



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

ALUMNO: ***Berti, Sandra Gabriela***

LEGAJO: ***04605***

CARRERA: ***Ingeniería Civil***

PROYECTO: ***Diseño de Aforadores***

Práctica en Gabinete / Área Hidráulica

EMPRESA O INSTITUCIÓN: ***Anddes Argentina***

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: ***Marcos Díaz Corvalán***

PERIODO DE PRÁCTICA: 30/05/2022 al 30/08/2022

AÑO: ***2022***

INDICE

1- INTRODUCCIÓN	4
2 - DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ORGANIGRAMA	5
3 - OBJETIVOS GENERALES DE LA PRÁCTICA.....	7
4 - DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PRÁCTICA	7
4.1 - Breve reseña de la actividad realizada en Gabinete	7
4.2- Ejemplo de Minuta	9
4.3- PROYECTO Mina Pirquitas	10
4.3.1 - Carátula y contenido del Informe para presentar al cliente	10
4.3.1. a - Resumen Ejecutivo.....	11
4.3.2 - Introducción	11
4.3.2.1- Descripción general del área de proyecto	11
4.3.2.2- Clima y Relieve	12
4.3.3 - Modelación hidrológica	18
4.3.3.1- Delimitación de cuencas	18
4.3.3.2- Características físicas de las cuencas delimitadas	19
4.3.3.3 - Tormentas de proyecto	20
4.3.3.3. a - Tormentas de duraciones menores a 24 hr	20
a) Curvas IDF	21
b) Decaimiento espacial	22
c) Método CN para el cálculo de las pérdidas por infiltración	23
d) Hietogramas	25
e) Aplicación del modelo HEC-HMS	25
f) Cálculo de caudales	26
g) Diseño de secciones de aforo	26
5.0 - RESULTADOS OBTENIDOS: DISEÑO SECCIONES DE AFORO.....	27
5.1 - Estructura de aforo PM1.....	27
5.2 - Estructura de aforo PM4.....	31
5.3 - Conclusiones y recomendaciones	33
6 - CONCLUSIONES SOBRE ASPECTOS PROFESIONALES Y LABORALES	35
7 - COMENTARIOS PERSONALES	36
8 - RECOMENDACIONES PARA FUTURAS PRÁCTICAS Y TRABAJOS..	36
9 - AGRADECIMIENTOS.....	37

10 - BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	38
ANEXOS	39
1- PLANILLA (elaboración propia).....	39
2 - Tablas	39
3 - Hidrogramas resultantes	40
4 - Curvas IDF Mza	43

1- INTRODUCCIÓN

En el presente Informe se describen las actividades prácticas realizadas por quien suscribe, Sandra Gabriela Berti, como alumna de la carrera de Ingeniería Civil, en la Empresa Anddes, consultora especializada en brindar servicios de Ingeniería civil, hidrología e hidráulica, ambiental, entre otros, cuyo tutor es el Ing Marcos Díaz Corvalán, gerente de dicha empresa. El período en el cual se realizó transcurrió desde el 30/05 hasta el 30/09 del año 2022.

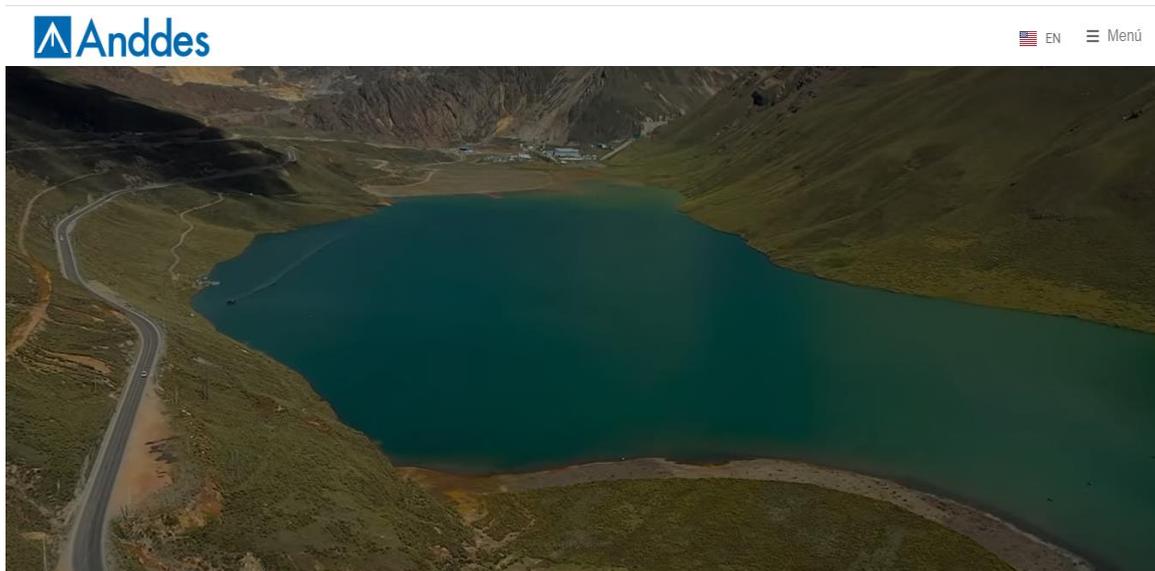
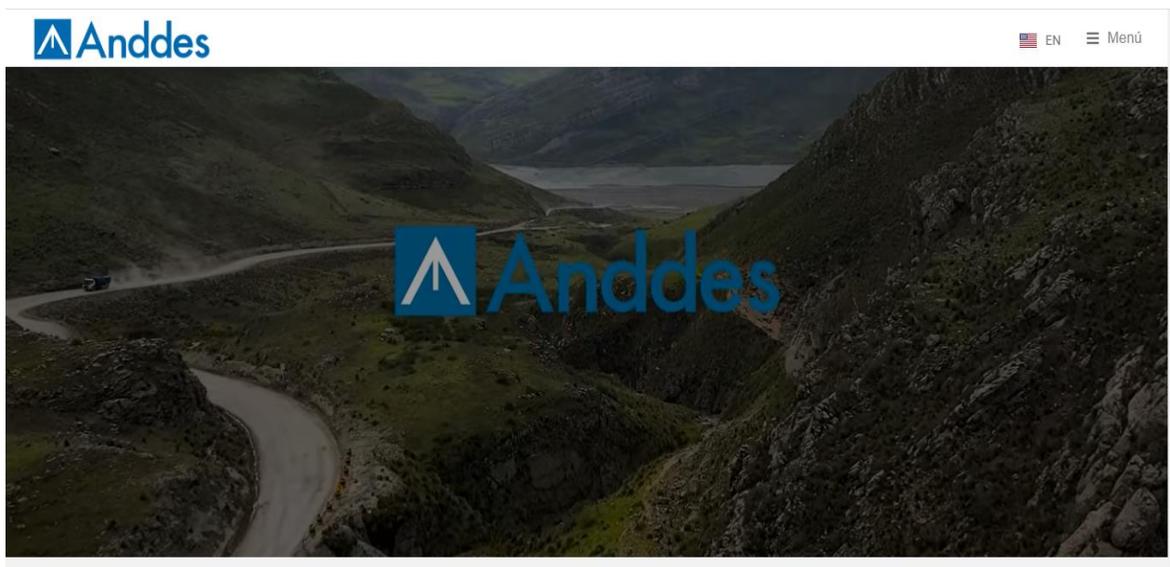
En la elaboración del presente trabajo se detallan las tareas desarrolladas en una oficina técnica, centrados principalmente en elaboración de documentación técnica (topográficos, minutas de reuniones, planillas de cálculos, tablas, exploración y manejo de Software específico, etc) y en particular se presenta el Proyecto de Mina Pirquitas, donde se visualiza de manera general lo presentado ante el cliente, SSR Mining Inc., como Ingeniería conceptual en un Informe para el diseño de Aforadores en una localidad de Jujuy, para en una etapa posterior elaborar la Ingeniería de detalle y su ejecución.

El interés del Informe radica en dar a conocer mis experiencias en la empresa, permitiendo desarrollar nuevas habilidades, en especial a lo que al manejo de software se refiere, y aplicar los conocimientos académicos adquiridos; como también la inserción en el ámbito social al integrarme a un equipo de trabajo en el cual se deben cumplir lineamientos generales establecidos en los reglamentos internos acerca de la convivencia, desempeños, comportamientos, etc, todo lo relacionado con los valores éticos y morales pretendidos en sus colaboradores.

Además se presenta a continuación, identificando a la empresa, una descripción de su organización y los objetivos de esta práctica en ella, en la que puedo destacar que ha sido un proceso de arduo trabajo pero muy enriquecedor, de aprendizajes y adaptación positivos, aportando una visión real con la inserción en el mundo laboral.

2 - DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ORGANIGRAMA

La empresa es una consultora, fundada en el año 2009, y especializada en brindar servicios de Ingeniería geotécnica, civil, hidrología e hidráulica, hidrogeología, electromecánica, minería, entre otros servicios. Dispone de un laboratorio geotécnico ofreciendo controles de calidad en Ingeniería de procesos, servicios de remediación y consultoría ambiental. Se posiciona en la región como empresa líder ya que se enmarca dentro de las normativas internacionales, estableciendo sus oficinas en diversas provincias y vinculándose con países en Latinoamérica como Perú, Chile y Brasil.



3 - OBJETIVOS GENERALES DE LA PRÁCTICA:

- Realizar actividades en Oficina/Gabinete de la Empresa que brinda un servicio profesional, en este caso, consultora de Ingeniería Hidráulica, en la cual se identifican, proponen, analizan y resuelven diversas situaciones presentadas con los recursos disponibles brindando una solución óptima por parte de un equipo interdisciplinario de trabajo.

3.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Participar, colaborar e integrar activamente un equipo de trabajo realizando tareas propias de ingeniería, específicamente en el área de Hidráulica.
- Exploración y uso de Herramientas digitales (software) en lo referente a modelación de Cuencas, analizando sus parámetros y la determinación del flujos en los cauces para estudios hidrológicos, de riesgo hídrico en zonas de posibles inundaciones, determinando caudales y en consecuencia dimensionar secciones, etc; de modo que este tipo de afectación o eventos puedan mitigarse mediante obras diseñadas y calculadas, dando alternativas en las soluciones ante los probables escenarios que puedan presentarse en el futuro.
- Elaboración de Informes conforme a la documentación, organizada de acuerdo a pautas y formatos establecidos, según lo solicitado por el cliente y/o autoridad que lo requiera conforme a la normativa vigente.
- Elaboración de una Minuta, acta de la reunión con el cliente donde queda registrados la información faltante para desarrollar el trabajo, según la necesidad para el avance de la actividad conforme a los plazos estipulados.

4 - DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD PRÁCTICA :

4.1 - Breve reseña de la actividad realizada en Gabinete

La actividad de práctica se realizó de manera continuada en Gabinete u oficina, ya que el horario establecido en la empresa es de 9: 00 hs a 18:00 hs los días lunes, miércoles y viernes, según lo definido en el Compromiso Voluntario acordado con la Universidad.

- En un comienzo se participó en la redacción de Informes, puntualmente en un Informe topográfico a modo de ambientación en las tareas de Gabinete, en colaboración con Anddes Neuquén, completando la redacción del mismo, con inserción de imágenes y organización de la información ya que requiere que se encuadre considerando un formato de tablas, tipo y tamaño de letra; planillas que deben tener un estilo tipificado también, y en cuanto al contenido se describen las actividades con los procedimientos estandarizados incluyendo al instrumental utilizado en las prácticas de campo, relevamiento con fotografías aerofotogramétricas, probetas utilizadas y su ubicación en el mapa, etc. Toda esta información fue proporcionada por Anddes Neuquén, la cual de acuerdo a

lineamientos y procedimientos de la Empresa se da respuesta a lo solicitado por el cliente.

■ Posteriormente se inicia la exploración, navegación, en cuanto al aprendizaje y uso de Software específicos del área de Hidráulica, aplicado a la modelación de Cuencas hidrográficas, para el diseño de caudales en un estudio de riesgo hídrico, cálculo de aforadores, entre otros, como por ejemplo el de Modelación de Cuencas Hec- Hms, en el cual, se analizan las cuencas del área bajo estudio, determinando sus cauces principales, analizando áreas, longitudes y cotas, para luego explorar otros Software como el Hec- Ras, en los previamente analizando los Dem, es decir los modelos digitales de elevación y su Georreferenciación e introducir los parámetros necesarios continuar con los programas mencionados anteriormente de modelación hidráulica; cabe destacar también que se utilizó el Alos palar y el Google Earth, para luego continuar con el Global Mapper, que permite delimitar las cuencas, como también el trazado de sus cauces con la información de los mismos y de esta manera introducir los datos o parámetros necesarios para trabajar en las planillas de cálculo (Excel) y establecer la Tormenta de proyecto, con sus cálculos respectivos considerando los coeficientes y factores según el suelo, infiltración, tiempo de concentración, etc., estimando y calculando las precipitaciones, sus yetogramas o Hietogramas y poder luego generar los hidrogramas en los puntos requeridos, es decir en las secciones de control donde se construirá la obra requerida por el cliente con la estimación del caudal según cálculos efectuados conformando todo lo referente a la Ingeniería conceptual, en cuyo caso y con la aprobación por parte del cliente, en primera instancia de un memorándum técnico para luego realizar la Ingeniería conceptual según la contratación, anexando cómputos y presupuestos (interviniendo el área de Civil, en esta etapa) de modo que por el trabajo realizado según las alternativas en las soluciones posibles y viables se proseguirá en una etapa posterior a la Ingeniería de detalle, si el cliente solicitara este futuro servicio.

■ Luego, con la utilización del Hec Ras, en diversos escenarios se establecen, a modo de ejemplo, posibles áreas de inundación con tiempos de retorno según corresponda dando respuesta a esta afectación con obras de defensa aluvional, en este caso, como por ejemplo diseñándose una obra de alcantarilla o un aforador para la medición de caudales y la conducción del agua para evitar dicha situación. Lo cual debieron introducirse datos de precipitaciones para el área en estudio, obteniendo los datos de las curvas IDF, considerando diversos periodos de retorno y mediante planillas de Excel se determinan los parámetros para la obtención de datos necesarios para el cálculo de los eventos desfavorables que pudieran ocurrir en un futuro incierto pero estimado en la sección de control, en este caso se adjunta en anexos la utilizada para Mendoza según el INA CRA, pero para el caso puntual del trabajo en el caso de Pirquitas no se disponen de estas curvas con lo cual debió utilizarse el Método de Bloques alternos para determinar el hietograma, además de recopilar información precedente como punto de partida, lo que se detalla en otro apartado con un análisis específico.

