH Salto 6 (1000 kW), PAH Salto 7 (1200 kW) y PAH Salto 8 (1200 kW).

- Canal Gran Matriz San Martín: PAH Dique Tiburcio Benegas (1650 kW).
- Canal Matriz San Martín: PAH Triple Salto Unificado (500 kW).

Para ello, la empresa tiene como encargado un ingeniero electromecánico y una oficina técnica con equipos de computación dedicados específicamente a manejar los softwares de control remoto. Cabe aclarar que el ingeniero a cargo está parcialmente en la oficina, debido a que generalmente se encuentra recorriendo las centrales, ya sea realizando mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos, resolviendo problemas ocasionales, entre otros.

El trabajo del alumno en esta área abarcó tareas netamente en la oficina técnica, entre las que se pueden destacar como principales:

- Conformación y entrega de partes mensuales de O&M.
- Monitoreo y revisión de registro de datos en SCADA y SMEC.
- Comunicación con CAMMESA ante eventuales problemas de generación.
- Monitoreo de centrales con CCTV.

El monitoreo de las centrales se realizó solo ocasionalmente, cuando el ingeniero a cargo requería acceder a algún dato de la oficina técnica u observar alguna situación que pasara en una central sin personal presente en la misma.

Una tarea importante fue la de comunicarse con CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.) para resolución de problemas de generación. Esta compañía tiene acceso remoto continuo a los datos de generación de todas las centrales del país, esto se realiza a través del SMEC (Sistema de Medición de Energía Comercial), el cual no es más que un medidor propio de energía dentro de cada central. Ocasionalmente, por diversos problemas CAMMESA pierde acceso a estos medidores cuando la central está operando e inyectando energía a la red eléctrica, produciendo a veces, la pérdida de datos de generación por ciertos períodos de tiempo. Luego, estos datos no registrados correctamente deben enviarse manualmente a CAMMESA para que puedan considerarlas al momento de conformar las liquidaciones de generación y realizar los pagos a las empresas dueñas de las centrales. La tarea de conformar los archivos con datos de generación no registrados es relativamente minuciosa, ya que los archivos deben tener un formato específico y deben conformarse con un instructivo propio de CAMMESA. Además, deben presentarse justificaciones sobre por qué no se pudo disponer de esas mediciones en el momento, lo cual conlleva una comunicación continua entre responsables dentro de la empresa operadora y la compañía administradora. Esta tarea fue llevada a cabo por el alumno durante la PPS.

Sin embargo, la tarea que conllevó más tiempo e importancia durante la PPS fue la de generar los partes mensuales de generación, para ello se requieren una serie de pasos para producir un informe correctamente:

- 1) Descarga de datos de generación: desde software de acceso remoto a SMEC.
- 2) Descarga de datos de caudales erogados en el mes desde sistema MIDO.
- 3) Procesamiento de datos en planilla de Excel.
- 4) Emisión de los informes de generación.

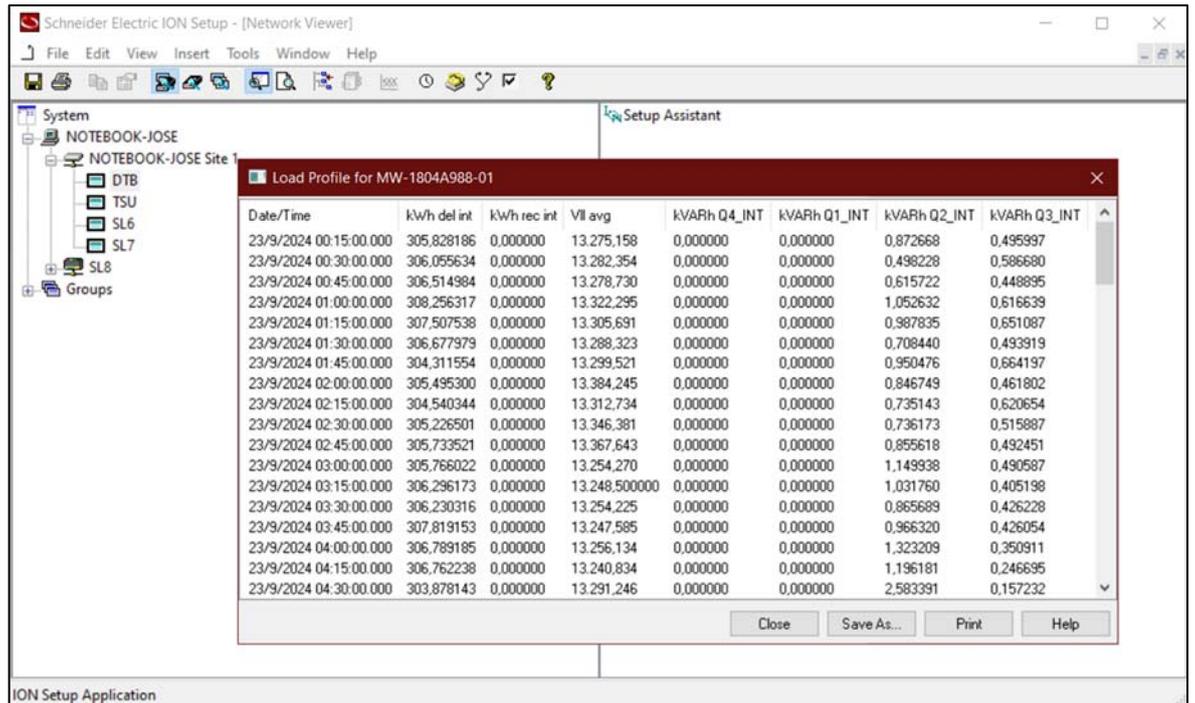


Figura N° 5. Software ION SETUP – Acceso a SMEC.

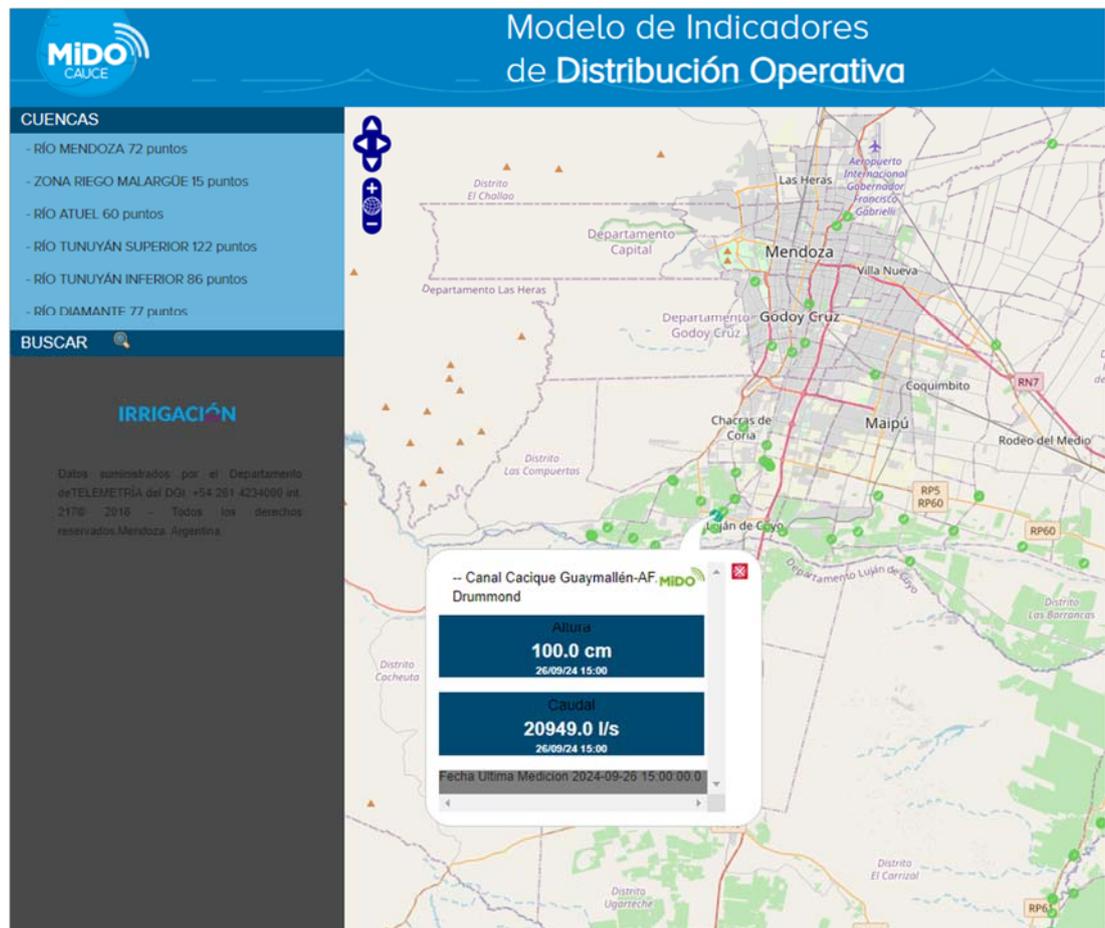


Figura N° 6. Sistema MIDO (D.G.I.) – Acceso a datos de caudales instantáneos.

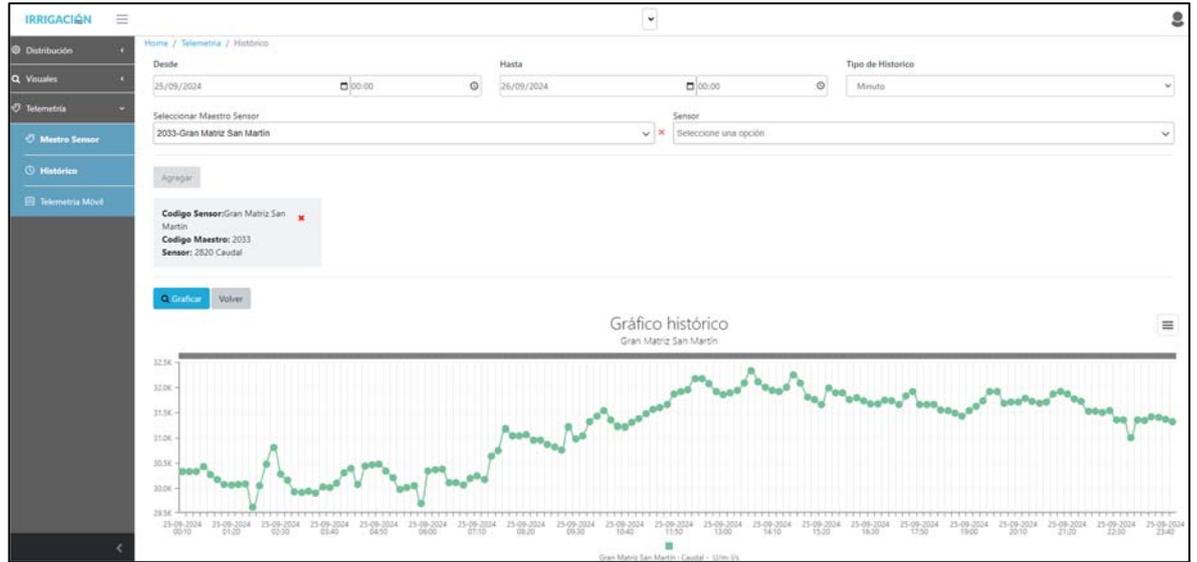


Figura N° 7. Sistema MIDO (D.G.I.) – Acceso a datos de caudales históricos.

