



**Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una microturbina.**







## **Dedicatorias**

El presente trabajo de Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental se lo dedico a mis hijos Florencia, Benjamín y Jorge, a mi esposa Mónica por su acompañamiento permanente; a mis padres Teresa y Nelson quienes inculcaron en mí el precepto de honradez, trabajo y perseverancia como fuente principal del éxito personal y social, siendo las pautas en los que se funda una gran Nación; ¡gracias! queridos Padres.







## INDICE

Resumen.....	15
Agradecimientos.....	17
ÍNDICE DE TABLAS.....	19
ÍNDICE DE FIGURAS.....	21
TABLA DE TERMINOLOGÍA, ABREVIATURAS ESPECÍFICAS.....	25
PLAN DE TRABAJO APROBADO POR RESOLUCIÓN DEL CONSEJO SUPERIOR DE LA UTN 456/2020.....	29
Propuesta de las actividades a realizar.....	29
Equipamiento de medición disponible.....	32
CAPÍTULO I.....	33
DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y GEOBIOFÍSICAS DEL ENTORNO. ACTIVIDAD N° 1.....	33
I.1. Introducción.....	33
I.2. Localización.....	33
I.3. Geología.....	35
I.4. Clima.....	37
I.5. Flora.....	40
I.6. Fauna.....	44
I.7. Sismicidad.....	48
I.8. Demografía.....	48
I.9. Turismo.....	49
CAPÍTULO II.....	51
DESCRIPCIÓN DEL MARCO TEÓRICO Y DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. ACTIVIDAD N° 2.....	51



II.1. Área temática.....	51
II.2. Título.....	51
II.3. Resumen.....	51
II.4. Introducción.....	52
II.5. Importancia del trabajo planteado.....	56
II.6. Estado de la cuestión o del arte.....	57
II.7. Descripción general de las actividades.....	58
II.8. Hipótesis.....	61
II.8.1. Hipótesis principal.....	61
II.8.2. Hipótesis secundaria.....	61
II.9. Características de la central planteada.....	61
II.10. Objetivos.....	62
II.10.1. Objetivo principal.....	62
II.10.2. Objetivos secundarios.....	63
II.11. Marco teórico general.....	63
II.11.1. Determinación del “ <i>módulo mínimo</i> ” de caudal del Río Huaco.....	63
II.11.2. Determinación del “ <i>módulo de caudal permanente a turbinar</i> ” disponible en la toma de captación destinada a turbinar.....	66
II.11.3. Determinación de los posibles puntos de emplazamiento de la Casa de Máquinas.....	68
II.11.4. Estimación del régimen de crecientes anuales del río y estimación del caudal máximo del río.....	79
II.11.5. Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las Casas de Máquinas.....	72
II.11.6. Determinación del punto de emplazamiento de la Casa de Máquinas y la “ <i>altura bruta de salto</i> ”.....	73



II.11.7. Determinación de la potencia teórica disponible.....	73
II.11.8. Determinación de la “potencia de generación factible”.....	74
II.11.9. Determinación del “ <i>impacto ambiental</i> ” de las obras a realizar a los efectos de determinar la viabilidad de la ejecución del proyecto.....	80
II.11.10. Determinación de la “ <i>disminución de emisión de dióxido de carbono</i> ” por reemplazo de generación térmica por generación renovable equivalente.....	90
II.11.11. Selección básica del equipamiento a utilizar.....	96
Selección de la turbina.....	96
Selección del generador.....	101
Selección de la tubería forzada.....	102
II.11.12. Estimación de “ <i>presupuestos y recuperación de la inversión</i> ”.....	103
II.11.13. Verificación de la “ <i>hipótesis principal</i> ”.....	105
II.11.14. Determinación de la cantidad de viviendas, población permanente y temporal (fines de semana) del Poblado de Huaco. “ <i>determinación de la potencia máxima requerida y energía anual requerida</i> ” por el Poblado de Huaco.....	106
II.11.15. Evaluación y demostración de la “ <i>hipótesis secundaria</i> ” planteada..	119
CAPÍTULO III.....	123
DETERMINACIÓN DEL MÓDULO MÍNIMO DE CAUDAL DEL RÍO. ACTIVIDAD N° 3.....	123
III.1. Introducción.....	123
III.2. Medición N° 1.....	124
III.3. Medición N° 2.....	129
III.4. Medición N° 3.....	135
III.5. Medición N° 4.....	140
III.6. Medición N° 5.....	145