■ También se exploraron programas como el "Winflume", para el cálculo de aforadores, analizando todas las características de los mismos considerando escalón de fondo o no, distintas pendientes, y sus resaltos correspondientes por ejemplo, y a su vez con el software "Rapiditas"

donde también se debe disipar la energía proveniente de un canal y sus posibles soluciones variando los parámetros principales.

■ Participación en reuniones internas de la empresa, en la cual se aborda un contenido, y con la participación de conferencistas, en este caso de Anddes Perú, se analiza una metodología de trabajo en base a un caso real, como por ejemplo la forma de hacer Calicatas y el movimiento de suelos en consecuencia, depósito del material extraído, herramientas utilizadas, afectación del ambiente, etc

■ Exploración y utilización de la Base de datos SharePoint de la empresa donde se almacena toda la información disponible registrando todo lo referente a la propuesta como al Servicio a brindar por parte de la empresa y la evaluación de distintas alternativas en su oferta, interviniendo según el Servicio a contratar las áreas indicadas en el organigrama de la Empresa respetando todos los pasos y la etapas con los tiempos planificados y pactados según la magnitud del trabajo a contratar.

Se presenta a continuación una descripción de la actividad realizada del Proyecto Pirquitas, de acuerdo al modelo de Informe que presenta la Empresa:

4.2- Ejemplo de Minuta

(Registro de reunión celebrada entre las partes intervinientes del proyecto)

Nº	Descripción	Acción por	Fecha de inicio	Fecha límite	Observaciones
1	Generales Aclaración Importante: se realiza una corrección en cuanto al PM14, debe decir PM4 Información a proporcionar:	Cliente Neuquén (Apellido Nombre)	03/08	05/08	
1.1	Imágenes de vuelo aerofotogramétrico de las zonas donde emplazará los aforadores.				
1.2	Anddes solicita datos de precipitación diarios.				
1.3	Anddes solicita layout de instalaciones actuales.				
1.4	Anddes solicita estudios hidrológicos existentes .				
2	Según la información preliminar se establecieron posibles alternativas sobre el tipo de aforadores a construir.	Anddes	05/08		
2.1	Opción 1 para PM1: Aforador tipo canaleta Parshall , de geometría definida.				
2.2	Opción 2 para PM2: Aforador con escalón de fondo, debido a que producida la crecida, sería recomendable por el arrastre de partículas de gran tamaño influido por la extensión de la Cuenca.				
2.3					
2.4					

4.3- PROYECTO:

MINA PIRQUITAS

Ingeniería de diseño conceptual de Aforadores

4.3.1 - Carátula y contenido del Informe para presentar al cliente

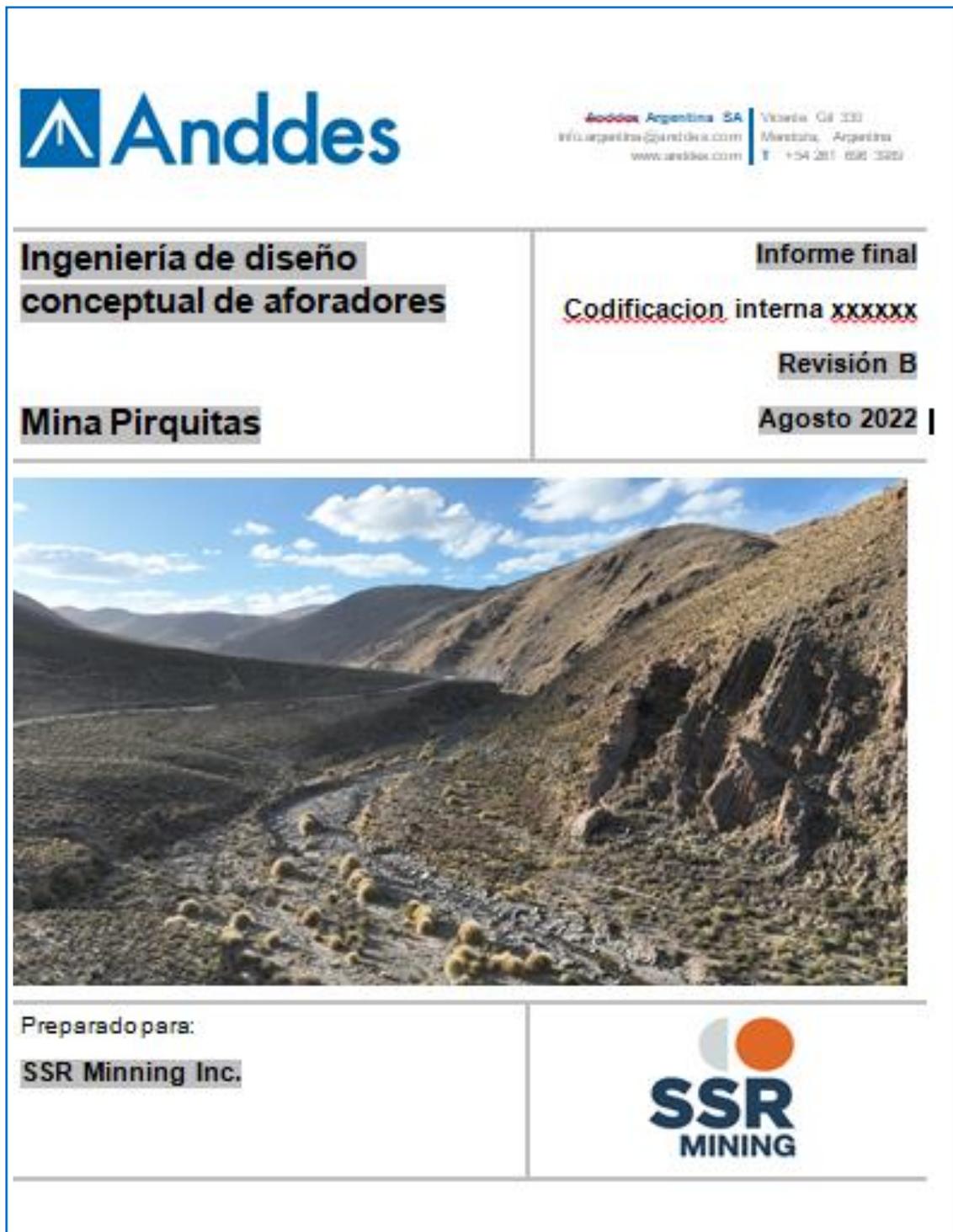


Figura 1

4.3.1. a - RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio, consiste en la evaluación de las condiciones hidrológicas y el diseño a nivel de ingeniería conceptual de dos aforadores ubicados en el área del Proyecto Chinchillas, propiedad de SSR Mining Inc. (en adelante SSR). Las secciones de aforo donde se diseñarán las estructuras de aforo, tienen la designación PM1 y PM4 de acuerdo a la información proporcionada por el cliente. En los puntos indicados, se dispone de datos de aforo que permiten tener conocimiento del rango de caudales a aforar.

El presente documento resume la información analizada y la metodología aplicada para la elección de la tipología de estructura de aforo a diseñar en cada sector y el dimensionamiento de las mismas. Adicionalmente, se realiza el cómputo y presupuesto de las estructuras diseñadas en vistas a la construcción de las mismas.

4.3.2 - INTRODUCCIÓN

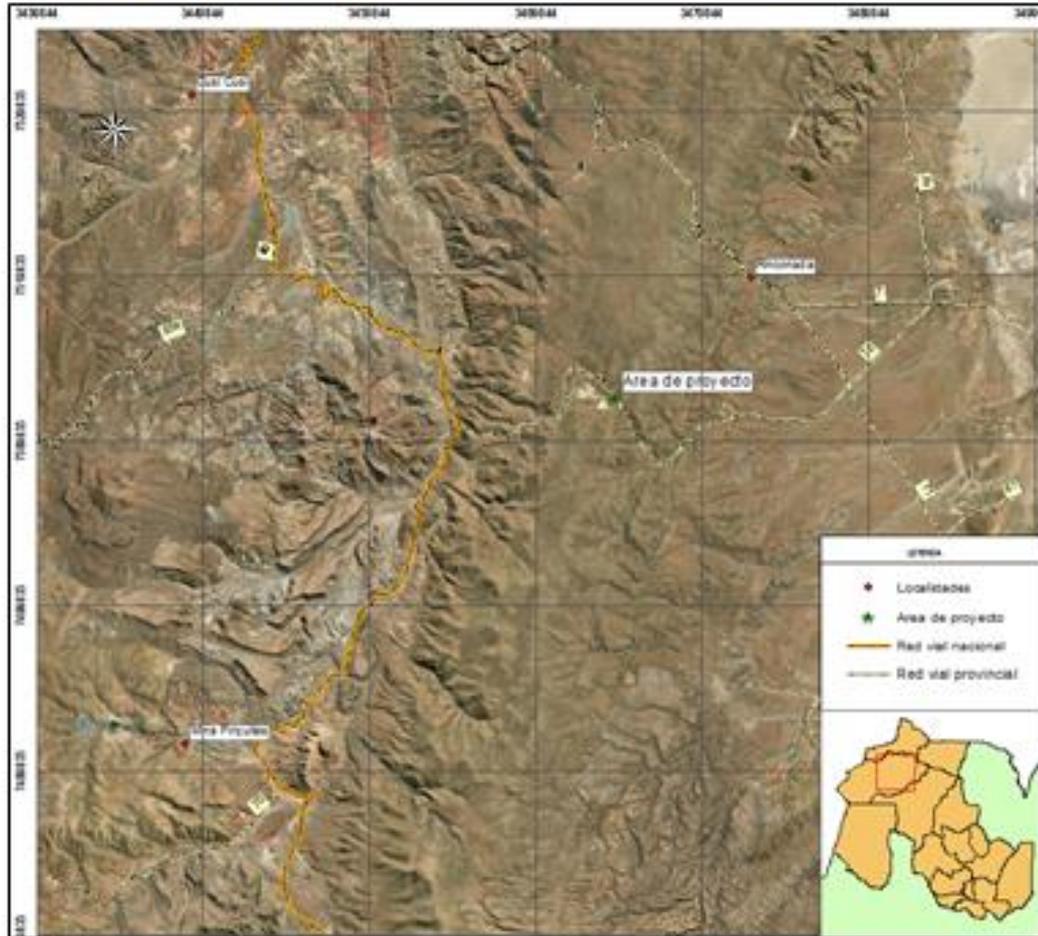
El presente estudio, tiene como objetivo la revisión de las condiciones hidrológicas de los sectores para los cuales se requiere el diseño de las estructuras de aforo.

Para su elaboración se tomó como base la documentación indicada en el apartado correspondiente de este Informe,

4.3.2.1- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE PROYECTO

El área de proyecto se encuentra emplazada en el departamento de Rinconada, provincia de Jujuy.

Figura 2.1
Ubicación del área de estudio



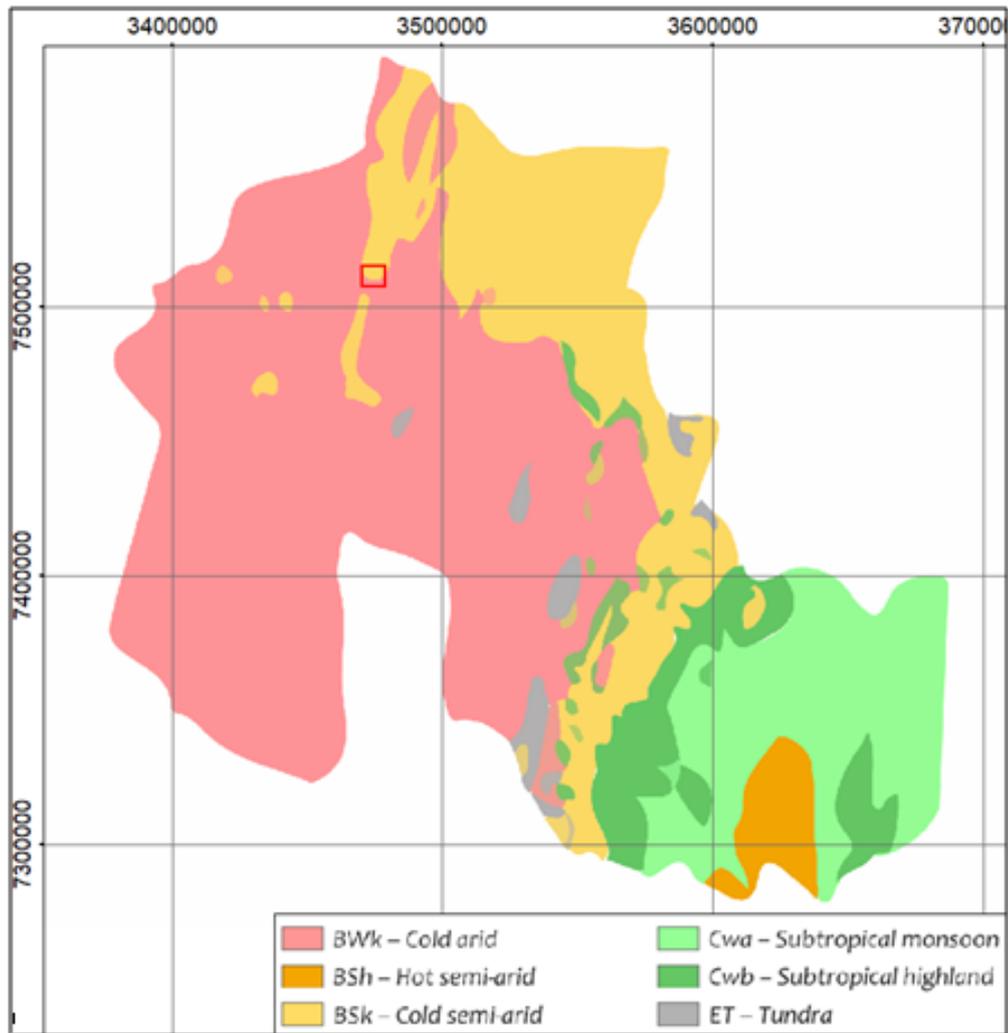
Fuente:
Elaboración propia

4.3.2.2- Clima y Relieve

Información representada en mapas que caracterizan la Zona o área bajo estudio: climatológico, precipitaciones, vegetación, suelo, hidrografía y dem de la zona en estudio.