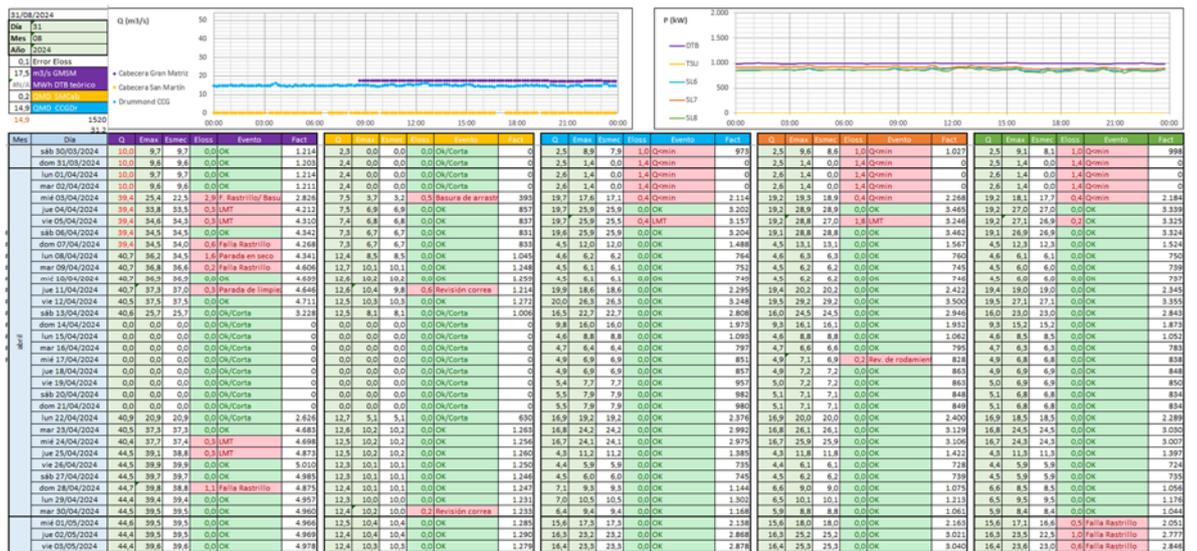


Figura N° 8. Planilla de procesamiento de datos.

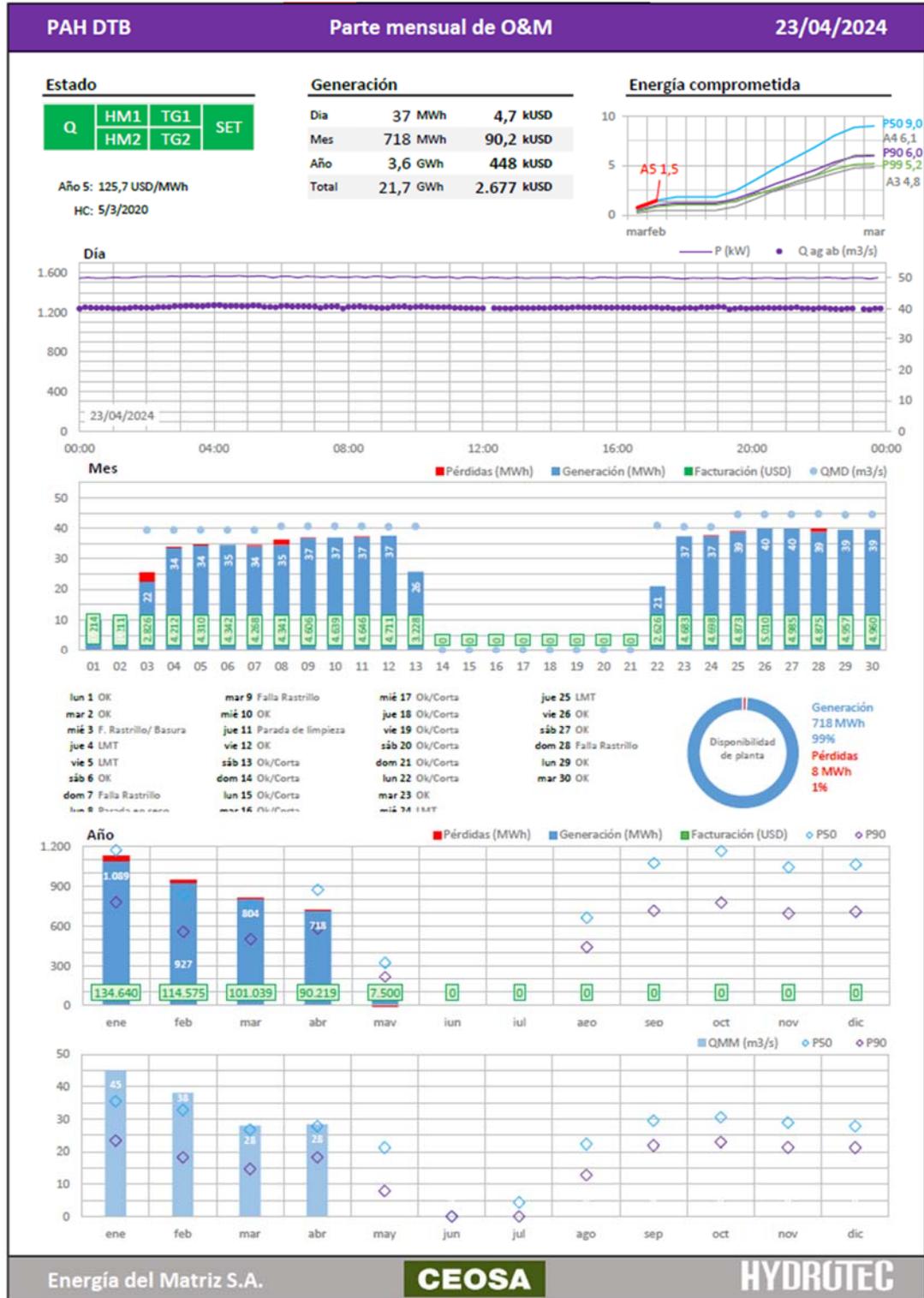


Figura N° 9. Informe de generación tipo.

El procesamiento de datos se realiza conjuntamente con el ingeniero a cargo de la operación, ya que él es quien está al tanto de todas las fallas de generación de las centrales, las cuales deben quedar registradas en los informes. Cabe aclarar que estos informes se generan todos los meses para cada central, desde su fecha de habilitación comercial, y son un buen recurso para llevar el registro completo de cómo opera cada central.

## 4.2. Proyecto básico PAH Canal Matriz Diamante

El segundo trabajo en el que se participó fue el desarrollo de Proyecto Básico del PAH Canal Matriz Diamante, de 550 kW de potencia instalada, ubicado en el departamento de San Rafael.

Este proyecto de mini central ya había sido iniciado anteriormente por otra empresa años atrás, pero llegó a HYDROTEC para realizar una revisión crítica del proyecto original para optimizarlo en cuanto al volumen de obra y, disminuyendo el presupuesto total. Cuando se realizó la práctica profesional supervisada ya estaba desarrollado el diseño conceptual de proyecto, por lo que se debió trabajar para avanzar en el desarrollo del proyecto llevándolo a un diseño real aplicado específicamente al caso en estudio.

### 4.2.1. Descripción del proyecto

La central queda emplazada en el salto Partidor Principal del Canal Matriz Diamante de San Rafael, en la cabecera de los Canales Marginales del sistema de riego de la cuenca del Río Diamante.



*Figura N° 10. Implantación general del aprovechamiento.*

Los parámetros operativos principales de la central son:

- Potencia nominal: 550 kW
- Caudal nominal: 15 m<sup>3</sup>/s
- Salto neto: 4,60 m

Al ser una pequeña central de paso se proyecta emplazarla en bypass al salto. La toma de agua desde el canal principal será mediante un azud derivador, que a su vez funciona también como vertedero lateral de seguridad (para caudales excedentes) y canal de aducción hacia la central. Continuando hacia aguas abajo se tiene la compuerta principal de ingreso y un sistema de rejas horizontales de limpieza automático, que deriva los elementos no deseados hacia un canal de limpieza que los devuelve al canal principal. A continuación de

las rejas, se tiene la cámara espiral y el paso por la turbina, que es de tipo Kaplan de eje vertical. Aguas abajo, el caudal sale por el tubo de aspiración hacia el canal de restitución que lo devuelve en el cuenco amortiguador del salto del canal.

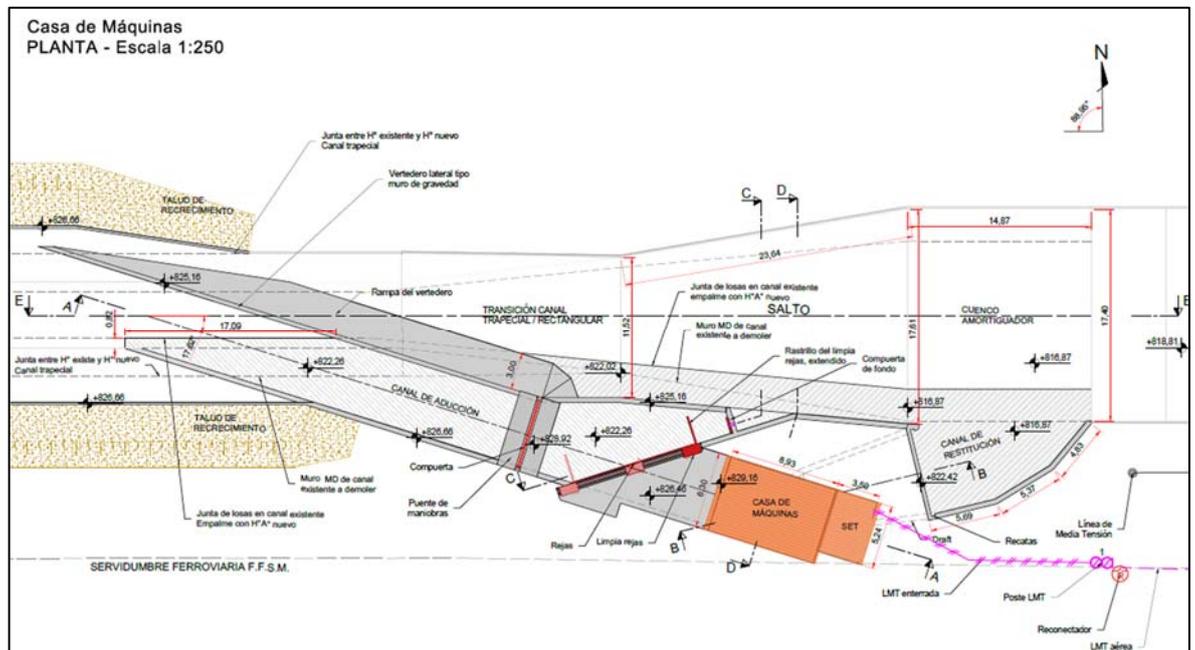


Figura N° 11. Plano de planta del proyecto.

#### 4.2.2. Análisis hidrológico

Como la central se emplazará en bypass a un canal matriz de riego, tomando el agua que circule por el mismo para generar, es necesario realizar un análisis del recurso hídrico histórico para poder realizar a posteriori una evaluación de la generación energética.

Para ello se solicitó al Departamento General de Irrigación, específicamente a la Subdelegación de Aguas del Río Diamante, brinde los caudales medios diarios históricos del canal Matriz Diamante, específicamente en el tramo donde se emplazará la central. De esta manera se obtuvo el registro histórico desde el año 1992.

Durante la PPS se realizó un análisis hidrológico a partir de la serie de caudales “cruda”, ordenando los valores medios diarios por años y períodos para luego aplicar criterios estadísticos, pudiendo obtener las siguientes curvas destacadas que luego sirven para cálculos de energía media anual.