III.7. Medición N° 6.....	150
III.8. Medición N° 7.....	153
III.9. Adopción del módulo mínimo de caudal.....	157
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>159</b>
<b>DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA Y ENERGÍA ANUAL REQUERIDA POR EL POBLADO DE HUACO. PROVINCIA DE LA RIOJA. ACTIVIDAD N° 4.....</b>	<b>159</b>
IV.1. Introducción.....	159
IV.2. Determinación de cantidad y tipo de viviendas.....	159
IV.3. Determinación de la potencia máxima requerida.....	173
IV.4. Determinación de la energía anual requerida.....	178
IV.5. Adopción de valores de potencia máxima y energía anual requerida.....	180
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>181</b>
<b>ESTIMACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIENTES ANUALES DEL RÍO HUACO Y ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO DEL RÍO. ACTIVIDAD N° 5.....</b>	<b>181</b>
V.1. Introducción.....	181
V.2. Desarrollo de tareas para determinar el régimen de crecientes.....	182
V.2.1. Encuestas a pobladores.....	182
V.2.2. Relevamiento de campo posterior a una creciente.....	183
V.2.3. Valores determinados del régimen de crecientes.....	186
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>187</b>
<b>DETERMINACIÓN DEL “MÓDULO DE CAUDAL PERMANENTE A TURBINAR” DISPONIBLE EN LA TOMA DE CAPTACIÓN DESTINADA A TURBINAR. ACTIVIDAD N° 6.....</b>	<b>187</b>
VI.1. Introducción.....	187



<b>VI.2. Cálculo del módulo de caudal permanente a turbinar</b> .....	188
<b>VI.3. Determinación de la altura “h” sobre el vertedero de medición para el caudal permanente a turbinar</b> .....	189
<b>VI.4. Adopción del módulo de caudal permanente a turbinar</b> .....	191
<b>CAPÍTULO VII</b> .....	193
<b>DETERMINACIÓN DE POSIBLES PUNTOS DE EMPLAZAMIENTO DE CASA DE MÁQUINAS. ACTIVIDAD N° 7</b> .....	193
<b>VII.1. Introducción</b> .....	193
<b>VII.2. Resultados de los relevamientos realizados</b> .....	193
• Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1.....	194
• Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2.....	196
• Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3.....	197
• Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4.....	199
<b>CAPÍTULO VIII</b> .....	203
<b>DETERMINACIÓN DE LAS ALTURAS NETAS DISPONIBLES DE SALTOS. ACTIVIDAD N° 8</b> .....	203
<b>VIII.1. Introducción</b> .....	203
<b>VIII.2. Descripción de los relevamientos realizados</b> .....	203
<b>VIII.3. Propuestas de localización de Casas de Máquinas y puntos de descarga</b> .....	209
<b>VIII.4. Alturas netas obtenidas de los saltos hidráulicos determinados</b> .....	218
<b>CAPÍTULO IX</b> .....	221
<b>SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA CASA DE MÁQUINAS Y ALTURA DE SALTO NETO DISPONIBLE. ACTIVIDAD N° 9</b> .....	221
<b>IX.1. Introducción</b> .....	221



<b>IX.2. Criterios de selección adoptados</b> .....	221
<b>IX.3. Selección de la localización de la Casa de Máquinas</b> .....	223
<b>IX.3.1. Ventajas</b> .....	223
<b>IX.3.2. Desventajas</b> .....	224
<b>CAPÍTULO X</b> .....	225
<b>DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA TEÓRICA DISPONIBLE. ACTIVIDAD N° 10</b> .....	225
<b>X.1. Introducción</b> .....	225
<b>X.2. Determinación del valor de potencia teórica disponible</b> .....	225
<b>CAPITULO XI</b> .....	227
<b>DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA FACTIBLE DE GENERAR ACTIVIDAD N° 11</b> .....	227
<b>XI.1. Introducción</b> .....	227
<b>XI.2. Determinación del valor de potencia eléctrica factible de generar</b> .....	227
<b>CAPITULO XII</b> .....	229
<b>DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS A REALIZAR. VIABILIDAD DEL PROYECTO. ACTIVIDAD N° 12</b> .....	229
<b>XII.1. Introducción</b> .....	229
<b>XII.2. Desarrollo del estudio de impacto ambiental</b> .....	230
<b>XII.3. Determinación y valoración de los impactos</b> .....	236
<b>XII.4. Resultados obtenidos</b> .....	244
<b>XII.4.1. Fase constructiva</b> .....	244
<b>XII.4.2. Fase operativa</b> .....	249