La clasificación climática, tiene por objeto establecer tipos o zonas donde la acción de los diferentes elementos del clima, es similar o al menos con variación dentro de ciertos márgenes. Esto permite la caracterización de la región o localidad en base a variables específicas.

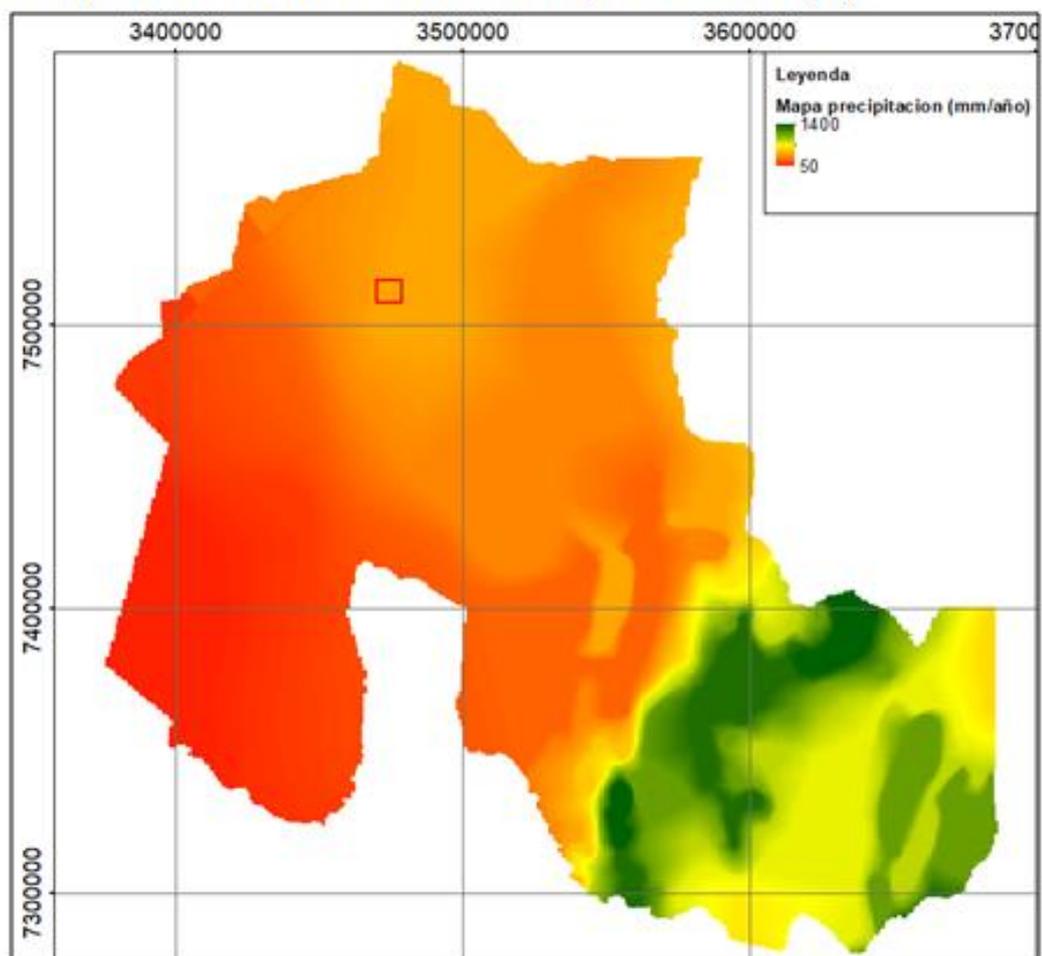
Figura 2.2
Mapa climatológico de la provincia de Jujuy



Fuente:

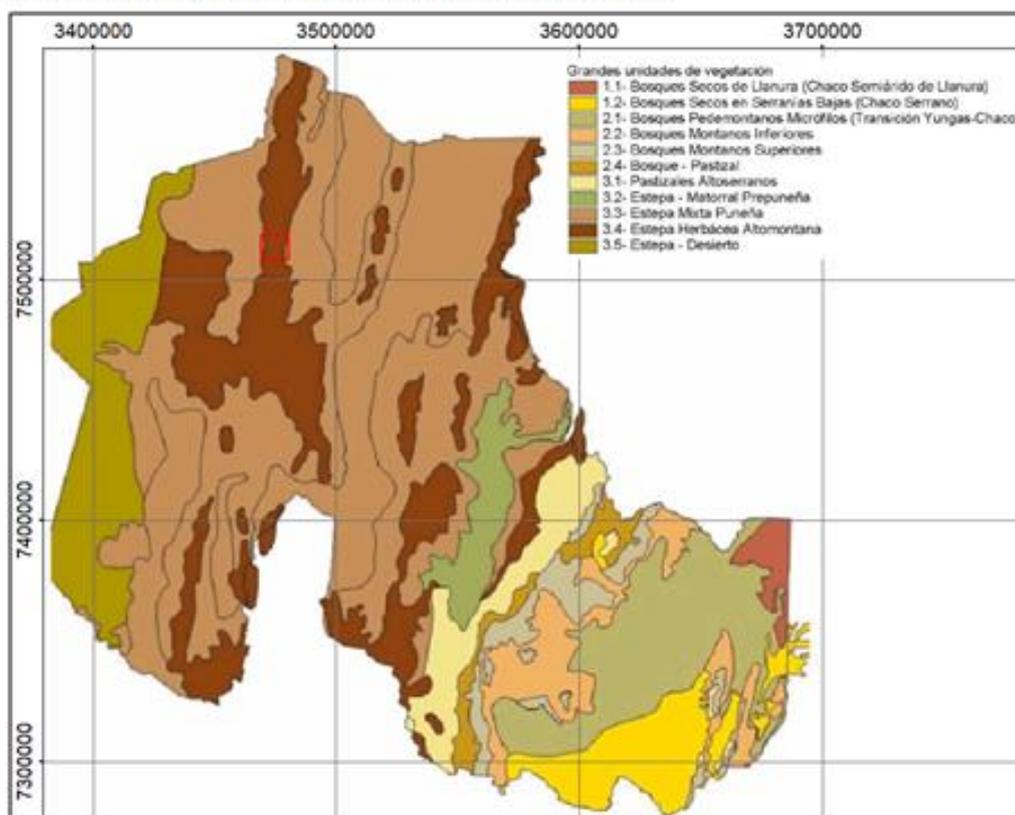
Present and future koppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution <https://www.copade.gob.ar>

Figura 2.3
Precipitaciones medias anuales de la provincia de Jujuy



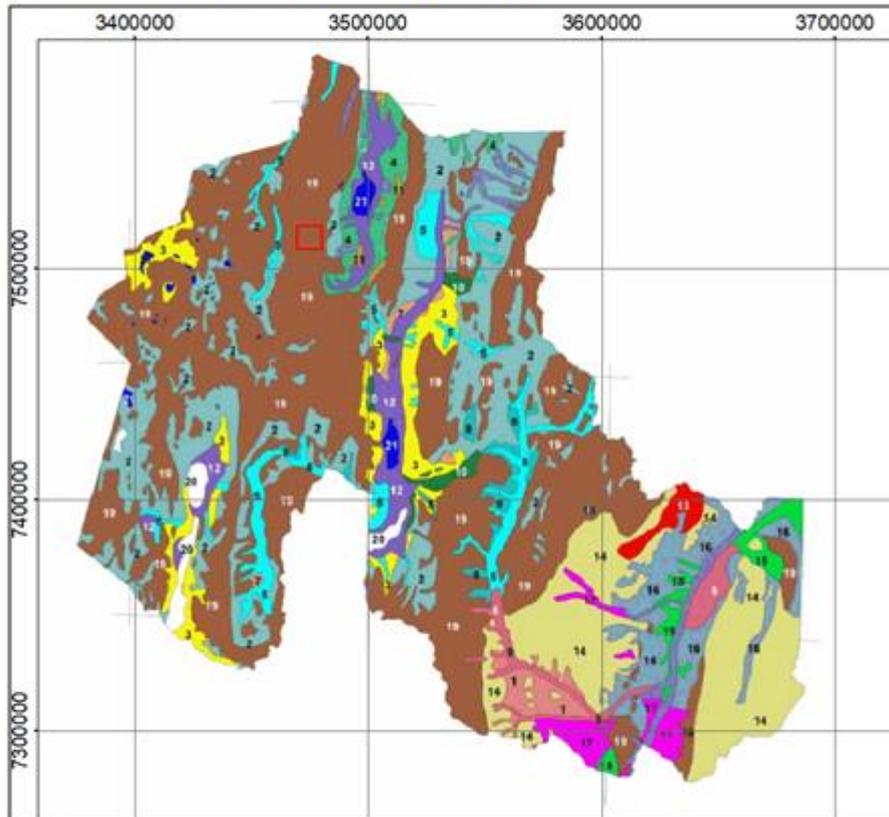
Fuente:
<http://www.geointa.inta.gob.ar/descargas/>

Figura 2.4
Mapa de vegetación de la provincia de Jujuy



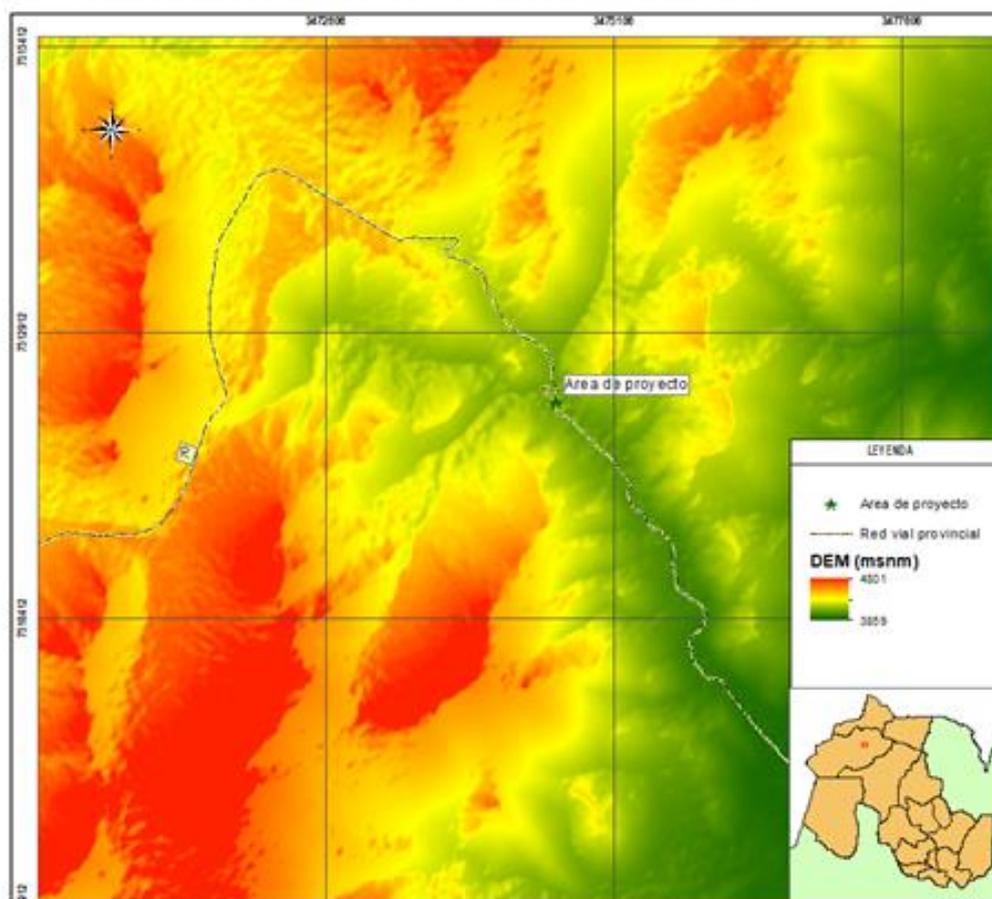
Fuente:
<http://idej.jujuy.gob.ar/institucional/>

Figura 2.5
Mapa de suelos de la provincia de Jujuy



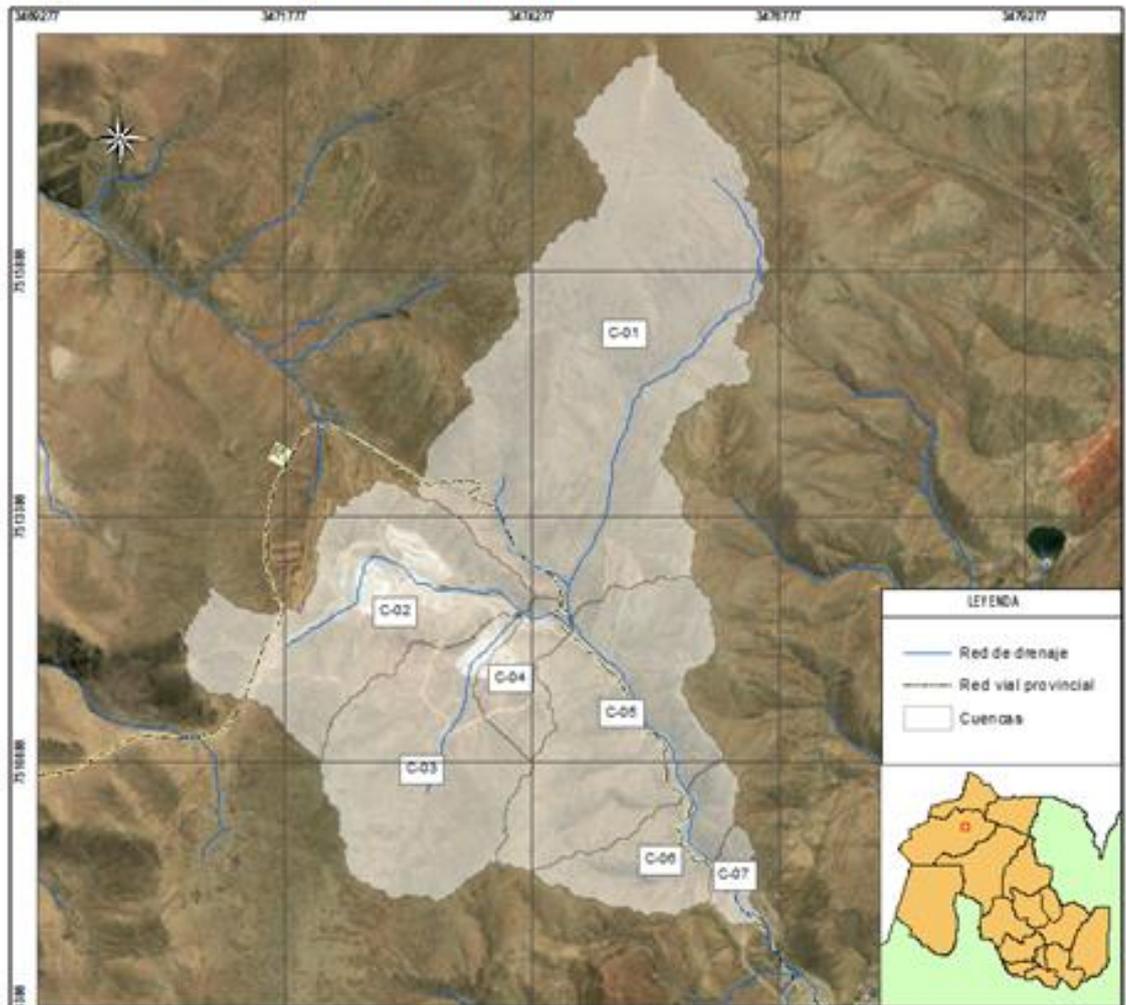
Fuente:
<http://www.geointa.inta.gob.ar/descargas/>