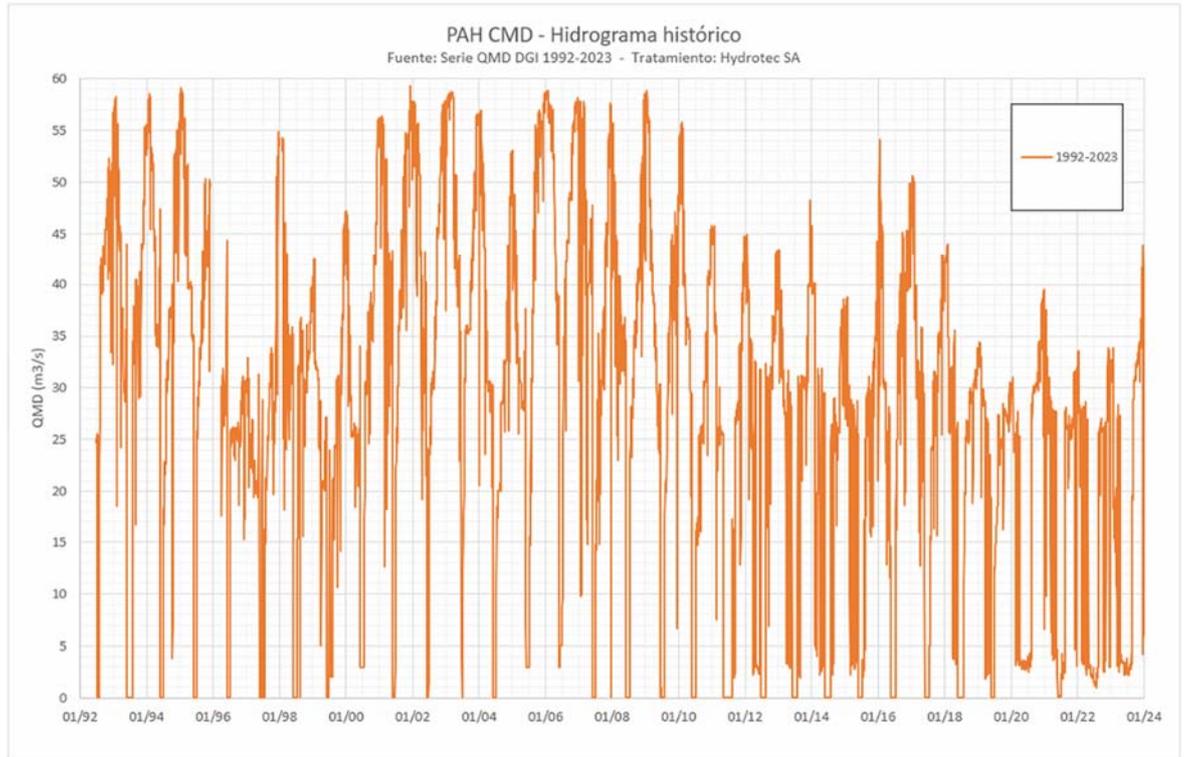


Figura N° 12. Hidrograma histórico – Canal Matriz Diamante.

Si se ordenan estos caudales podemos luego calcular su probabilidad de excedencia, para construir curvas de caudales clasificados para distintos períodos característicos:

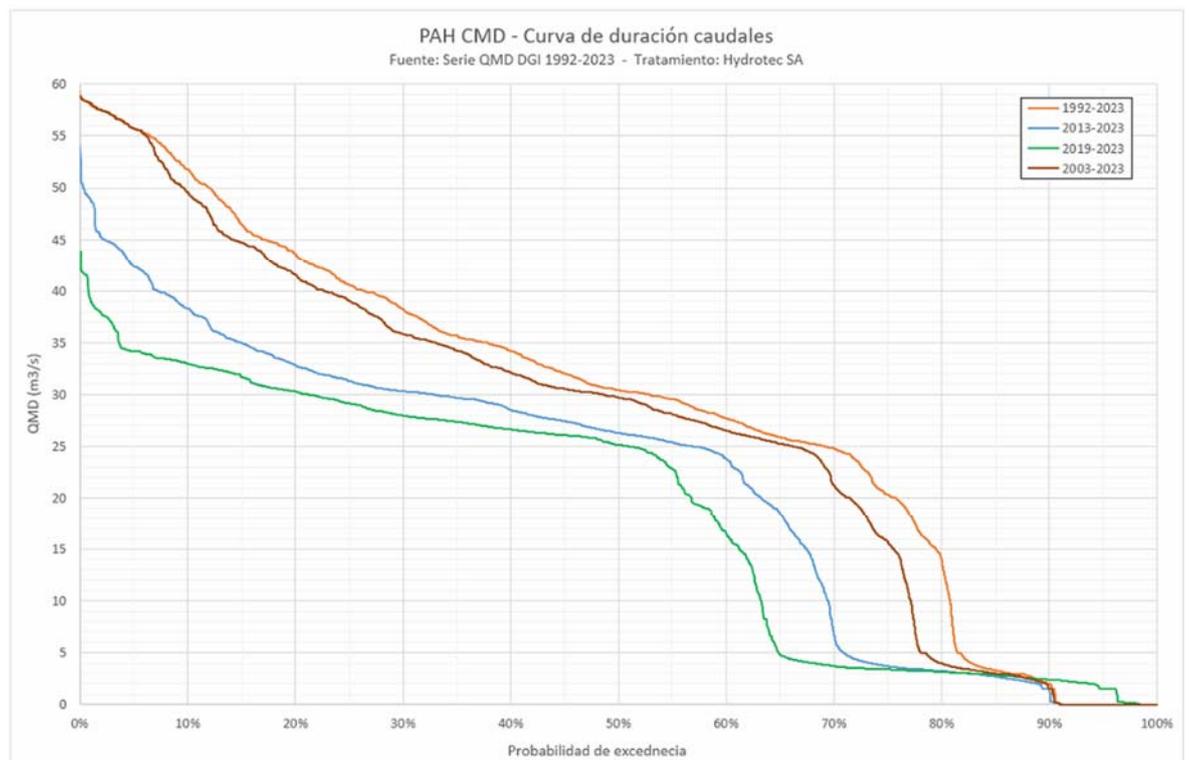


Figura N° 13. Curva de caudales clasificados, períodos característicos – Canal Matriz Diamante.

Además, también se pueden calcular los caudales medios anuales, demarcando una fuerte tendencia a la baja con el paso del tiempo. Luego, de la misma manera que antes, se puede calcular la probabilidad de excedencia para los caudales medios anuales.

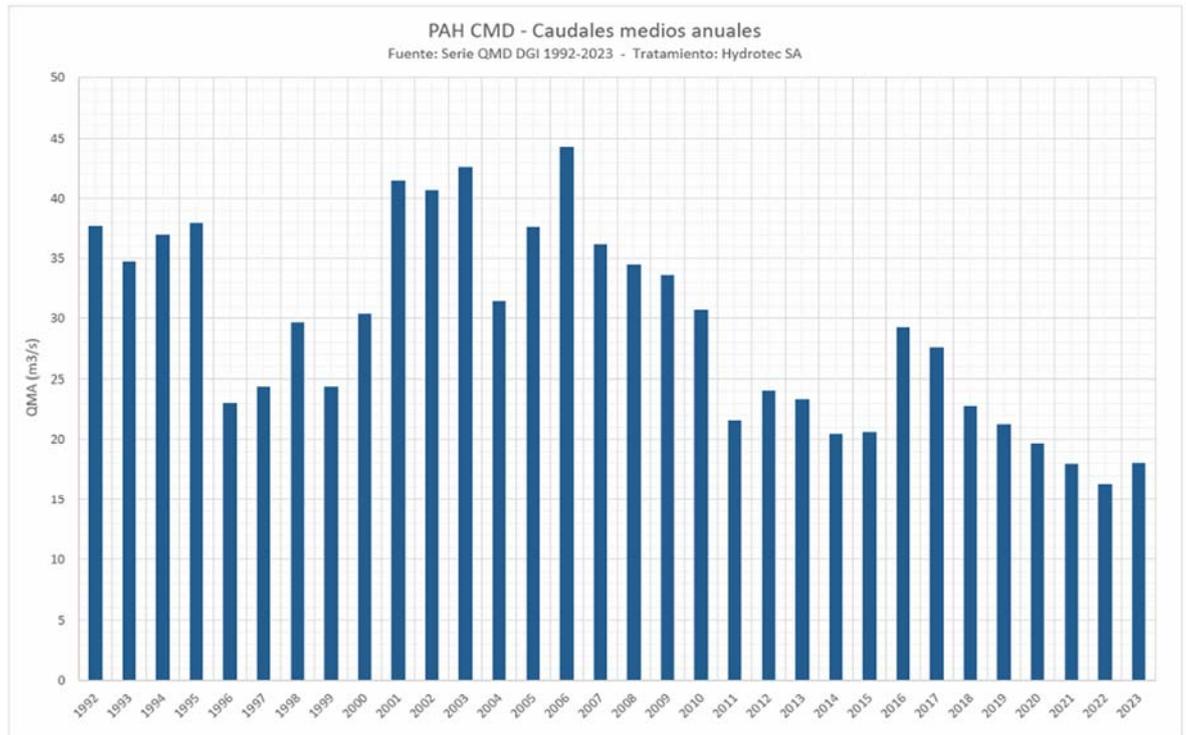


Figura N° 14. Caudales medios anuales – Canal Matriz Diamante.

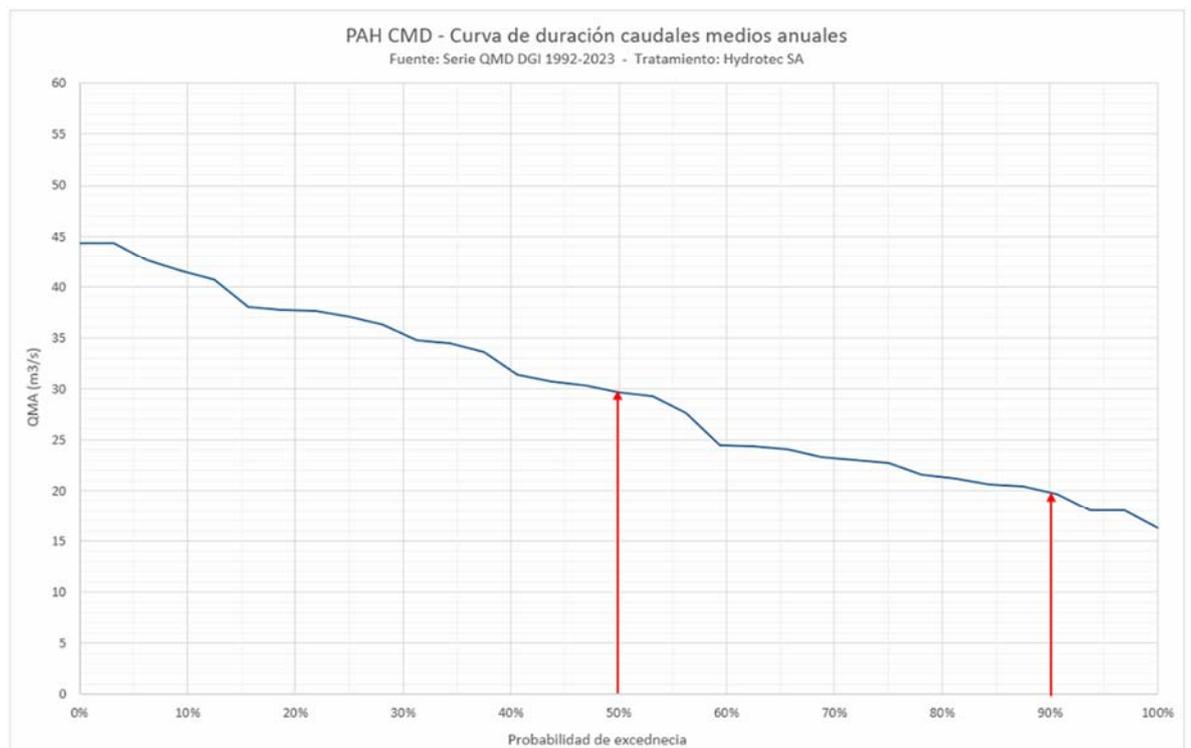


Figura N° 15. Curva de caudales medios anuales clasificados – Canal Matriz Diamante.