Figura 2.6
Modelo digital de elevaciones en el área de proyecto



Fuente:
Elaboración propia

Figura 3.1
Mapa de cuencas y red de drenaje



Fuente:
Elaboración propia

4.3.3.2- Características físicas de las cuencas delimitadas

Estas características están dadas por la topografía del área de estudio. En el presente estudio se considera:

- Alturas máximas (H_{max}) y mínima (H_{min}): se refiere a las cotas máximas y mínimas de la cuenca. Se obtienen de analizar la información del DEM con el polígono de la cuenca en GIS.
- Desnivel altitudinal, D : se calcula como la diferencia entre las alturas máxima y mínima.
- Pendiente media de la cuenca, S_m : se obtiene de analizar un mapa de pendientes contra el polígono de la cuenca en GIS.

4.3.3.3 - Tormentas de proyecto

La siguiente tabla, propuesta por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Neuquén, resume las láminas precipitadas para tormentas de 24 horas de duración para distintas localidades de la región Norte de Neuquén.

Tabla1
Intensidad de precipitación en 24 hs Proyecto Pirquitas

Precipitación máxima en 24 horas (mm)				
Estación de referencia	Periodo de recurrencia			
	25	50	100	500
Pirquitas	96,0	107,0	118,0	143,0

Fuente:

Ausenco, 2018

4.3.3.3. a - Tormentas de duraciones menores a 24 hr

Para estimar la lámina de las tormentas cuyas duraciones sean mayores a 1 hora y menores de 24 horas se aplicó el Método de Intensidad Contigua, cuya expresión es la siguiente.

$$I_D(\text{mm/h}) = 13,98 \cdot I_{24} \cdot D^{-0,83}$$

Donde:

I_D : Intensidad máxima media para la duración D y el tiempo de recurrencia adoptado.

D : es la duración en horas, con $1 < D \leq 24$ horas.

I_{24} : es la intensidad máxima media de la lluvia de 24 horas en mm/h, para el tiempo de recurrencia adoptado.

Para tormentas con una duración menor a 1h se aplicó la ecuación de Cartaya:

$$I_D = \frac{P_D}{D} = \frac{1.041D^{0.49}P_{1h}}{D}$$

Donde

I_d es la intensidad máxima media de la precipitación en mm/h para la duración D y la recurrencia estipulada,

D es la duración (igual o menor a 1 hora) y

P_{1h} es la precipitación máxima acumulada en 1 hora para la recurrencia estipulada.

a) Curvas IDF

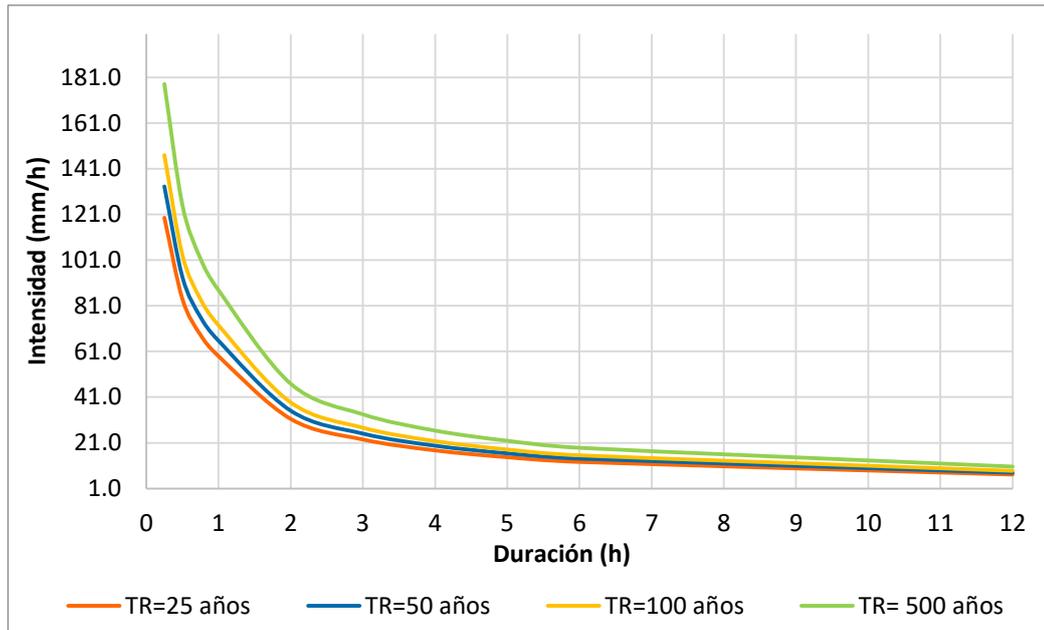
A través de la aplicación de las fórmulas, se determinaron las intensidades de precipitación para diferentes duraciones y períodos de recurrencia. De esta manera, se construyen las curvas IDF correspondientes al proyecto Pirquitas.

Tabla 2
Relaciones IDF Pirquitas

Duración	TR				
	10	25	50	100	500
0.25	55.37	119.57	133.27	146.97	178.11
0.5	38.88	83.97	93.59	103.21	125.07
0.75	31.62	68.28	76.10	83.93	101.71
1	27.30	58.96	65.72	72.47	87.83
2	14.57	31.46	35.06	38.67	46.86
3	10.40	22.47	25.04	27.62	33.47
4	8.19	17.70	19.72	21.75	26.36
5	6.81	14.70	16.39	18.07	21.90
6	5.85	12.64	14.09	15.54	18.83
12	3.29	7.11	7.92	8.74	10.59
24	1.85	4.00	4.46	4.92	5.96

Fuente:

Elaboración propia Curvas IDF Pirquitas



Fuente: Elaboración propia **Figura 5**

b) Decaimiento espacial

Las curvas altura-área-duración constituyen elementos que permiten caracterizar el decaimiento espacial de las lluvias a partir de su núcleo. En la ingeniería hidrológica estas curvas son empleadas para transferir un valor puntual (o local) de lámina precipitada a su correspondiente valor espacial. Existen ábacos que representan a estas curvas asociadas a varias duraciones. Las mismas indican el porcentaje de lluvia local a tomar como promedio sobre la cuenca.

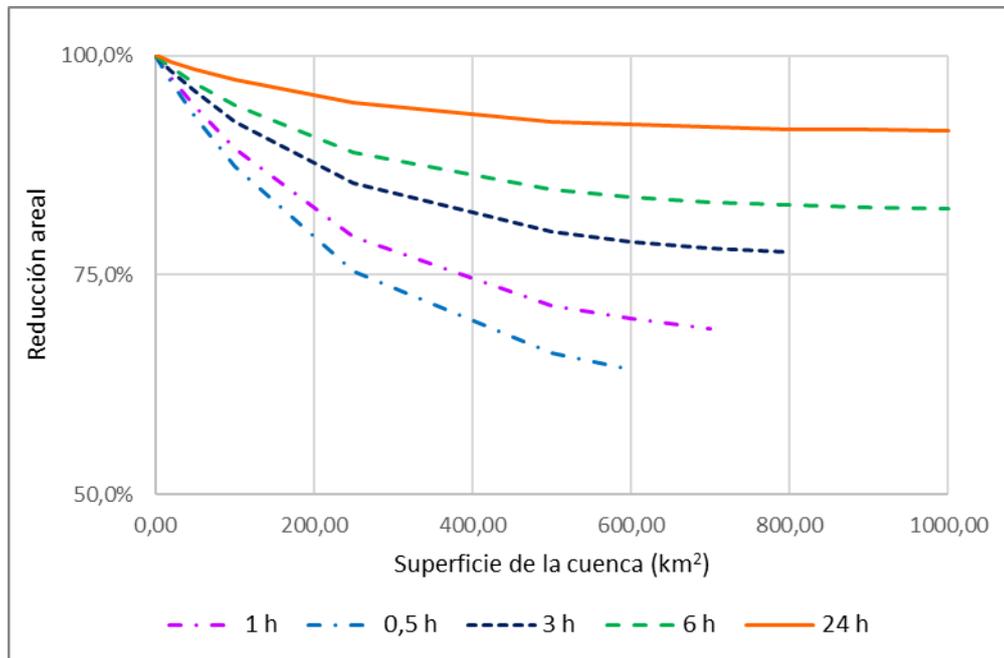
El U.S Weather Bureau (1958) dedujo un algoritmo de este tipo para cuencas situadas al este del río Mississippi, que se popularizó al ser publicado por la WMO (1983). Leclerc y Schaake (Valdés, 1981) ajustaron una ecuación polinómica a esas curvas.

La lámina media de agua precipitada en la cuenca dependerá de la superficie de ésta y de la duración de la precipitación aplicada.

$$F = 1 - e^{-1.1 \cdot D^{0.25}} + e^{(-1.1 \cdot D^{0.25} - 38.61 \cdot 10^{-4} \cdot A)}$$

Las curvas obtenidas a partir de la aplicación de esta ecuación se presentan en la siguiente figura.

Figura 6
Decaimiento espacial de precipitación para distintas duraciones de tormenta



Fuente:

Leclerc y Schaake, 1972

c) Método CN para el cálculo de las pérdidas por infiltración

En apartados previos se han analizado las características del área en lo que se refiere a vegetación, cobertura vegetal, suelos y geomorfología.

Para la determinación de los coeficientes de escurrimiento de las cuencas se ha utilizado la metodología de Número de Curva CN del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos, ampliamente difundida y aplicada a nivel internacional y local.

Esta se basa en analizar los tres factores fundamentales que inciden en la capacidad de retención o escurrimiento de una cuenca:

- Características del suelo
- Características de la cobertura vegetal
- Condición de humedad del suelo

La combinación de estos tres factores origina el llamado "CN" o número de curva, que es el coeficiente de escurrimiento, el cual puede tomar valores entre 1 y 100 (100 = máximo potencial de escurrimiento, es decir, todo lo que precipita escurre).

Debe tenerse en cuenta que, desde el punto de vista hidrológico, el concepto de suelo no es aplicable en sentido estricto. A efectos de determinar las pérdidas por infiltración se asume como tal a toda la cubierta superior del terreno más o menos permeable, capaz o no de soportar vegetación, incluyendo rocas diaclasadas y fragmentadas.

Este parámetro es compatible con la mayoría de los modelos hidrológicos determinísticos de eventos aislados o continuos, lo que lo convierte en una excelente herramienta para la modelación hidrológica. Además, ha sido usado en numerosos estudios en la zona andina y ha sido calibrado en varias cuencas, previa adaptación a las características de la geomorfología y de la vegetación local, ya que originalmente fue desarrollado para zonas rurales y suburbanas.

Su principal ventaja la constituye la simplicidad de las estimaciones y la posibilidad de síntesis que brinda. En efecto, clasifica los suelos en sólo cuatro grupos A, B, C y D, en orden creciente de potencial de escurrimiento. La cobertura se analiza en función del tipo (arbórea, arbustiva, herbácea, mantillo, etc.) y el grado de cobertura.

Luego se determinan los complejos suelo – cobertura por combinación de los grupos hidrológicos de suelo con la cobertura vegetal y finalmente se determina la “Condición de Humedad Antecedente” (CHA) entre tres niveles posibles que van de I (suelo seco) al III (suelo saturado).

Otro parámetro que se tiene en cuenta es la abstracción inicial, que contempla las pérdidas por interceptación, y que se calcula con base en la siguiente expresión de origen empírico:

$$I_a = \left[\frac{25400}{CN} - 254 \right]^{0.55}$$

Como se ha dicho, el valor del parámetro número de curva para condiciones medias de humedad en el suelo depende del uso del suelo, las características hidrológicas, la pendiente del terreno y el tipo de suelo.

Los valores de CN adoptados para las cuencas delimitadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3
Valor de CN determinado para las cuencas

Código de área de aporte	Número de curva
C-01	74
C-02	74
C-03	75

Código de área de aporte	Número de curva
C-04	74
C-05	74
C-06	73
C-07	73

Fuente:

Elaboración propia

PARÁMETROS														
Pto	Cuenca	AREA (m2)	AREA(KM2)	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	LONGEST (km)	LONGEST (m)	COTA MAX	COTA MIN	COTA MEDIA	PENDIENTE CURSO	FACTOR DE FORMA	C. COMPACIDAD	F. DE CIRCULARIDA
1	C-01	10918000.0	10.918	22539.0	22.54	5.91	5910	4,673.6	4,088.7	4,381	0.099	0.31	1.91	0.27
2	C-02	4524000.0	4.524	14568.0	14.57	3.49	3485	4,368.8	4,098.8	4,234	0.077	0.37	1.92	0.27
3	C-03	3978000.0	3.978	12194.0	12.19	2.67	2672	4,421.2	4,098.8	4,260	0.121	0.56	1.71	0.34
4	C-04	872000.0	0.872	6097.0	6.10	0.58	584	4,098.8	4,062.0	4,080	0.063	2.56	1.83	0.29
5	C-05	4214000.0	4.214	12670.0	12.67	2.16	2161	4,062.0	3,973.0	4,018	0.041	0.90	1.73	0.33
6	C-06	1526000.0	1.526	7988.0	7.99	1.02	1024	4,160.3	3,936.9	4,049	0.218	1.46	1.81	0.30
7	C-07	359200.0	0.359	3669.0	3.67	0.86	865	3,936.3	3,909.5	3,923	0.031	0.48	1.71	0.34

d) Hietogramas

Ante la ausencia de registros pluviográficos de precipitaciones en el área de proyecto, se recurre a la aplicación del método de bloques alternos para deducir los hietogramas de precipitación para diferentes duraciones de tormenta utilizando como base las ecuaciones de las curvas IDF obtenidas en la sección 0.

La duración de las precipitaciones aplicadas se define en función del tiempo de concentración de las cuencas modeladas teniendo en cuenta que, para una cuenca dada, el mayor caudal pico se obtiene para una precipitación de duración igual al tiempo de concentración de la misma.

En función de lo indicado, se definieron los hietogramas a aplicar a cada cuenca.

e) Aplicación del modelo HEC-HMS

La aplicación del modelo HEC-HMS se realiza adoptando para el modelo de cuenca (Basin Model) una topología de cálculo independiente para cada cuenca aluvional identificada, el Método del Número de Curva (índice CN) para la estimación de las pérdidas de precipitación, el Método del SCS para la transformación de lluvia-caudal y sin considerar el flujo base o subterráneo, dado que interesa conocer el flujo superficial que es el que aporta mayor volumen de agua en una crecida aluvional.

Para el modelo de precipitación (Meteorologic Model) se utilizan los hietogramas generados con el método de bloques alternos para la duración de tormentas de proyecto adoptadas para cada una de las recurrencias

establecidas.

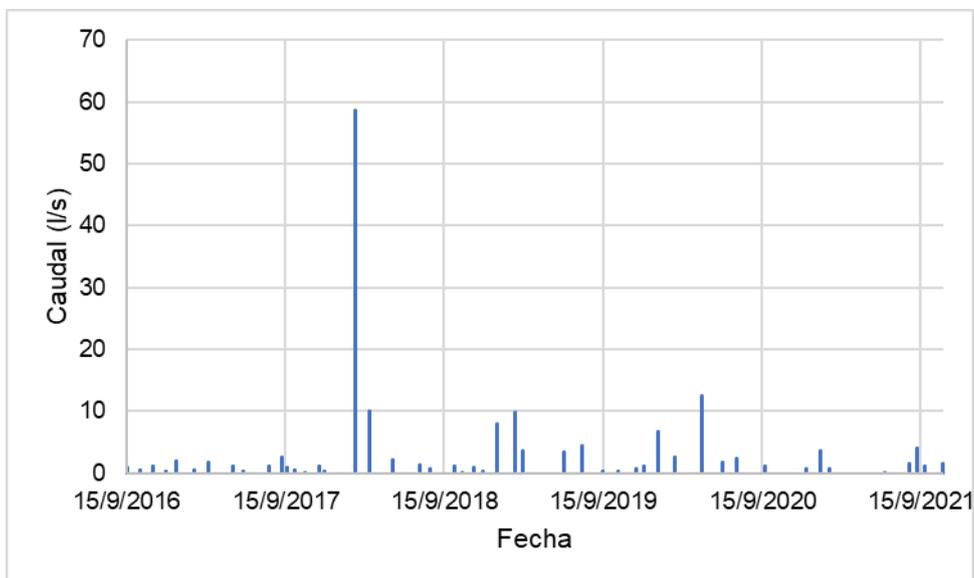
f) Cálculo de caudales

Con los parámetros de ingreso que se definieron con anterioridad, se procede a iniciar la simulación a través del modelo HEC-HMS y se obtienen los resultados para las cuencas analizadas.

g) Diseño de secciones de aforo

A continuación, se presentan los datos aforados en los puntos PM1 y PM4, de acuerdo a los datos obtenidos del informe 14393504IF-0 Informe Balance de Aguas Chinchillas 2021 Completo, elaborado por Knight Piesold en 2021.

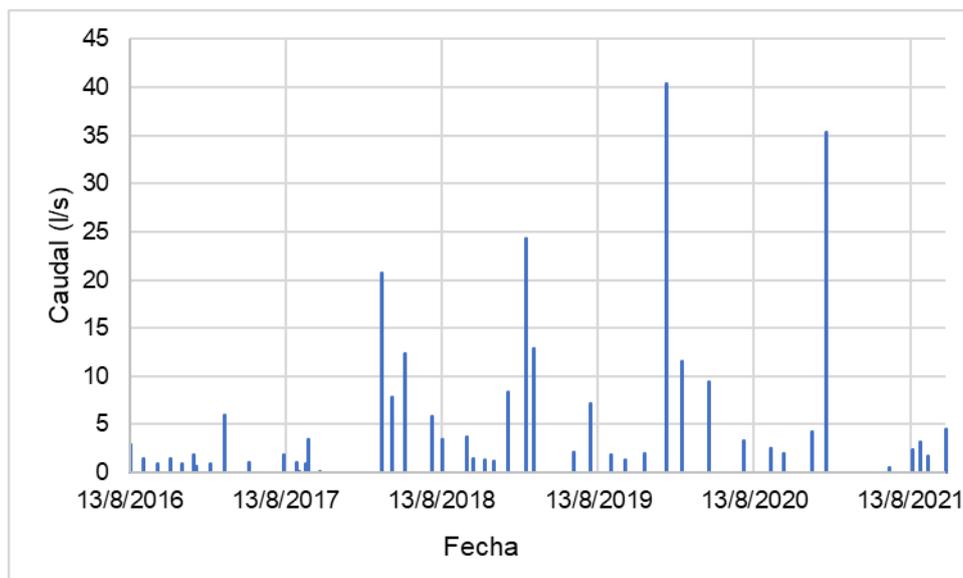
Caudales aforados en el punto PM1 Figura 7.a



Fuente:

Knight Piesold, 2018.

Caudales aforados en el punto PM4 Figura 7.b



Fuente:

Knight Piesold, 2018.

5.0 - RESULTADOS OBTENIDOS: DISEÑO SECCIONES DE AFORO

5.1) Estructura de aforo PM1

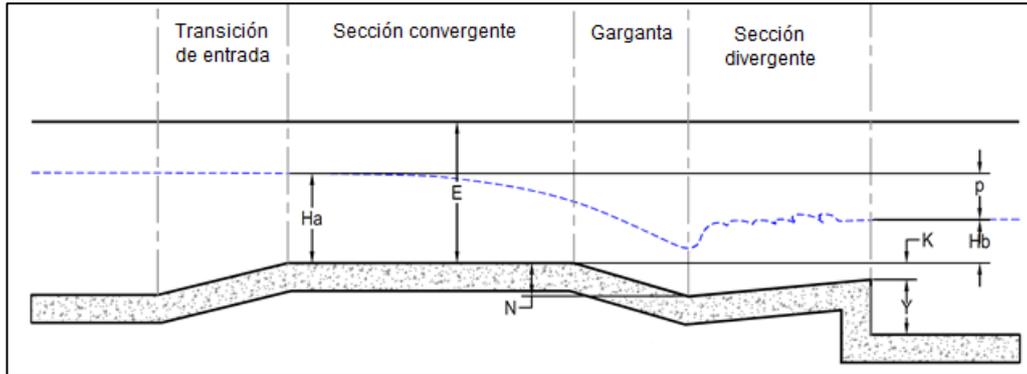
El punto de aforo designado como PM1, presenta caudales de aforo entre 0,1 y 60 l/s.

Si bien se han delimitado cuencas de aporte ubicadas aguas arriba de este punto, no se consideran caudales resultantes de la modelación hidrológica de las mismas debido a que dichas cuencas se encuentran intervenidas y presentan una gran cantidad de obras que modifican el comportamiento de los flujos. Tales obras consisten en open pit, piletas, canales de derivación, etc.

Se propone la construcción de un aforador tipo Parshall para la medición de caudales, ya que este tipo de aforadores presenta la ventaja de permitir la determinación del caudal a partir de la medición de la altura del flujo en la garganta del mismo. Además, por tratarse de un elemento que permite el flujo libre, no presenta obstrucciones en la sección y evita problemas de sedimentación ya que la velocidad del flujo se eleva por encima de la velocidad de aproximación.

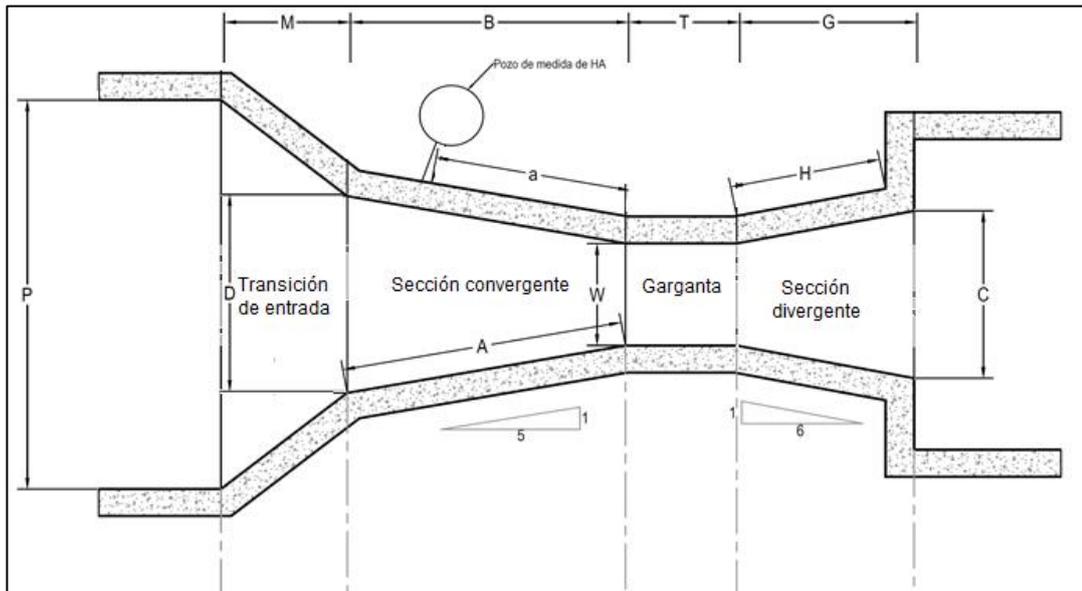
Esta obra deberá contar con una precisión suficiente que permita la medición de caudales de menor magnitud. En la siguiente figura se muestran las diferentes zonas del aforador y la ubicación de los distintos parámetros de acuerdo a las tablas de dimensionamiento.

Figura 8.a
Partes del aforador Parshall (perfil)



Fuente:
Elaboración propia

Figura 8.b
Partes del aforador Parshall (planta)



Fuente:
Elaboración propia

Para el dimensionamiento hidráulico del aforador Parshall, se considera que el mismo trabajará en condiciones de derrame libre. Se utilizaron las tablas pertenecientes a *Design of Small Canals Structures - Bureau of Reclamation* utilizando como dato de ingreso, los valores de caudal de diseño para la obtención de los distintos parámetros geométricos del aforador, siendo el primero y principal el ancho de garganta (W). Dimensiones del aforador tipo Parshall se pueden observar las medidas adoptadas y los resultados obtenidos para el caso en estudio en la que se obtienen los caudales mínimos y máximos para el ancho de garganta adoptado.

La canaleta será construida de H°A° prefabricado para su posterior montaje en obra.

Como resultado del dimensionamiento y calibración del aforador, presentado en el se obtiene la curva de calibración del aforador a partir de la cual se calculan los caudales de escorrentía en función de la altura medida.

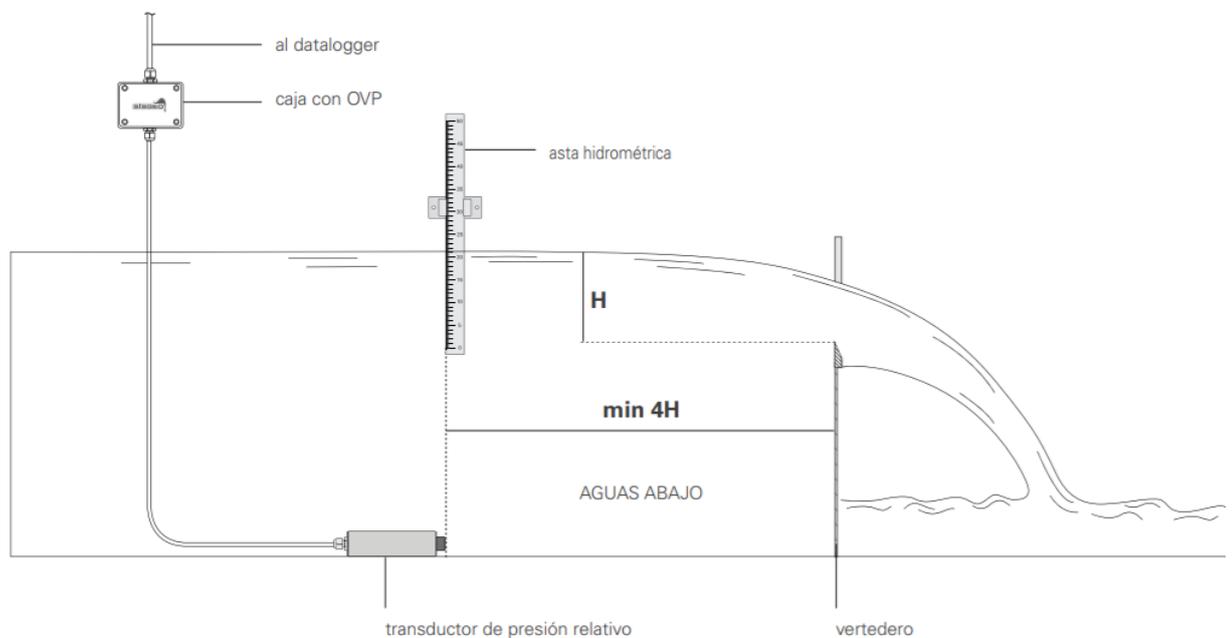
La única medida de carga H necesaria para conocer el caudal, se hace en la sección convergente (H_a), en un punto que se localiza a 2/3 de la dimensión B o a 2/3 de A.