Con esta curva podemos definir algunos límites que dividan lo que puede considerarse como años pobres, medios o ricos, en términos hidrológicos. Como criterio se adoptó que: los años pobres serán los que tengan un módulo correspondiente a una probabilidad de excedencia de 90% o más ( $QMA \leq 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ), años ríos los que tengan un módulo correspondiente a una probabilidad de excedencia de 50% o menos ( $QMA \geq 30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y años medios a los que tengan un módulo comprendido entre estos dos valores de probabilidad de excedencia.

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra la curva de estacionalidad de tres años hidrológicos correspondientes a la clasificación de año rico (2008), año medio (2017) y año pobre (2022).

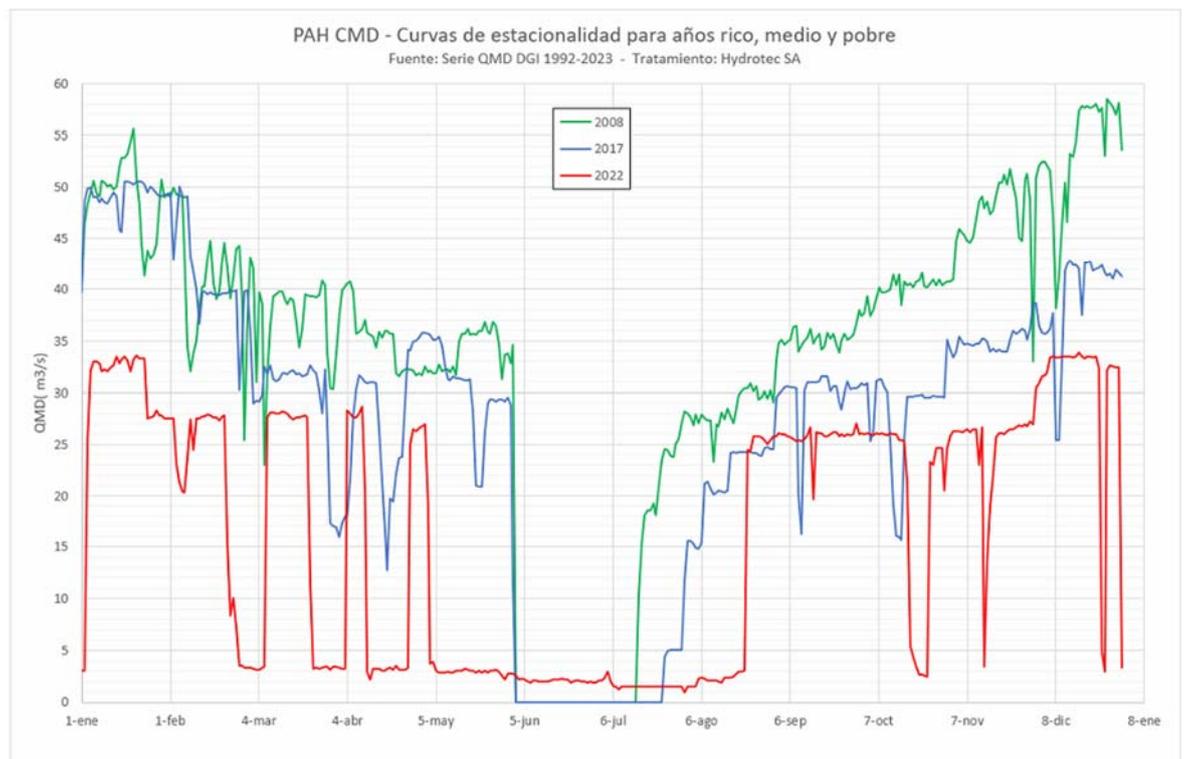


Figura N° 16. Curvas de estacionalidad de caudales para años característicos – Canal Matriz Diamante.

#### 4.2.3. Análisis energético

Para evaluar la viabilidad del proyecto de una central, se debe realizar una evaluación de la producción energética, ya que mientras más energía se pueda producir, más rápido será el recupero del capital invertido; por ende, resultará más factible económicamente. Para ello, es necesario evaluar tres parámetros: caudal, salto disponible y eficiencia de turbina.

Respecto a los caudales, contando con el registro histórico se puede calcular la energía correspondiente a cada uno de los años registrados.

Respecto al salto, depende de la geometría del proyecto y cómo funcionan hidráulicamente las obras, porque el salto disponible depende del nivel tanto aguas arriba como aguas abajo.

En primer lugar, se definió el caudal nominal resultando 15 m<sup>3</sup>/s, cualquier caudal igual o menor que este pasará directamente por la central, y si hay un caudal mayor, pasarán 15 por la central y el resto por el vertedero de seguridad. Para determinar el nivel sobre vertedero, se utilizó la ecuación de gasto del vertedero para pared fina:

$$Q = L * mv * \sqrt{2g} * h^{2/3} , \quad mv = 0,34$$

Figura N° 17. Ecuación de gasto de vertedero de pared fina.

Con esta fórmula se determinó una curva de gasto para el nivel de agua por encima del vertedero, obteniendo el primer valor requerido.

En cuanto al nivel aguas abajo, se tuvo en cuenta que el flujo no es el “normal” en esa zona del canal y está afectado por un escalón de fondo para operación de una hoja partidora aguas abajo, que provoca un aumento del nivel de agua en esa sección, y consigo, se produce una curva de remanso hacia aguas arriba que llega a ahogar la restitución de la central. Se modeló el escalón de la hoja partidora en el programa WinFlume, determinando los niveles de agua en distintas secciones transversales a lo largo del escalón. Se obtuvo así, en primer lugar, una curva de gasto en esta sección. Luego, con estos niveles, la pendiente de fondo del canal y las dimensiones del canal, se determinaron distintas curvas de remanso entre la sección de la hoja partidora y la restitución de central. De esta manera, se obtuvo la curva de gasto del nivel de agua aguas debajo de la central.

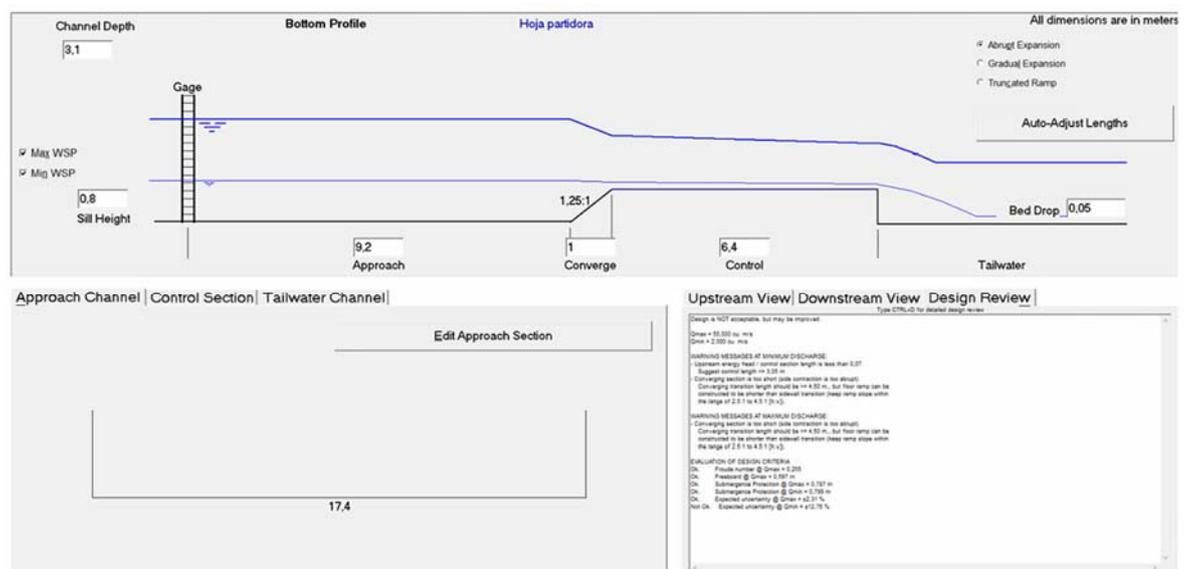


Figura N° 18. Modelo de vertedero de pared gruesa. Escalón de fondo de hoja partidora.

Restando, para cada caudal, el nivel aguas arriba y abajo, obtenemos la curva de salto vs. caudal. A estos valores se le deben restar las pérdidas de carga para obtener el salto neto, las cuales vienen dadas por el desnivel en las rejillas (supuestas tapadas) y la altura de velocidad en la restitución. Se obtiene así una curva de salto neto vs. caudal, punto

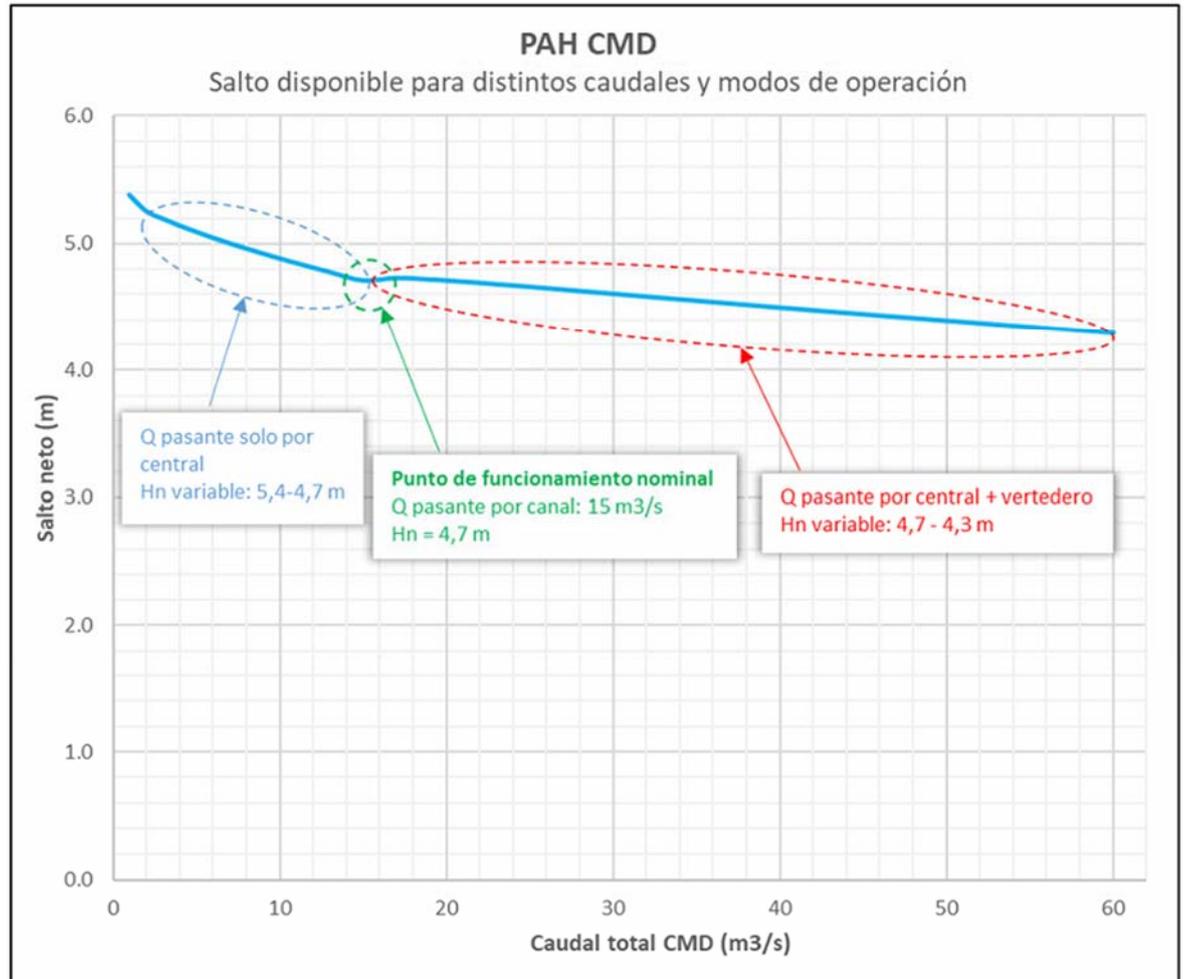


Figura N° 19. Gráfico de  $H_n - Q$  para distintos modos de operación en central y caudal en canal.

En cuanto a las eficiencias del equipamiento hidroelectromecánico a instalar, las mismas son provistas por el fabricante, definiendo para todo el rango de caudales de operación (2 – 15 m<sup>3</sup>/s) las eficiencias correspondientes a: turbina (ef. hidráulica), caja multiplicadora (ef. mecánica), generador (ef. eléctrica) y transformador (ef. eléctrica). La multiplicación de todas estas da la eficiencia global del equipo.

QT	Turbine Discharge	Net Head	Efficiency Turbine	Turbine Output	Efficiency Generator	Efficiency Gear Box	Generator Output
%	m <sup>3</sup> /s	m	%	kW	%	%	kW
30	4,50	4,50	83,8% *	166,5	93,9%	97,0%	151,6 *
40	6,00	4,50	87,5%	231,8	94,8%	97,0%	213,1
50	7,50	4,50	90,0%	298,0	95,5%	97,0%	276,0
60	9,00	4,50	90,7%	360,4	96,0%	97,0%	335,6
70	10,50	4,50	91,2%	422,7	96,3%	97,0%	394,9
80	12,00	4,50	91,0%	482,1	96,3%	97,0%	450,3
90	13,50	4,50	90,6%	539,9	96,3%	97,0%	504,4
100	15,00	4,50	90,1%	596,6	96,3%	97,0%	557,3

\*...informative

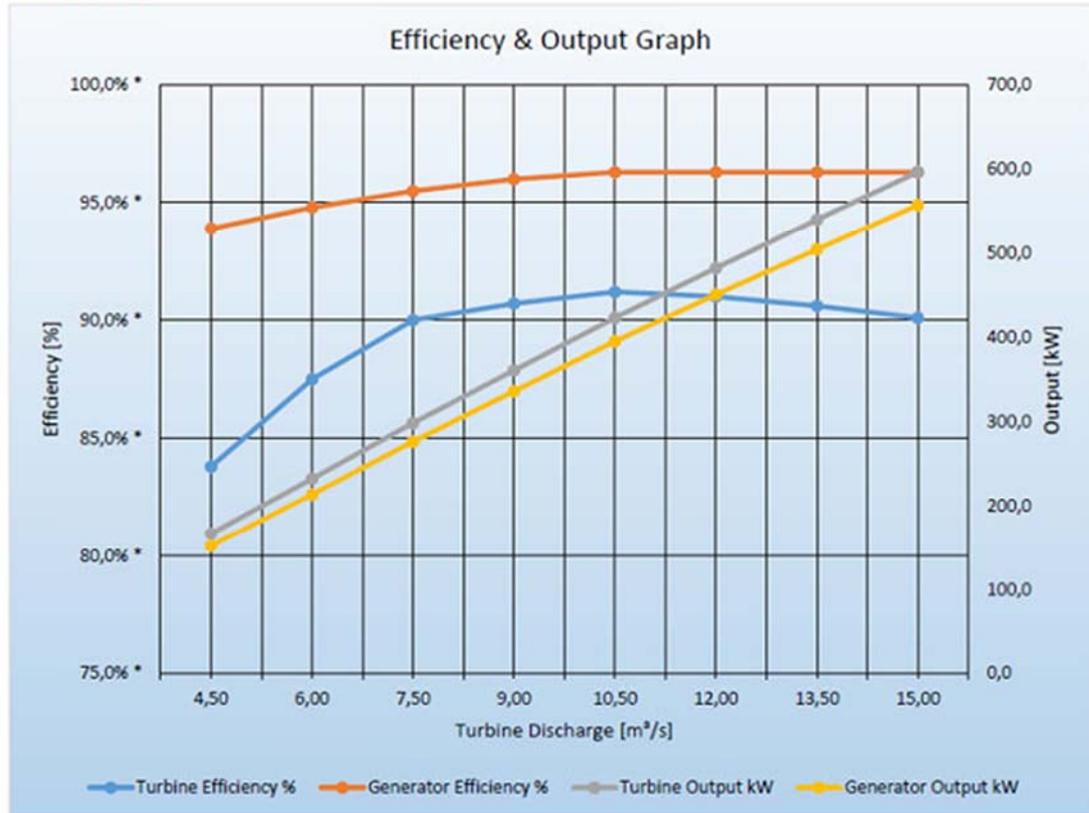


Figura N° 20. Eficiencias de turbina.

Contando así con los dos parámetros definidos, la potencia de operación de la central se calcula como:

$$P(kW) = Q * Hn * \eta * \frac{1000}{102} , Q(m^3/s) , Hn(m) , \eta(\%)$$

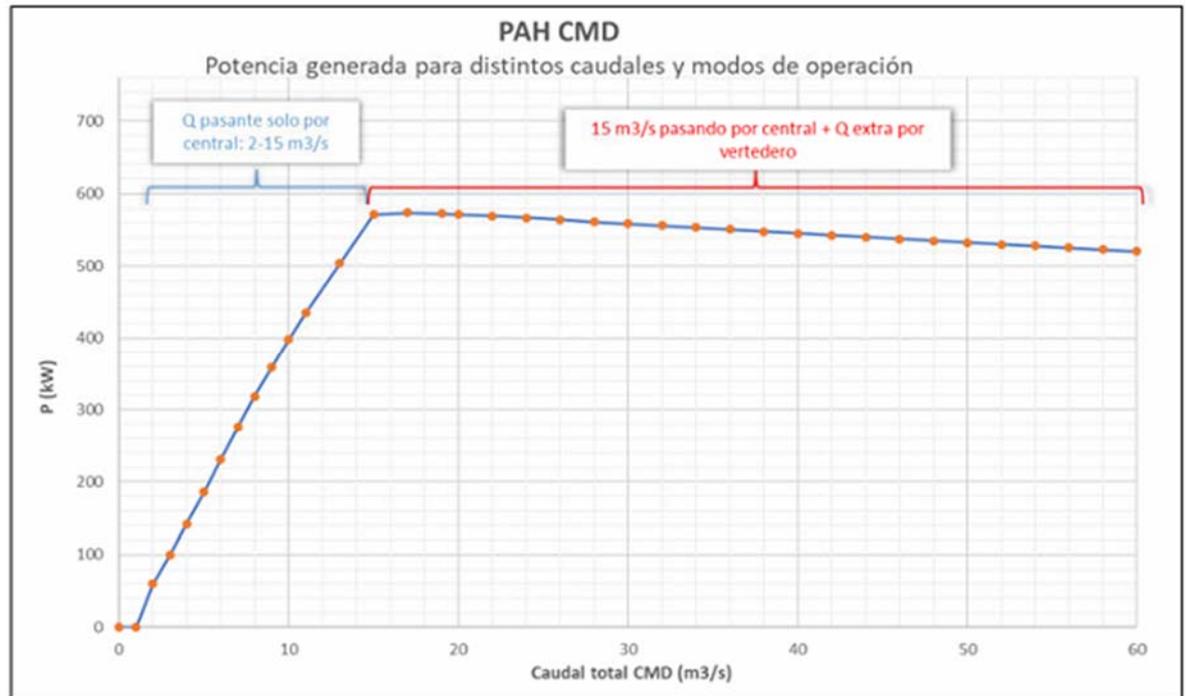


Figura N° 21. Curva de potencia de central.

Teniendo una potencia definida para cada caudal pasante por el canal, podemos realizar un estudio de “generación histórica” teniendo en cuenta la serie histórica de caudales. Esto se hizo para obtener la energía media anual que se podría haber generado en cada año histórico, si la central hubiera estado construida, lo cual sirve para realizar una prospección energética a futuro al evaluar estadísticamente la energía de cada año.

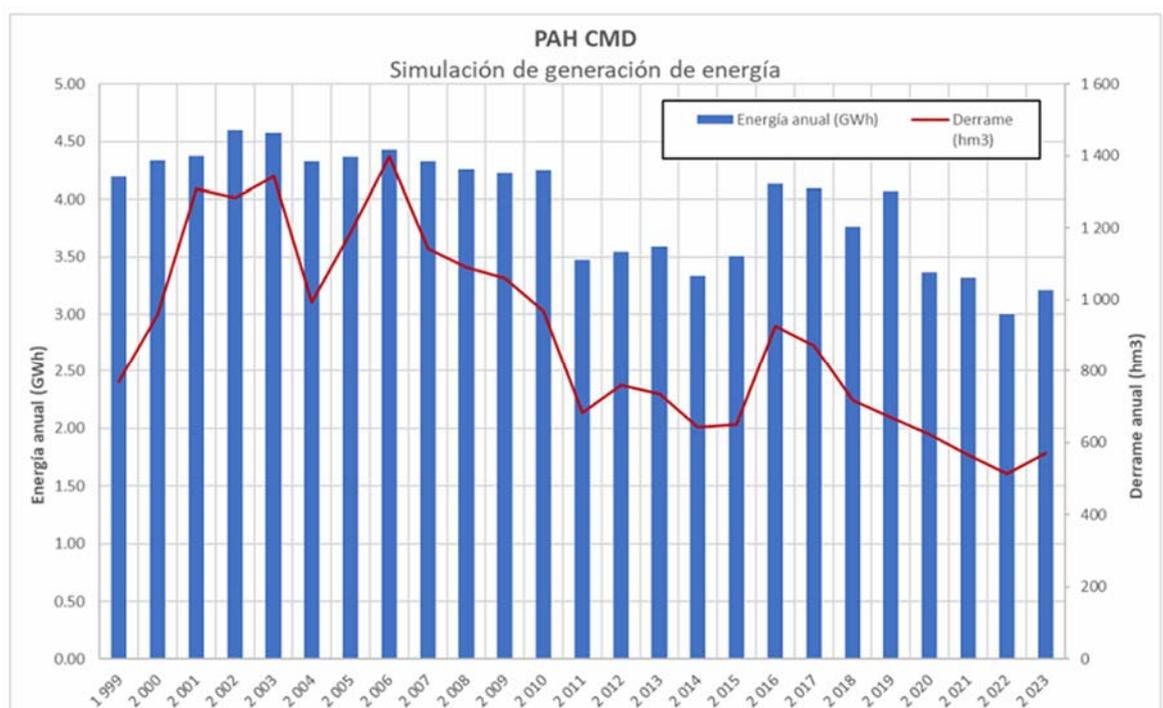


Figura N° 22. Simulación de la generación de energía – Años 1999 a 2023.

Estos valores de energía media anual se pueden ordenar de mayor a menor, y obteniendo su probabilidad de excedencia, se construye la curva de la figura siguiente, energía media anual clasificada.