En este punto se mide el tirante de agua con una escala para lecturas instalada junto a la pared.

$$H_a = \left[\left(\frac{Q}{m} \right)^{1/n} \right]$$

Elemento de medición:

Se colocará un transductor de presión para la medición del nivel de agua, conectado mediante cableado cuya longitud será de aproximadamente 2 m ventilado, a una caja de unión que consta con 3 niveles de protección para sobre voltajes, también mediante extensión se conectará a un datalogger para la gestión automática de los datos y alertas.



- El punto de medición de la cabeza de agua “H” será una mínima distancia de cerca 4H desde el vertedero;

- Asegurarse que el aire debajo del flujo de agua el cual fluye inmediatamente luego del vertedero, esté en contacto con la presión barométrica (no crear una cámara cerrada);
- La posibilidad de que materiales sólidos se acumulen y depositen debajo del equipo de medición debe ser tomada en cuenta. El acumulo de sedimentos podría afectar la confiabilidad de las mediciones, motivo por el cual los sedimentos deberán ser limpiados regularmente;

Estructura de aforo PM1 El punto de aforo designado como PM1, presenta caudales de aforo entre 0,1 y 60 l/s en un GENERAL Memorándum técnico 1404.20.03-11-100-10-MTE-001 Revisión B Fecha : 02-09-22 SIG AND 10-AND-00-FOR-0002 / R1 / 28-09-21 Ingeniería de diseño conceptual de aforadores Página 4 SSR Minnig Inc. - Unidad minera Mina Pirquitas Agosto 2022 periodo de 5 años de mediciones.

Desde el punto de vista hidrológico, si bien se han delimitado cuencas de aporte ubicadas aguas arriba de este punto, no se consideran caudales resultantes de la modelación hidrológica de las mismas debido a que dichas cuencas se encuentran intervenidas y presentan una gran cantidad de obras que modifican el comportamiento de los flujos. Tales obras consisten en open pit, piletas, canales de derivación, etc. Por tal motivo, se considera que los caudales normales a aforar, son provenientes del mismo sistema de mina, y por razones de seguridad se establece como rango de caudales normales **0,1 l/s a 140 l/s**. Para este rango de caudales se propone la construcción de un aforador tipo Parshall, ya que este tipo de aforadores presenta la ventaja de permitir la determinación del caudal a partir de la medición de la altura del flujo en la garganta del mismo. Además, por tratarse de un elemento que permite el flujo libre, no presenta obstrucciones en la sección y evita problemas de sedimentación ya que la velocidad del flujo se eleva por encima de la velocidad de aproximación. La determinación de los caudales se obtiene de la calibración de una curva de relación h-Q o curva limnimétrica, a continuación, se presenta un ejemplo de este tipo de curvas. Figura 2.4 Curva H-Q Fuente: Elaboración propia A continuación, se presentan una planimetría con la ubicación tentativa de la sección de aforo, GENERAL Memorándum técnico 1404.20.03-11-100-10-MTE-001 RevisiónB Fecha : 02-09-22 SIG AND 10-AND-00-FOR-0002 / R1 / 28-09-21 Ingeniería de diseño conceptual de aforadores Página 5 SSR Minnig Inc. - Unidad minera Mina Pirquitas Agosto 2022 que deberá ser confirmada en un nivel de ingeniería posterior con un relevamiento topográfico de detalle del sector.

En este caso se ha utilizado una imagen satelital que no se encuentra actualizada y posee una baja resolución.

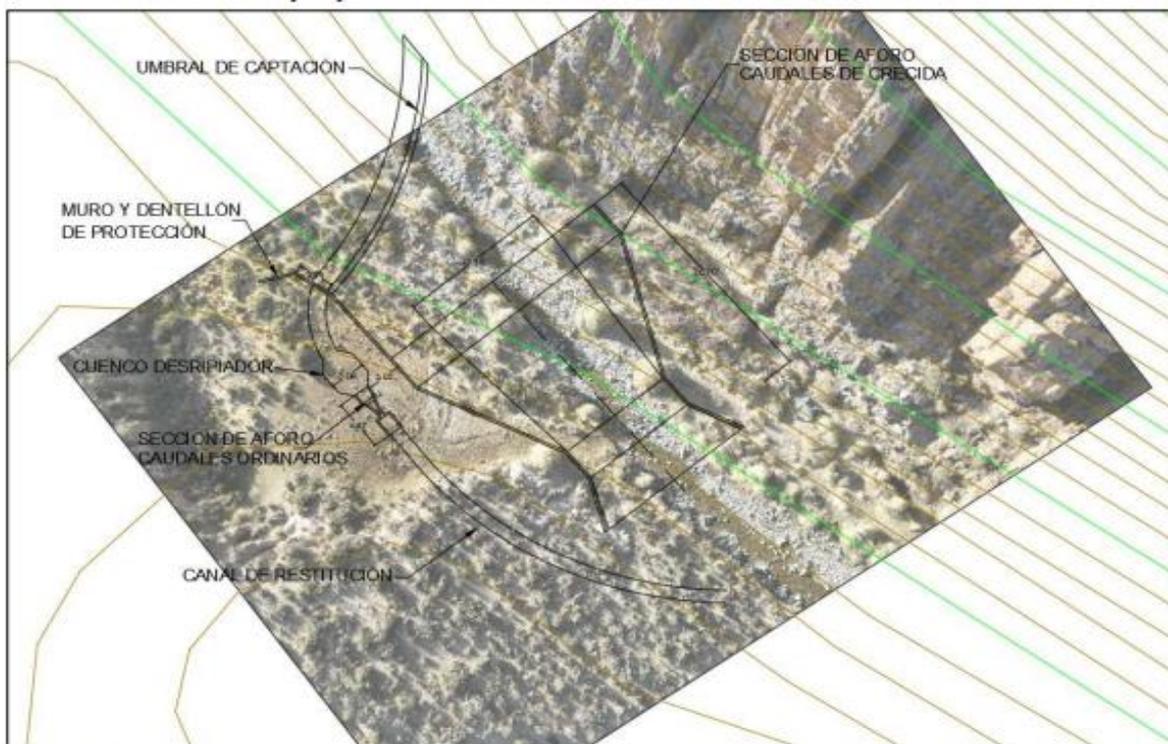
5.2) Estructura de aforo PM4

En el caso del punto de aforo PM4, el rango de caudales aforados, de acuerdo a la información provista por el cliente es de entre 0,1 y 40,5 l/s. La sección de aforo se encuentra aproximadamente a 3 km aguas abajo del punto de aforo PM1, y recibe el aporte de cuencas con una superficie significativa que no se encuentran afectadas o intervenidas por obras relacionadas con las labores mineras.

Por esta razón es necesario tener en cuenta que la sección hidráulica del cauce reciba esporádicamente caudales de crecida resultantes de la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias. En este sentido, la estructura de aforo debe ser construida de manera tal de evitar la incidencia y reducir al máximo las posibilidades de daños como resultado de las crecidas aluvionales. Para poder medir adecuadamente los caudales en el rango proporcionado por el cliente, se propone materializar un desvío en el cauce principal, mediante la construcción de un escalón de fondo que permita la derivación de dichos caudales y el paso de caudales superiores para minimizar el impacto de crecidas en la estructura de aforo. Los caudales de crecida, del orden de 50 m³/s, pueden ser medidos sobre la traza del cauce principal mediante la construcción de una estructura de aforo más robusta.

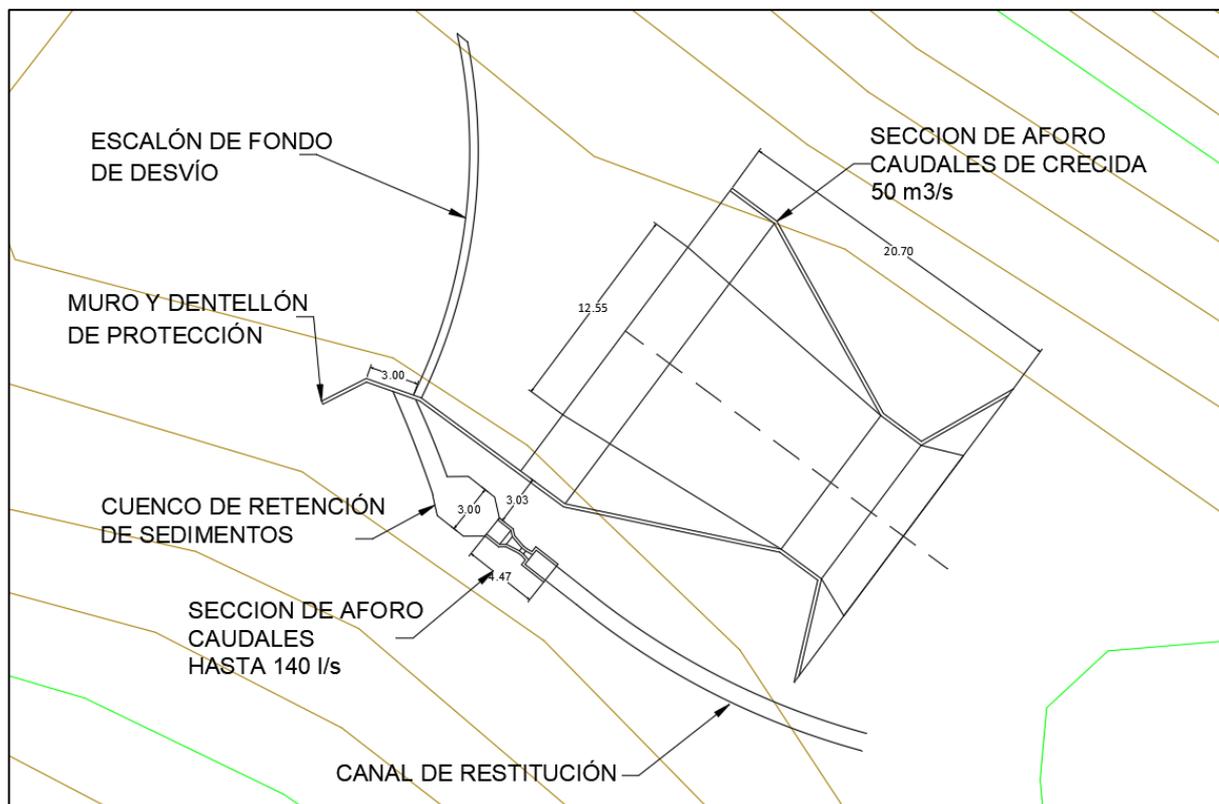
Debido a la similitud del rango de caudales a aforar en los puntos PM1 y PM4, se propone la ubicación de una canaleta Parshall de iguales dimensiones en ambos casos. En la siguiente figura se puede apreciar una planimetría con la ubicación propuesta de las obras descriptas en la sección de aforo PM4.

Planimetría de obras propuestas en sección de aforo PM4



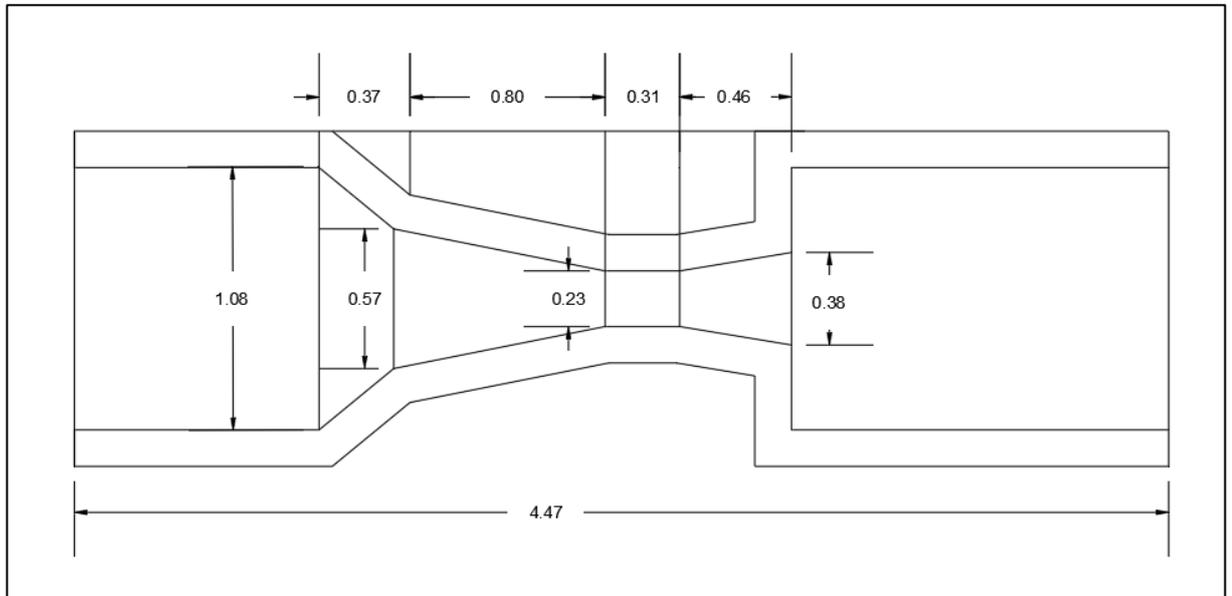
Fuente:
Elaboración propia

Figura 9 a y 9 b
Planimetría de obras propuestas en sección de aforo PM4



Las dimensiones de la canaleta Parshall dimensionada para el PM1 y PM4 se presentan en la siguiente figura.

Dimensiones de canales Parshall PM1 Y PM4 Figura 10



5.3 - Conclusiones y recomendaciones

Para avanzar a la siguiente fase de ingeniería de las obras propuestas, será necesaria la ejecución de estudios topográficos de detalle en los sitios de implantación de las obras. En función de esta información se podrá hacer un análisis de costos que incluya el movimiento de suelo asociado a la construcción de las estructuras de aforo, con una mayor precisión, al reducir la incertidumbre en relación su ubicación.