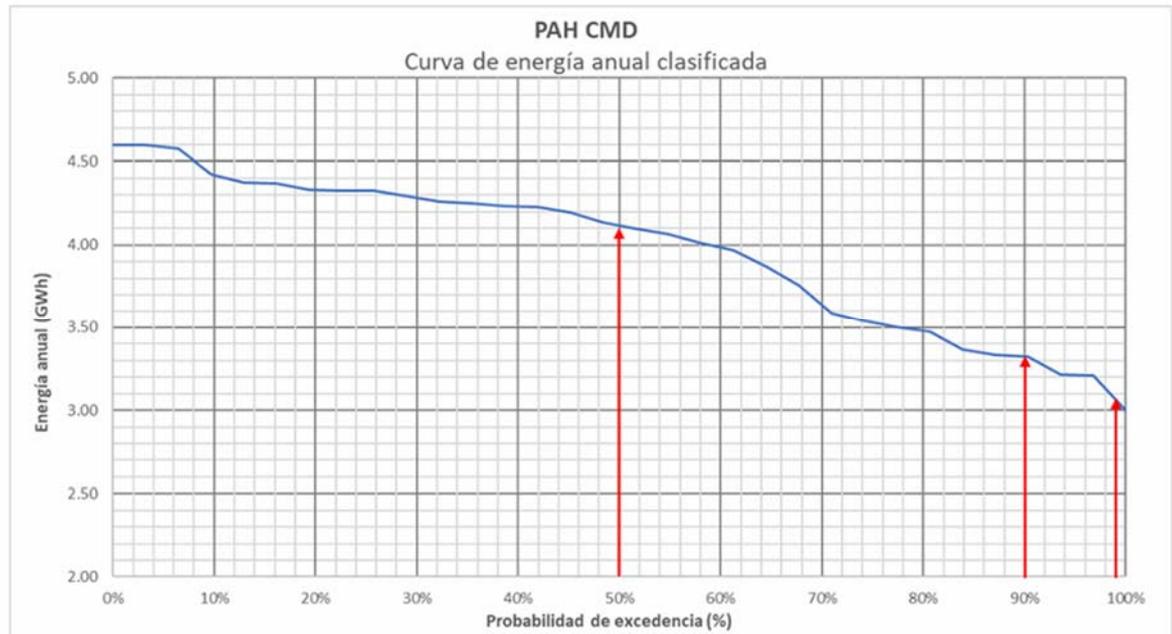


Figura N° 23. Curva de energía media anual clasificada.

Así, se obtuvieron valores característicos de energía media anual producida, según la probabilidad de excedencia de cada uno: **P50** (4.10 GWh), **P90** (3.30 GWh) y **P99** (3.05 GWh). Luego, estos valores se podrán utilizar para realizar evaluaciones financieras del proyecto y definición de contratos de venta de energía, principalmente.

#### 4.2.4. Conformación de planos de proyecto

Otra tarea importante sobre este proyecto durante la PPS fue la de desarrollar la memoria descriptiva general del mismo. En este documento se describen todos los aspectos importantes que conforman el proyecto en sí, presentando los resultados obtenidos en estudios complementarios, resultado básicamente en un resumen general de proyecto. Los ítems descriptos dentro de esta memoria son los siguientes:

- Introducción: presentación del proyecto y ubicación general.
- Descripción de infraestructura existente.
- Análisis hidrológico (resumen de estudio mencionado anteriormente).
- Producción de energía (resumen de estudio mencionado anteriormente).
- Descripción de obras: criterios de diseño, obras civiles, equipamiento H.E.M., interconexión eléctrica.
- Cronograma: definición de plazos, ingeniería, cronograma de obras civiles, montaje de equipamiento H.E.M.

#### 4.2.5. Conformación de planos de proyecto

Como se dijo anteriormente, al momento de realizar la PPS ya se contaba con la definición conceptual del proyecto, pero no con planos. Debido a ello, una de las tareas fue la conformación de los mismos. Se realizaron distintos tipos de planos, entre los que se pueden mencionar: planimetría general, planta de central, corte longitudinal por central y canal, cortes transversales de central, planos de recrecimiento, entre otros.

Para la conformación de los planos previamente debieron definirse las dimensiones y geometría de sus elementos principales. Para ello se tuvieron en cuenta distintos criterios civiles, como destacarse: baja velocidad de ingreso y salida (condiciona dimensiones de canal), factibilidad y simplicidad constructiva, trabajos a realizarse con canal en operación, longitud de recrecimiento en función de curva de remanso, etc. Junto a estos criterios, también se tuvieron en cuenta algunos puntos de partida fijos, que definen ciertos elementos de la obra civil, por ejemplo: longitud del vertedero de seguridad fijo, nivel de agua sobre vertedero de seguridad, dimensiones de rejas (valor de pérdida de carga definida), dimensiones de la turbina (dadas por el fabricante), vinculación de obras a la infraestructura existente, etc.

Se presentan a continuación imágenes de planos realizados:

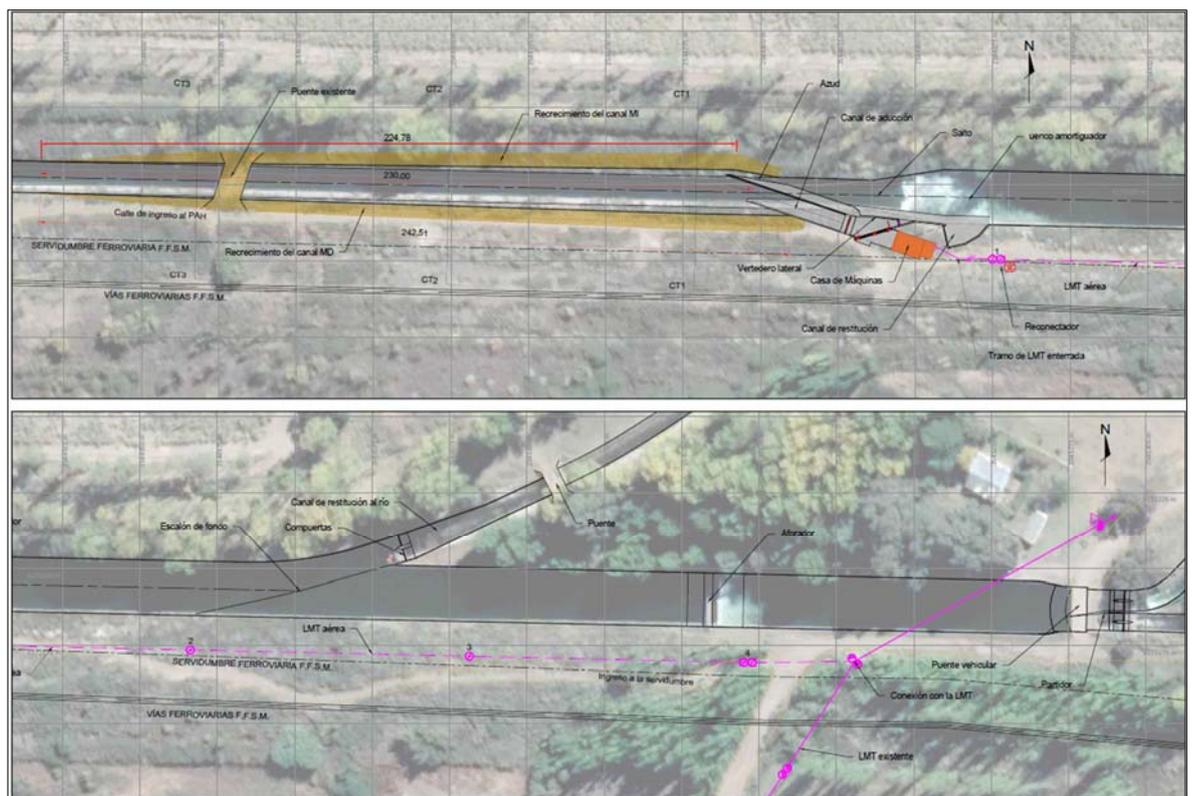


Figura N° 24. Plano de implantación general del proyecto.

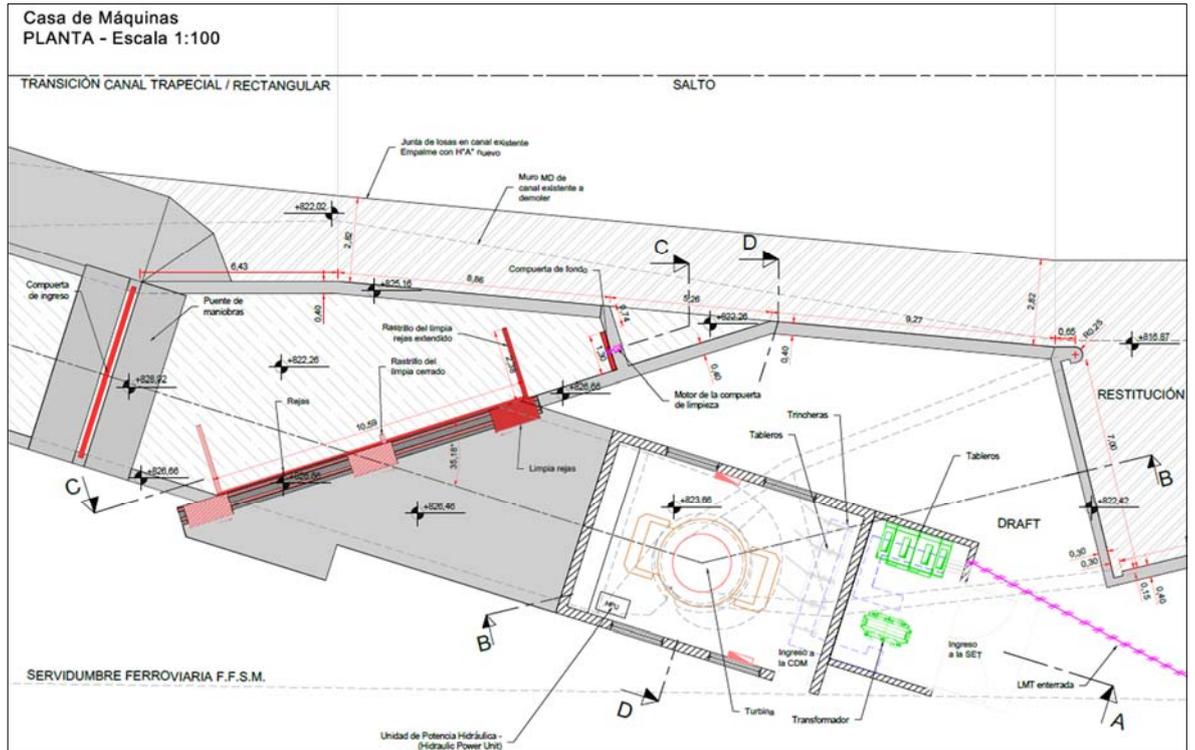


Figura N° 25. Plano de planta de casa de máquinas.

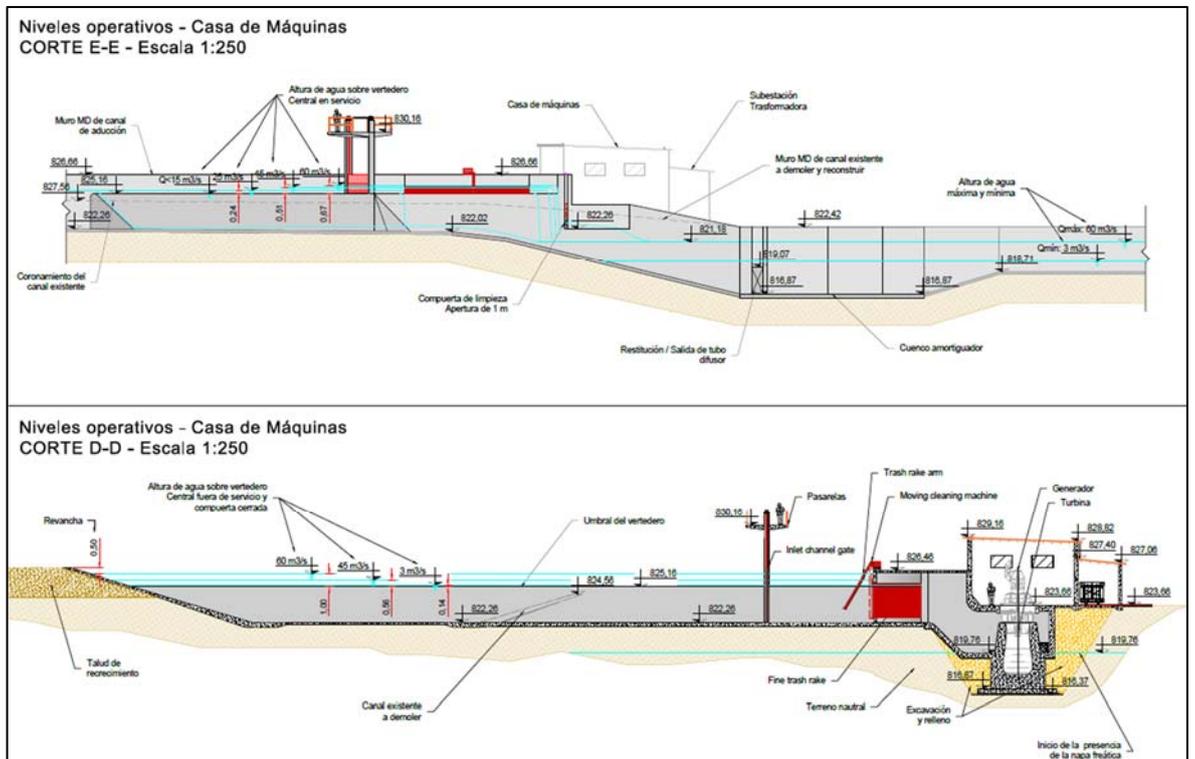


Figura N° 26. Plano de corte longitudinal de canal principal, canal aductor y niveles operativos.