SIG AND		10-AND-00-FOR-0002 / R1 / 02-09-22	
Nombre del Proyecto	Ingeniería Fases TA y Fase TB - Etapa II	Código del Proyecto	137344322
Cliente	Minera Andina del Sol SRL	Elaborado por	E. Diaz Masa
Ubicación	Provincia de San Juan, Argentina	Revisado por	M. Toledo

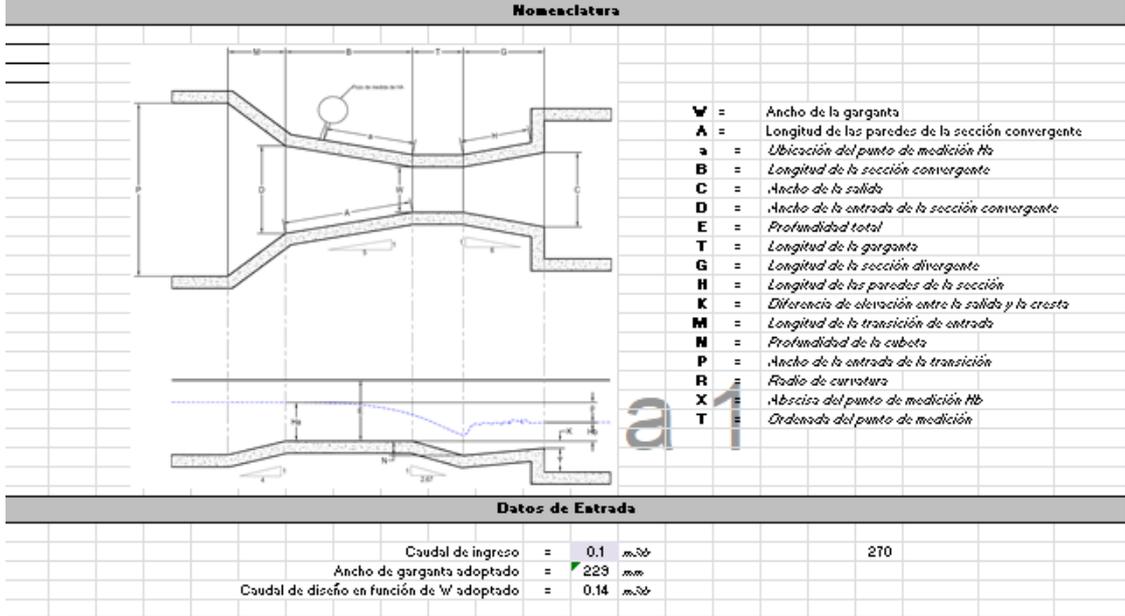


Figura 11 Planos tipo del proyecto, adjuntados en anexo para el cliente.

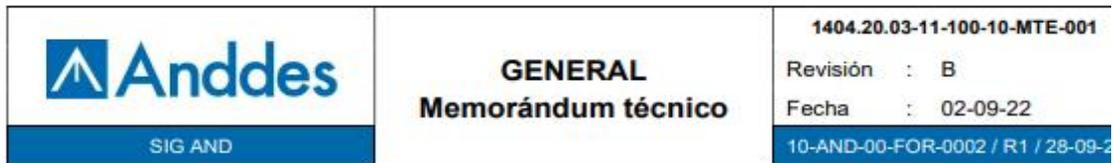


Figura 2.10
Esquema de aforador y ubicación del pozo de aforo.



Planimetría de obras propuestas en sección de aforo PM1



Fuente:

Elaboración propia

Esta obra deberá contar con una precisión suficiente que permita la medición de caudales de menor magnitud. En la siguiente figura se muestran las diferentes zonas del aforador y la ubicación de los distintos parámetros de acuerdo a las tablas de dimensionamiento.

Figura 12 Diseño en planta del aforador

6 - CONCLUSIONES SOBRE ASPECTOS PROFESIONALES Y LABORALES

En cuanto a Fortalezas puede mencionarse que desde la Empresa siempre estuvo la excelente predisposición y acompañamiento para llevar adelante la Práctica, como también el apoyo y asesoramiento en todo momento del equipo del área de Hidráulica, siempre cordial en un ambiente de respeto y compañerismo, potenciando el desarrollo personal y la inclusión, sin condicionamientos por parte de la Empresa, fomentando los valores éticos y morales de todos sus colaboradores, siendo una de sus premisas; y además debo destacar la flexibilidad en el cumplimiento de los horarios en el trabajo, para realizar las actividades ya que en algunos momentos debía cumplir con obligaciones en la asistencia del cursado de las materias debido a la readmisión, y en cuanto a las debilidades, destaco en relación a mi situación personal, es que debido al alejamiento temporal en relación a los conocimientos teóricos adquiridos y los problemas que se deben solucionar en

la vida real presentados, es por lo tanto que la adaptación repentina al ambiente dedicado a tareas de Ingeniería exclusivamente, es que lo considero como una nueva oportunidad para continuar aprendiendo, revisando y afianzando conceptos de Hidráulica estudiados hace algún tiempo y también como la adquisición en el aprendizaje puntual del manejo del software específico y en inglés, es que requiere un tiempo considerable y continuado para lograr un manejo básico, el cual entendiendo que es un proceso que lleva bastante práctica debo capacitarme progresivamente, ya que éste ha sido el inicio, para insertarme en la actividad profesional en un futuro cercano.

7 - COMENTARIOS PERSONALES

Haciendo referencia al clima de trabajo, se destaca la colaboración entre distintas áreas ya que al encararse proyectos con objetivos determinados, es que intervienen varias disciplinas como civil, hidráulica, gestión de proyectos, Medio ambiente, geotecnia, etc , lo que se ve reflejado en las pausas o recreos donde a la hora del almuerzo se comparten momentos de charlas y en algunos casos celebraciones o festejos por parte de la empresa hacia su personal, dejando por momentos el trabajo formal, generando un ambiente distendido, de confianza y ameno entre todos los colaboradores y personal sin distinción de jerarquías.

8 - RECOMENDACIONES PARA FUTURAS PRÁCTICAS Y TRABAJOS

A modo personal, considero que la experiencia incorporada tanto en lo profesional, debido a la práctica en sí misma, resolución de situaciones en problemas hidráulicos de diversa índole y en lo personal de formar parte de un equipo de trabajo, es que posibilitan y fomentan la confianza, disposición y capacidad de la puesta en práctica de conocimientos adquiridos entre otros tantos valores de un modo previo, aprendiendo y siendo guiados, lo que sin dudas fortalecen al alumno para luego afrontar desafíos y tomar decisiones en un futuro cercano en el rol profesional, y en este caso particular, por las características de la empresa, que de modo continuo apuesta a temas estratégicos en lo referente recursos hídricos, mineros, metalíferos, y ambientales (remediación) entre otros, es que sería muy conveniente la inclusión y difusión en el alumnado para incorporarse, aunque sea de modo temporario, en este tipo de consultoras o empresas, ya que la problemática actual en la optimización de recursos naturales como el agua, los minerales, entre otros, y por sus características (escasez, vitalidad, usos adecuados) deben ser bien aprovechados y atender a la problemática de la contaminación

con adecuados controles según disposiciones reglamentarias que hacen a la mejor calidad de vida y cuidado del entorno, como también en todo lo referente a la mitigación o control de crecidas, inundaciones, etc; problemas propios la Ingeniería Hidráulica. Por lo tanto la capacitación continuada de técnicas y procedimientos junto a la innovación y aprendizaje permanente apuntan a lograr el objetivo de profesionales íntegramente capacitados en estos temas que afectan a la sociedad en general.

9 - AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. Marcos Díaz Corvalán, por integrarme a su empresa y equipo de trabajo en el área de Hidráulica y ofrecerme la posibilidad de tener una visión práctica en los problemas reales y plantear soluciones viables, como también, en lo social, compartir experiencias cotidianas con sus colaboradores.

Al Ing. Alejandro Cantú, por realizar el seguimiento y brindar respuesta cordial en todo momento.

Al Ing. Jorge Ibañez por brindarme alternativas en las propuestas de práctica.

10 - BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

Bibliografía de base para la elaboración del Informe Minas Pirquitas.

- 14393504IF-0 Informe Balance de Aguas Chinchillas 2021 Completo. Knight Piesold, enero
- ARVC00102410-01-INF-700-02, Proyecto Chinchilla
- Caminos Internos y Obras Civiles para Manejo de Aguas Obtención de Lámina de Lluvia y Hietograma Modelo, Ausenco, septiembre, 2018.

Incluyen recursos utilizados (Software)

- **Global Mapper**
- **Google Eart**
- **Alos Palsar**
- **Hec Hms**
- **Hec Ras**
- **Winflume**
- **Rapiditas**

40 ManualHMS.pdf

- http://fing.uncu.edu.ar/catedras/hidrologia_i/2017/h1_17_tpn9/CRA-IDF%20Mendoza%20INA_2008.pdf

ANEXOS:

1- PLANILLA (elaboración propia)

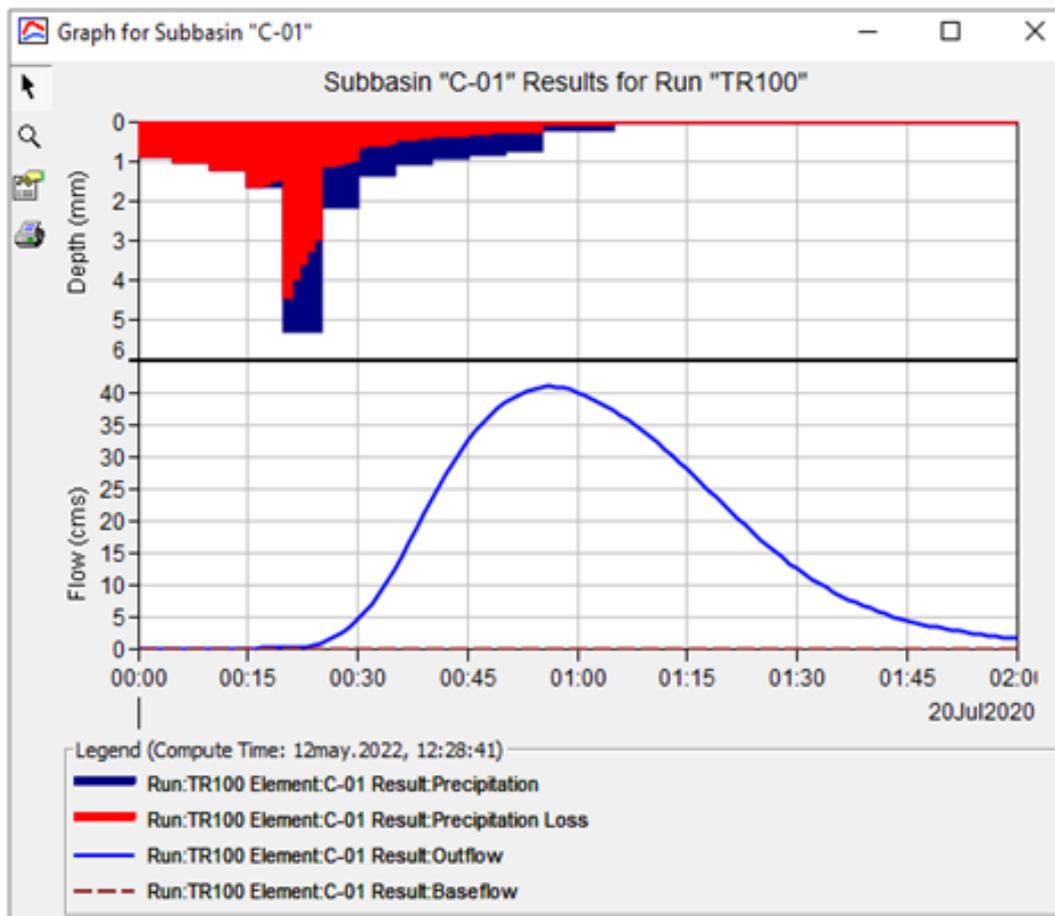
SC	Área		Perímetro	LC	Cota max	Cota min	DH	i	i	CN	S	la	Tiempo de concentración				Tlag	Tlag				
	m²	km²											km	m	msnm	m			m/m	%	mm	mm
	ha	m	m	km	msnm	m	m/m	%	mm	mm	hs	hs	hs	hs	min	hs	min					
C-01	10318000	10.9180	1031.800	22.539	22539.00	5910.0	5.910	4673.6	4088.7	584.91	0.0990	9.90	74	89	17.8	0.63	0.749	-	0.7	415	0.41	24.9
C-02	4524000	4.5240	452.400	14.568	14568.00	3485.0	3.485	4368.8	4098.8	270.04	0.0775	7.75	74	89	17.8	0.46	0.525	1.5966	0.9	51.7	0.52	31.0
C-03	3378000	3.3780	337.800	12.194	12194.00	2672.0	2.672	4421.2	4098.8	322.38	0.1206	12.06	71	104	20.7	0.32	0.394	1.1245	0.6	36.8	0.37	22.1
C-04	872000	0.8720	87.200	6.097	6097.00	583.7	0.584	4098.8	4062.0	36.81	0.0631	6.31	70	109	21.8	0.13	0.140	0.4733	0.2	14.8	0.15	8.9
C-05	4214000	4.2140	421.400	12.670	12670.00	2161.0	2.161	4062.0	3973.0	89.00	0.0412	4.12	70	109	21.8	0.41	0.412	1.6688	0.8	49.8	0.50	29.9
C-06	1526000	1.5260	152.600	7.988	7988.00	1024.0	1.024	4160.3	3936.9	223.45	0.2382	23.82	71	104	20.7	0.12	0.170	0.3882	0.2	13.6	0.14	8.2
C-07	359200	0.3592	35.920	3.669	3669.00	864.8	0.865	3936.3	3909.5	28.80	0.0310	3.10	71	104	20.7	0.23	0.217	0.8999	0.4	26.8	0.27	16.1

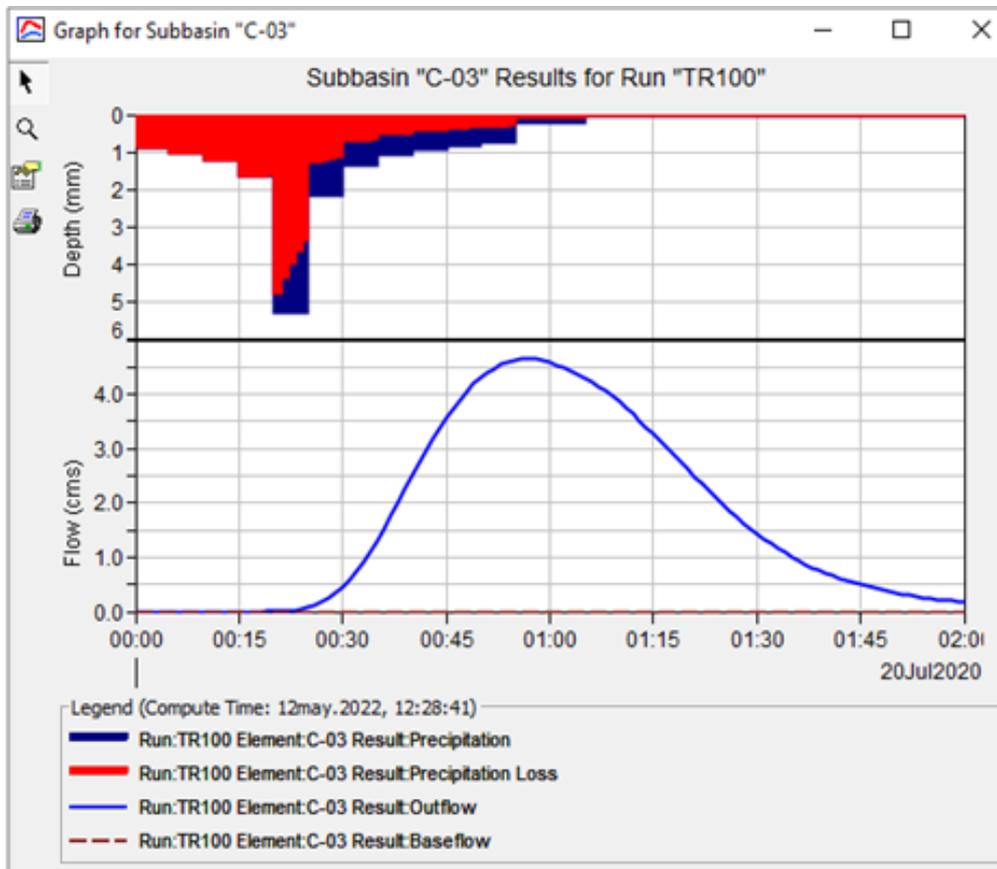
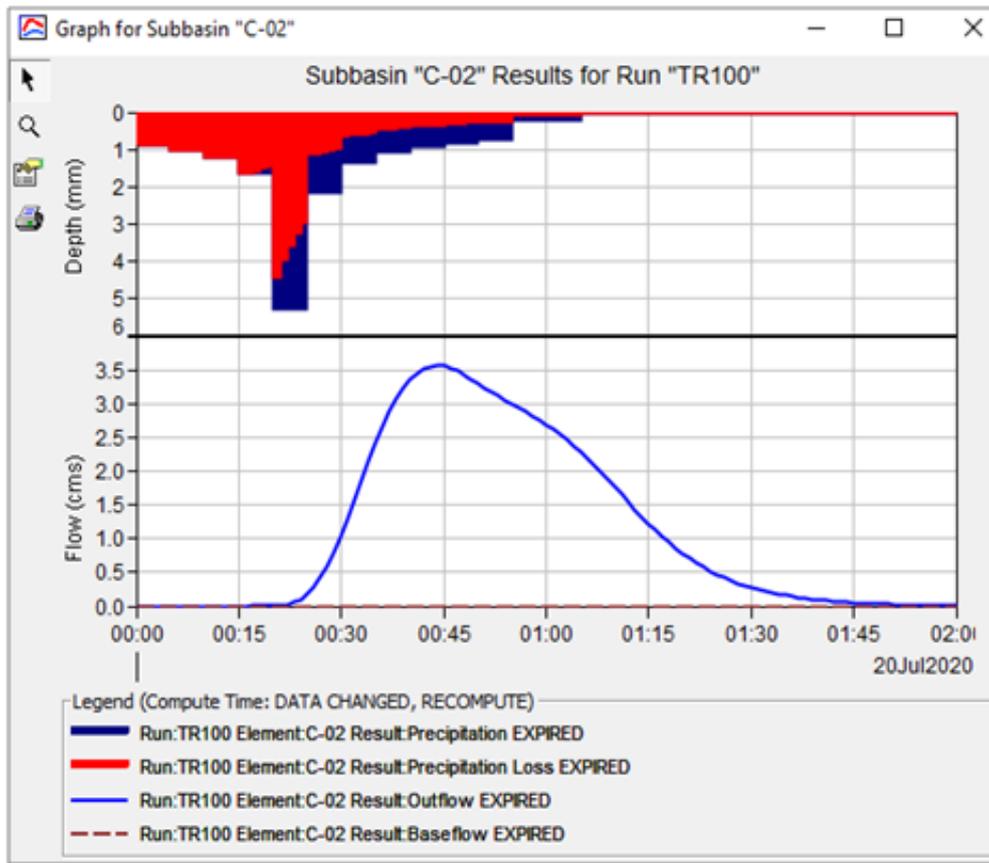
2 - Tablas

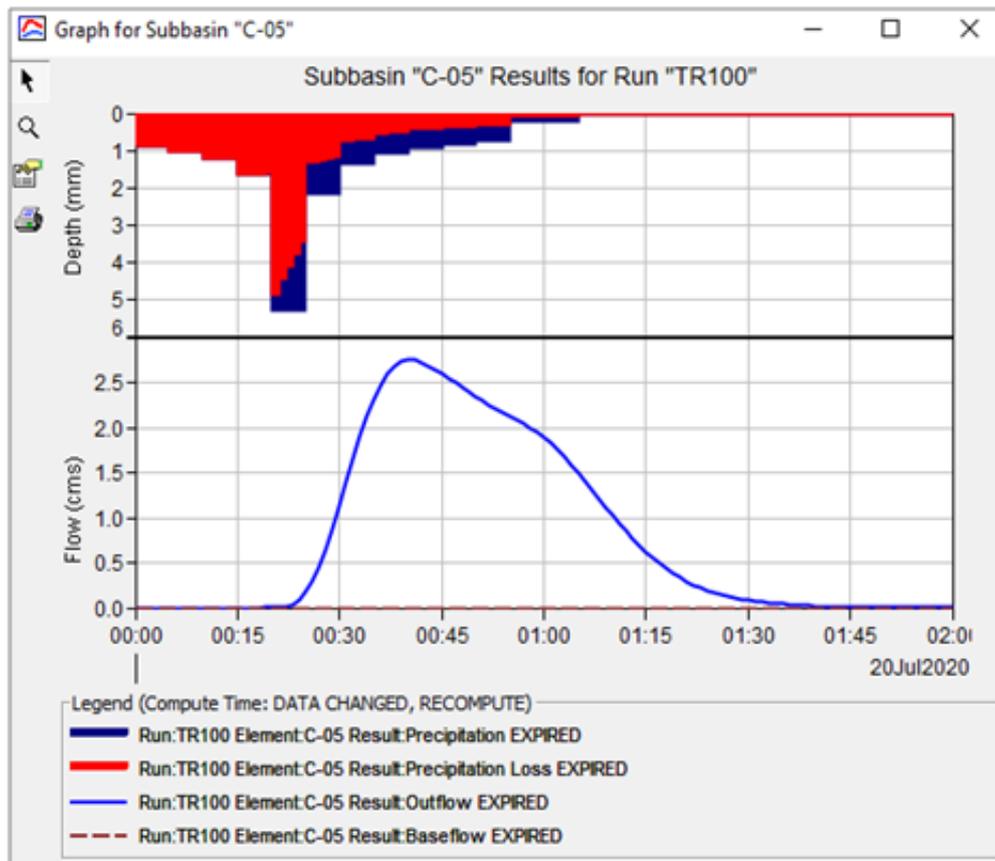
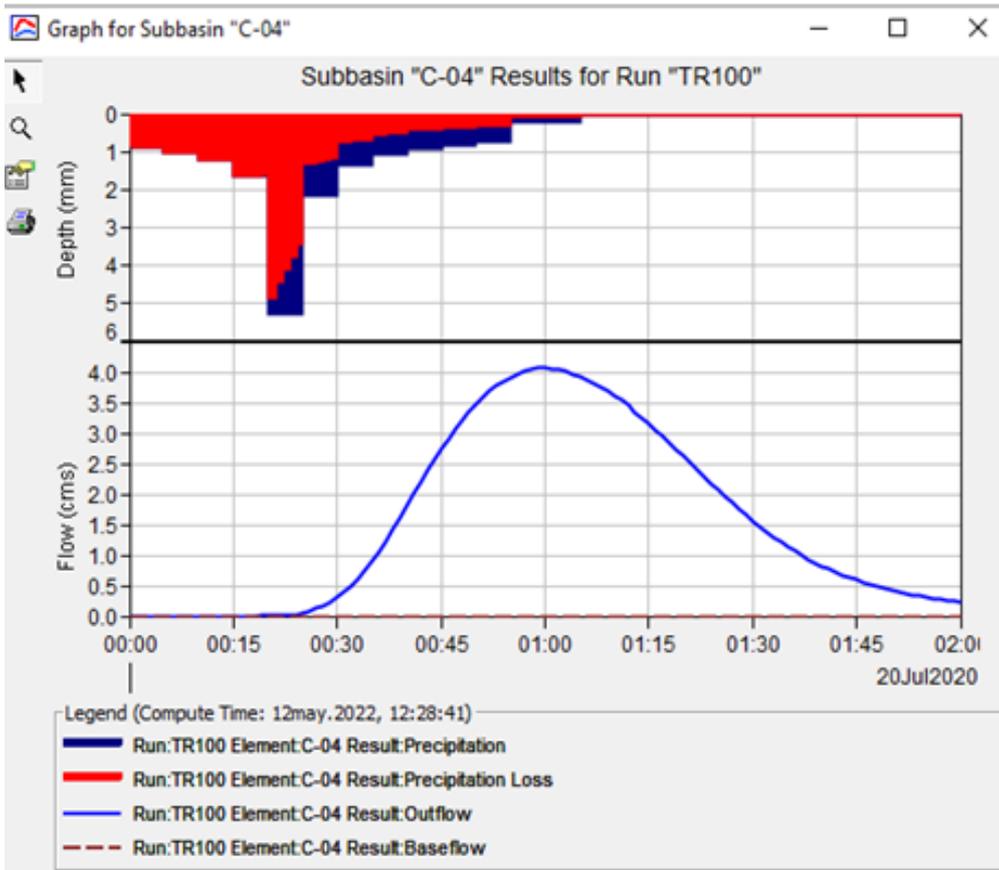
Tabla 1. Parámetros de área de aporte									
Código de área de aporte	Área (km²)	Perímetro (km)	Cota media (msnm)	Pendiente (m/m)	Número de curva	Hipsométrica integral	Factor de forma	Coefficiente de compacidad	Razón de circularidad
C-01	10.92	22.54	4381.1	0.056	74		0.31	1.91	0.27
C-02	4.52	14.57	4233.8	0.073	74		0.37	1.92	0.27
C-03	3.98	12.19	4260.0	0.058	71		0.56	1.71	0.34
C-04	0.87	6.10	4080.4	0.040	70		2.56	1.83	0.29
C-05	4.21	12.67	4017.5	0.092	70		0.90	1.73	0.33
C-06	1.53	7.99	4048.6	0.092	71		1.46	1.81	0.30
C-07	0.36	3.67	3922.9	0.092	71		0.48	1.71	0.34

Tabla 2. Parámetros de cauce principal								
Código de área de aporte	Longitud (Km)	Cota mayor (msnm)	Cota menor (msnm)	Pendiente (m/m)	Abstracción inicial (mm)	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Intervalo de tiempo (min)
C-01	5.91	4673.6	4088.7	0.099	17.8	41.49	24.89	7.22
C-02	3.49	4368.8	4098.8	0.077	17.8	51.71	31.03	9.00
C-03	2.67	4421.2	4098.8	0.121	20.7	36.76	22.05	6.40
C-04	0.58	4098.8	4062.0	0.063	21.8	14.81	8.89	2.58
C-05	2.16	4062.0	3973.0	0.041	21.8	49.80	29.88	8.67
C-06	1.02	4160.3	3936.9	0.218	20.7	13.59	8.15	2.36
C-07	0.86	3936.3	3909.5	0.031	20.7	26.85	16.11	4.67

3 - Hidrogramas resultantes





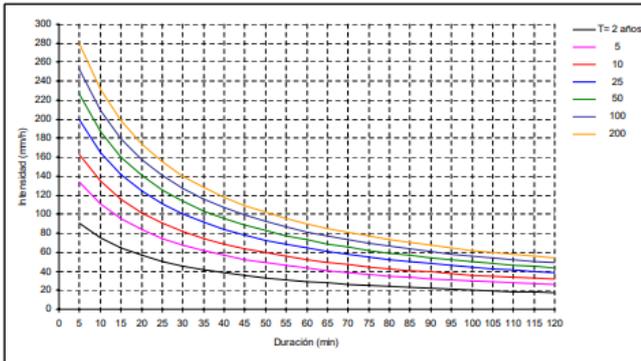


4 - Curvas IDF Mza



Instituto Nacional del Agua
Centro Regional Andino

Relaciones Intensidad Duración Frecuencia (IDF) para el pedemonte del Gran Mendoza



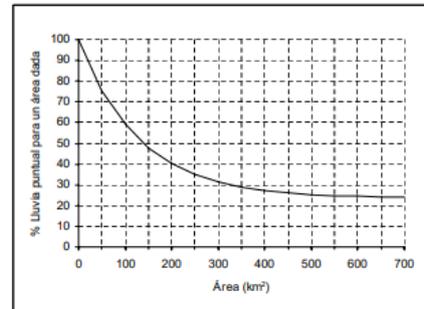
Relación IDF ajustada

$$I_{D,T_R} = \frac{\omega(T_R)}{(D+0.268)^{0.883}}$$

I_{D,T_R} = Intensidad (mm/h); D = Duración (h)

T_R (años)	2	5	10	25	50	100	200
$\omega(T_R)$	36.049	53.303	64.727	79.161	89.869	100.498	111.088

Curva Lámina-Área para reducir precipitación puntual a valores promedios en el área



Hietograma de diseño de duración 1 hora

Tiempo (min)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
% Lámina total	4.2	9.7	12.7	14.0	14.0	13	11.2	8.9	6.4	3.9	1.7	0.3

Relación Lámina-Área ajustada

$$\% \text{ Lluvia puntual} = 1 - 0.7632 \left(1 - e^{-0.00769 A} \right)$$

A = Área (km²)

Mendoza, marzo de 2008