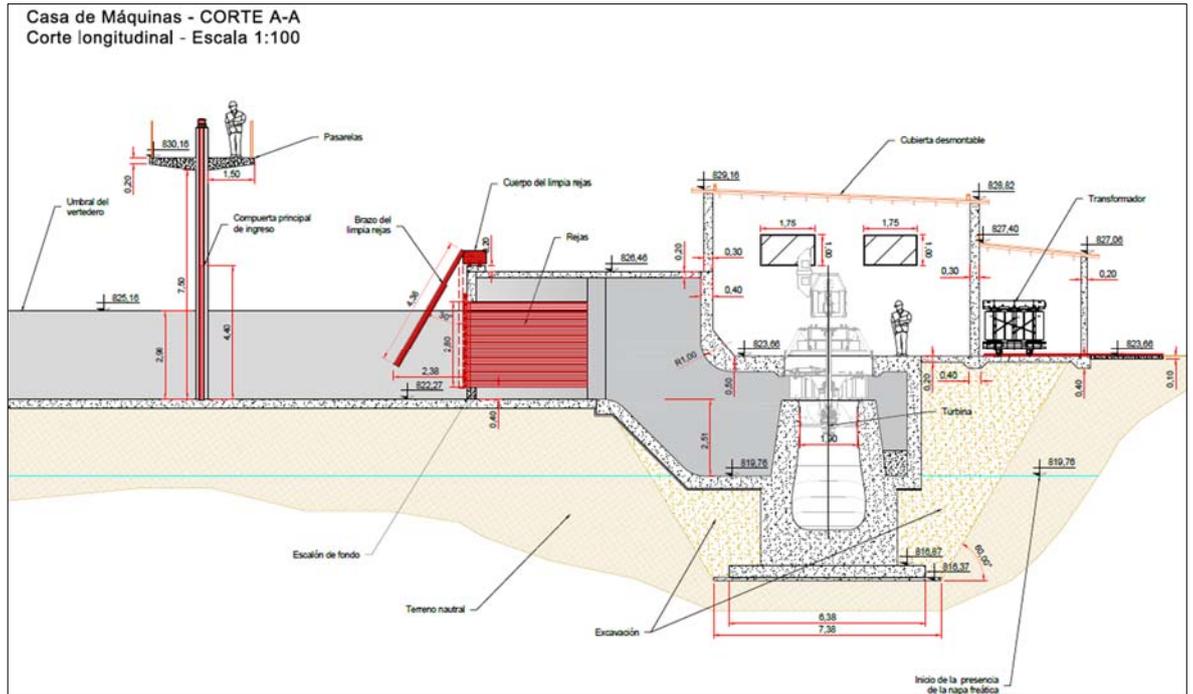


Figura N° 27. Plano de corte longitudinal por canal aductor – casa de máquinas.

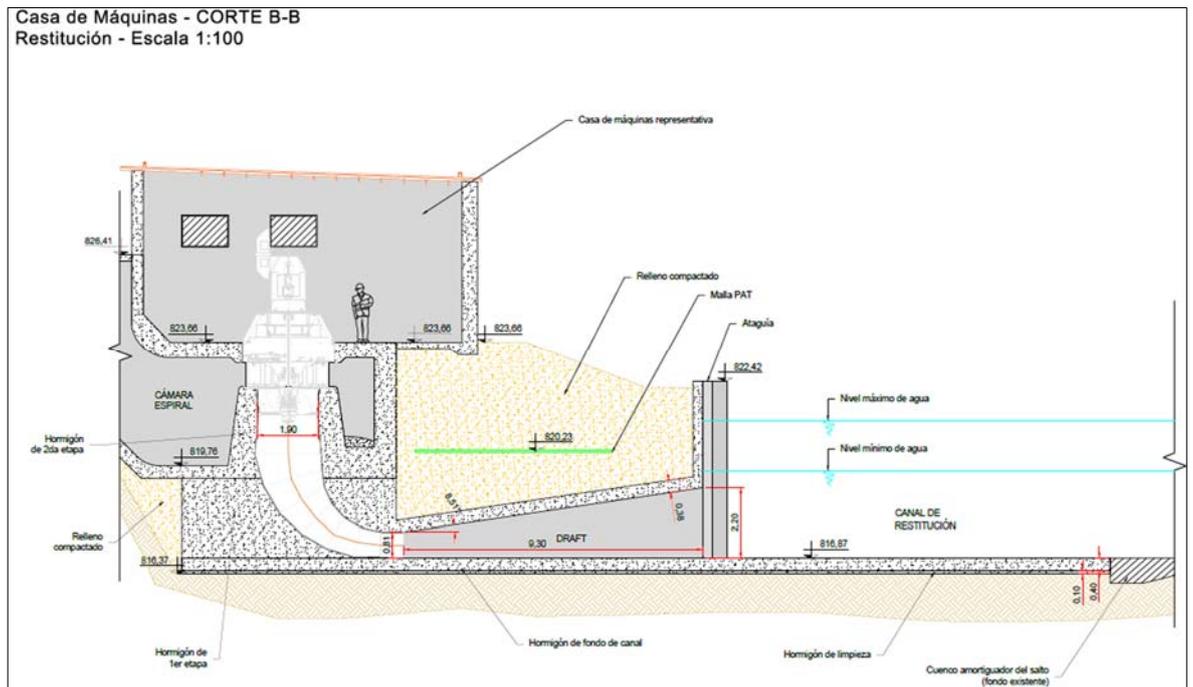


Figura N° 28. Plano de corte longitudinal de canal de restitución.

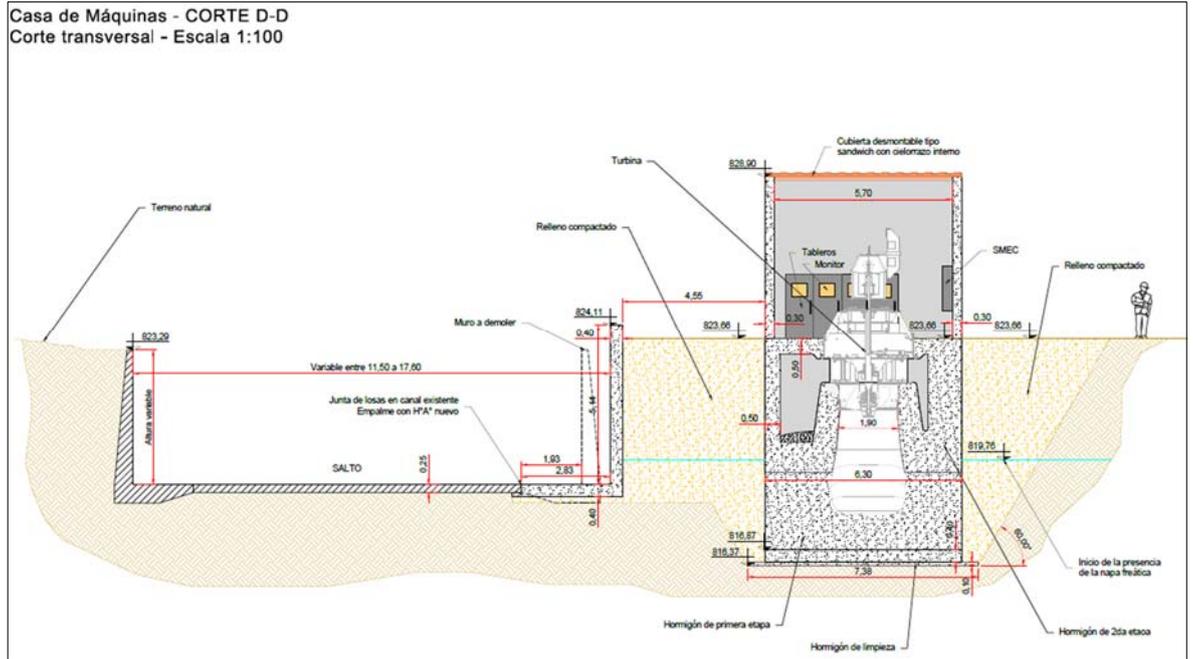


Figura N° 29. Plano de corte transversal de casa de máquinas.

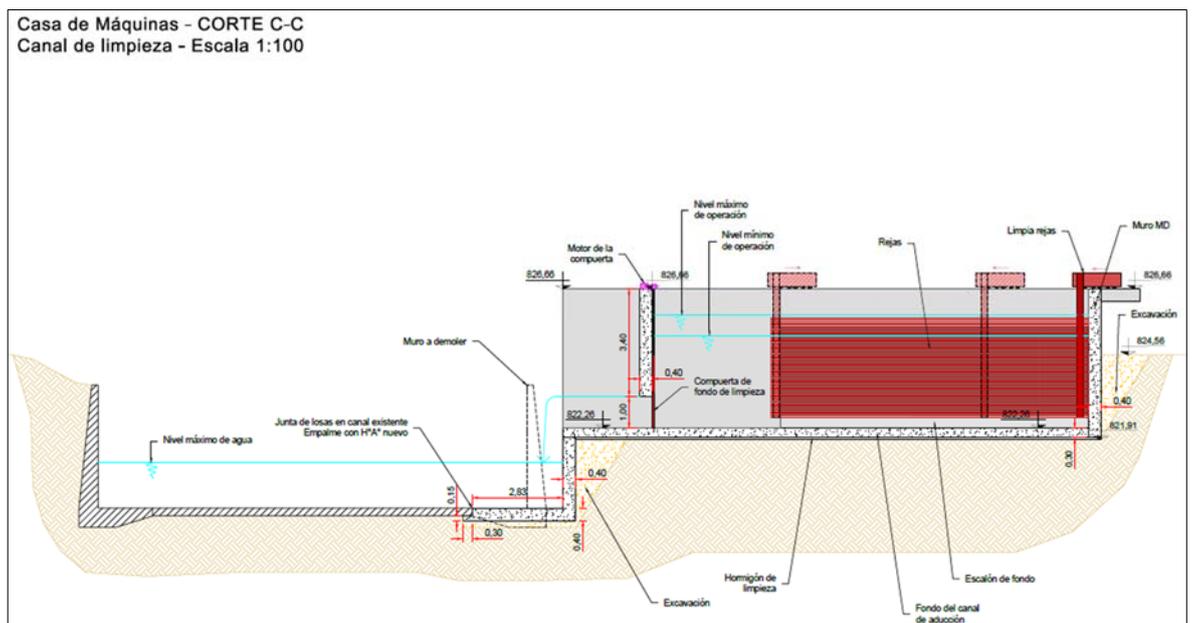


Figura N° 30. Plano de corte transversal por sistema de limpieza.

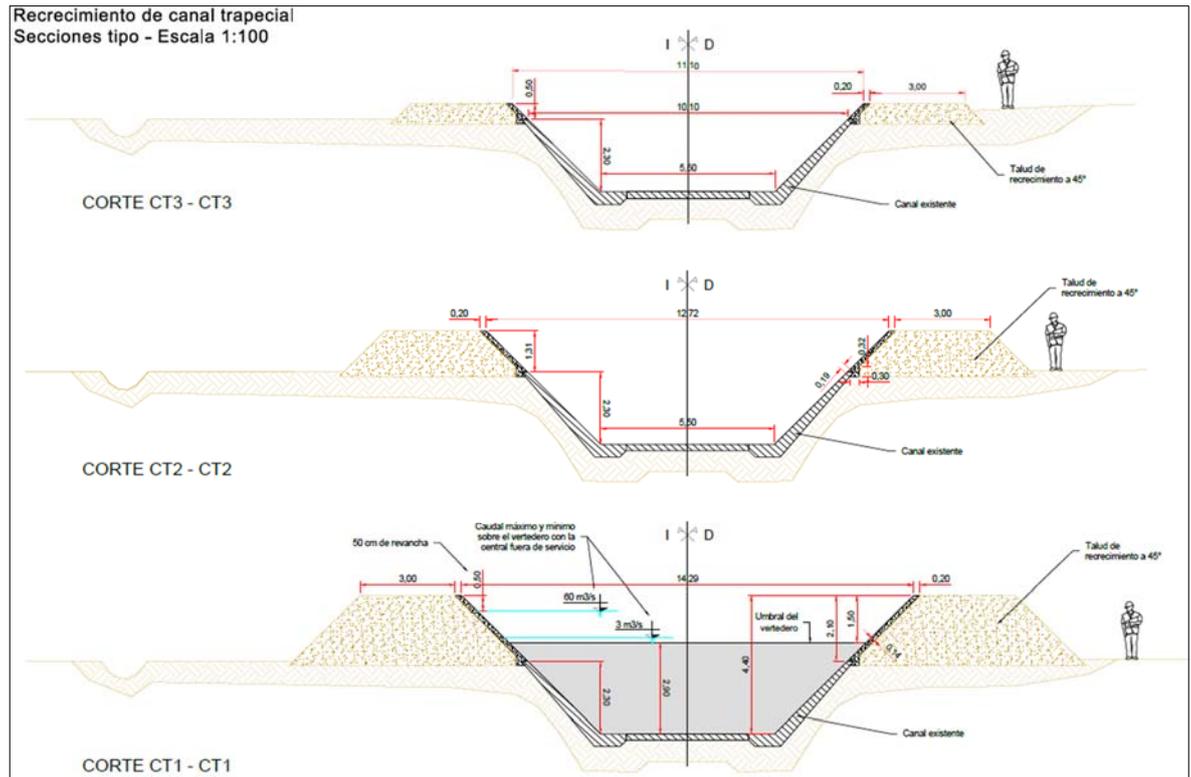


Figura N° 31. Plano de secciones de recrecimiento de canal trapecial.

#### 4.2.6. Presentación al Departamento General de Irrigación

Siendo este un proyecto que utiliza como recurso básico el agua de uso para riego, una tarea fundamental para la viabilidad del mismo es su aprobación por parte de la autoridad competente, siendo este el Departamento General de Irrigación (DGI). Por ello, la última tarea realizada durante la PPS sobre este proyecto fue la presentación del mismo ante el DGI.

Como se mencionó anteriormente, ya se contaba con un diseño del proyecto realizado años atrás por otra empresa, el cual se presentó debidamente en su momento ante el DGI, obteniendo su aprobación. Sin embargo, como resultado de la revisión crítica del proyecto, se realizaron varias modificaciones respecto a obras civiles y equipamiento de generación, por lo que se debió presentar esta actualización ante el Departamento.

El trabajo consistió en realizar un compendio de toda la documentación pertinente a la actualización del proyecto y prepararla para su debida presentación. En primer lugar, se coordinó una reunión con el jefe del Departamento de Ingeniería para conversar sobre esta presentación e informar a la empresa los requisitos de parte del DGI. Como consecuencia de ello, se solicitó realizar un estudio de la información presentada anteriormente del proyecto, que se encuentra en su respectivo expediente dentro del Departamento, para poder realizar un resumen de hitos resolutivos alcanzados por el proyecto.

Finalmente, se conformó la carpeta con toda la documentación requerida y presentó por mesa de entrada del DGI, para luego mantener contacto con el Departamento para realizar los trámites requeridos y lograr la aprobación y avance del proyecto.

### 4.3. Proyectos Ejecutivos de tres PAH en Neuquén

Por último, el tercer trabajo en el que se participó fue el desarrollo del Proyecto Ejecutivo de tres Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos ubicados en la Provincia de Neuquén. Los proyectos fueron:

- Refuncionalización de la central “*Auquinco*”, de 80 kW.
- Refuncionalización de la central “*Aluminé*”, de 500 kW.
- Formulación de proyecto de la central “*Traful*”, de 2700 kW.

El nombre adoptado para cada central deriva de la localidad donde está ubicado cada uno, siendo todos pertenecientes a la Provincia de Neuquén, teniendo como cliente a la Agencia de Inversiones del Neuquén (ADI-NQN).

Como se menciona, los dos primeros son centrales existentes a las cuales se les realizó un proyecto ejecutivo de rehabilitación. Mientras que la última es un proyecto de nueva central, al que se le realizó un proyecto ejecutivo planteado desde cero.

Cabe aclarar que durante la PPS se participó en la formulación de los tres proyectos, pero en distintas etapas para cada uno. Al ser un volumen importante de trabajo se dividieron las tareas entre todo el equipo técnico de proyectistas para aliviar las cargas de trabajo.

A continuación, se presenta un resumen de las tareas realizadas para cada proyecto, indicando en las que se participó (completa o parcialmente) durante la PPS:

<b>Etapas de proyecto y tareas</b>	<b>PAH Auquinco</b>	<b>PAH Aluminé</b>	<b>PAH Traful</b>
<b>1) Revisión de antecedentes y relevamiento de instalaciones</b>			
Visita al sitio y relevamiento	x	x	x
Recopilación de antecedentes	x	x	x
Conformación de planos de infraestructura existente	x		
<b>2) Evaluación de alternativas</b>			
Planteo de alternativas de proyecto	x	x	x
Conformación de planos de alternativas		x	
Evaluación de E.M.A. (MWh) de alternativas			
Cómputo y presupuesto de alternativas		x	
Desarrollo de informe de evaluación de alternativas			
<b>3) Desarrollo de proyecto ejecutivo de alternativa seleccionada</b>			
Conformación de planos de alternativa seleccionada			x
Evaluación de E.M.A. (MWh) de alternativa seleccionada			
Cálculos hidráulicos de alternativa seleccionada	x		
Cómputo y presupuesto de alternativa seleccionada	x		
Conformación de memoria descriptiva de proyecto			
Estudio de inversión (cálculos e informe)		x	
Conformación de especificaciones técnicas			

Figura N° 32. Tareas realizadas en el desarrollo de proyectos ejecutivos para tres centrales en Neuquén.

## **5. Resultados obtenidos**

En cuanto a los resultados obtenidos con la realización de las prácticas profesionales, se pueden destacar los siguientes:

- Ampliación de mis conocimientos en cuanto a obras civiles hidráulicas y particularmente de aplicación a mini centrales hidroeléctricas.
- Ampliación de mis conocimientos sobre los procesos constructivos.
- Trabajo en proyectos reales de pequeña y mediana envergadura en la Provincia de Mendoza.
- Ampliación de mis conocimientos sobre la operación y mantenimiento de aprovechamientos hidroeléctricos en general.
- Ampliación de mis conocimientos sobre tipologías y componentes de equipos hidro-electro-mecánicos utilizados en centrales hidroeléctricas.
- Mejora en el manejo de software relacionado a la hidráulica e ing. civil en general, como AutoCAD, HCanales y Flow Máster.
- Interacción con distintos profesionales que trabajaban dentro y fuera de la empresa, los cuales siempre que pudieron me transmitieron su experiencia sobre los temas en los que iba trabajando.

## **6. Conclusiones y comentarios personales**

Particularmente veo a las PPS como una experiencia sumamente enriquecedora para el estudiante. Por un lado, te da la posibilidad de trabajar por primera vez en un ámbito profesional sin dejar de lado que todavía se sigue aprendiendo. Esto se puede ver en la predisposición que muestran los otros profesionales para transmitir toda su experiencia y que la estadía del alumno en la empresa sea de la mejor manera.

Por otro lado, esta actividad le permite a uno conocer sus propias aptitudes y limitaciones. En cuanto a aptitudes, considero que la formación teórica brindada por la Facultad es muy buena. Sin embargo, y como una limitación, creo que haría falta algo más de práctica en las distintas cátedras. Otra limitación que encontré, y que considero irá siendo una dificultad cada vez mayor con el pasar de los años, es que prácticamente no se nos enseña a usar los distintos softwares de cálculo, representación, etc. Esto se reduce en la mayoría de las cátedras a una o dos clases, lo cual evidentemente no es suficiente y creo que nos deja expuestos frente a los egresados de otras universidades. Más allá de esto, reconocer fortalezas y debilidades constituye el punto de partida que le permite al estudiante mejorar en lo que crea necesario, de modo de ir sumando herramientas que lo conviertan en el mejor profesional posible.

Dicho lo anterior y en base a la experiencia vivida, considero que la presencia de un grupo humano, más allá del lógico grupo de trabajo que tiene que haber, es clave para mejorar la eficiencia y la predisposición a la hora de trabajar. Lograr que cada uno esté contento con lo que hace y con quienes lo hace no es algo que se pueda lograr siempre. Por esto, al ver que en la empresa HYDROTEC se ha logrado satisfactoriamente cumplir con dicho objetivo, es necesario destacarlo como una virtud de la empresa.

## **7. Recomendaciones**

Una recomendación que podría hacerle a los próximos alumnos que tengan que realizar esta actividad es que se integren de la mejor manera y traten de sacarle todo el provecho posible; ya que si bien es la primera experiencia profesional que tenemos, no deja de ser una etapa más de aprendizaje, por no decir una de las más importantes. Otra recomendación que puedo hacer es que el alumno que tenga que realizarla lo haga cuando haya aprobado la mayor cantidad posible de materias, y de ser posible una vez finalizado el cursado. En mi experiencia, las comencé luego de finalizarlo, por lo que se le pudo dedicar tiempo completo a la PPS, lo cual recomiendo ya que al poder disponer de toda la atención para un solo trabajo se lo puede aprovechar al máximo y mejorar el rendimiento en ello. Además, habiendo cursado todas las materias se pudieron aplicar todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, con lo cual ante cada problema que se presentaba podía aportar alguna solución.

La PPS es una de las actividades más gratificantes a lo largo de la carrera. Es por esto que considero que habría que intentar tener más instancias como esta en la formación y transcurso de la misma. Quizás se podrían realizar prácticas en ciertas cátedras que luego serán clave en la vida profesional de uno, o si no, de las distintas especialidades que ofrece la Facultad en su Plan de Estudios. Esto último sería de gran ayuda para que los estudiantes puedan experimentar cada una de las especialidades en aplicaciones reales, más allá del marco teórico que ofrecen las distintas cátedras.

## **8. Bibliografía**

- REVANCHAS EN CANALES A CIELO ABIERTO EN HORMIGÓN - Ing. Manuel E. Espinosa - Ing. Roberto M. Alonso.
- Hidráulica de canales abiertos - Ven Te Chow.
- Turbomáquinas Hidráulicas - Manuel Polo Encinas.
- INPRES-CIRSOC 103. Normas Argentinas Para Construcciones Sismorresistentes. PARTE 1. Construcciones en General. Julio de 2018.
- CIRSOC 201 - Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. Julio de 2005.
- CIRSOC 301 - Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para edificios. Julio 2005.