<b>XII.4.3. Fase de abandono de las instalaciones y restitución del medio a su estado natural.....</b>	<b>254</b>
<b>XII.5. Conclusiones del estudio de impacto ambiental.....</b>	<b>254</b>
<b>CAPITULO XIII.....</b>	<b>257</b>
<b>DETERMINACIÓN DE LA “DISMINUCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO” MEDIANTE REEMPLAZO DE GENERACIÓN TÉRMICA POR GENERACIÓN RENOVABLE EQUIVALENTE. ACTIVIDAD N° 13.....</b>	<b>257</b>
<b>XIII.1. Introducción.....</b>	<b>257</b>
<b>XIII.2. Desarrollo del análisis.....</b>	<b>257</b>
<b>XIII.3. Conclusiones del análisis realizado.....</b>	<b>261</b>
<b>CAPITULO XIV.....</b>	<b>263</b>
<b>VERIFICACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS PRINCIPAL. ACTIVIDAD N° 14.....</b>	<b>263</b>
<b>XIV.1. Introducción.....</b>	<b>263</b>
<b>XIV.2. Proceso de análisis para la validación-refutación de la hipótesis principal.....</b>	<b>263</b>
<b>XIV.3. Resultados del proceso.....</b>	<b>266</b>
<b>CAPÍTULO XV.....</b>	<b>269</b>
<b>SELECCIÓN BÁSICA DEL EQUIPAMIENTO DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA A ELÉCTRICA ACTIVIDAD N° 15.....</b>	<b>269</b>
<b>XV.1. Introducción.....</b>	<b>269</b>
<b>XV.2. Selección de la turbina.....</b>	<b>269</b>
<b>XV.3. Selección del generador.....</b>	<b>274</b>
<b>XV.4 Selección de la tubería forzada.....</b>	<b>280</b>
<b>XV.5. Selección de la válvula de ingreso de agua a la turbina .....</b>	<b>287</b>



<b>XV.6. Anclajes de la tubería forzada.....</b>	<b>288</b>
<b>XV.7. Red de interconexión de baja tensión entre generador y transformador de red.....</b>	<b>289</b>
<b>CAPÍTULO XVI.....</b>	<b>291</b>
<b>ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO Y RECUPERO DE LA INVERSIÓN. ACTIVIDAD N° 16.....</b>	<b>291</b>
<b>XVI.1. Introducción.....</b>	<b>291</b>
<b>XVI.2. Estimación de los costos.....</b>	<b>292</b>
<b>XVI.2.1. Costo de la turbina impulsora.....</b>	<b>292</b>
<b>XVI.2.2. Costo del generador.....</b>	<b>292</b>
<b>XVI.2.3. Costo de la tubería forzada.....</b>	<b>293</b>
<b>XVI.2.4. Costo de las válvulas de ingreso de agua a la turbina y salida de azud.....</b>	<b>293</b>
<b>XVI.2.5. Costo de los anclajes de la tubería forzada.....</b>	<b>293</b>
<b>XVI.2.6. Red de interconexión de baja tensión entre generador y transformador de red.....</b>	<b>294</b>
<b>XVI.2.7. Costo de alquiler de máquinas y equipos de montaje.....</b>	<b>294</b>
<b>XVI.3. Costo total de Implementación.....</b>	<b>294</b>
<b>XVI.4. Ingreso monetario anual previsto.....</b>	<b>295</b>
<b>XVI.5. Egreso monetario anual previsto.....</b>	<b>295</b>
<b>XVI.6. Ingreso neto anual.....</b>	<b>296</b>
<b>XVI.7. Tiempo de recupero de la inversión.....</b>	<b>297</b>
<b>CAPITULO XVII.....</b>	<b>299</b>
<b>VERIFICACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS SECUNDARIA. ACTIVIDAD N° 17.....</b>	<b>299</b>





<b>XVII.1. Introducción.....</b>	<b>299</b>
<b>XVII.2. Proceso de análisis para la validación-refutación de la hipótesis secundaria.....</b>	<b>299</b>
<b>XVII.3. Resultados del proceso.....</b>	<b>301</b>
<b>CAPÍTULO XVIII.....</b>	<b>303</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>303</b>
<b>XVIII.1. Conclusiones.....</b>	<b>303</b>
<b>XVIII.2. Recomendaciones.....</b>	<b>304</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>305</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.....</b>	<b>311</b>
<b>ANEXO I. PLAN DE TESIS APROBADO.....</b>	<b>313</b>
<b>ANEXO II. NOTAS VARIAS.....</b>	<b>341</b>
<b>ANEXO III. ENTREVISTAS.....</b>	<b>359</b>
<b>ANEXO IV. COTIZACIONES.....</b>	<b>369</b>
<b>ANEXO V. RED ELÉCTRICA DE INTERCONEXIÓN.....</b>	<b>381</b>



## Resumen

Aproximadamente a unos 60 Km de la ciudad de La Rioja por RN 75 se encuentra la Localidad de Huaco, cuenta con una población estable estimada de 60 a 80 habitantes. El pueblo se sitúa a un costado de un río de caudal permanente, el mismo presenta leves fluctuaciones, un bajo régimen de crecidas y fuertes desniveles de altura en su curso. Por otra parte, ostenta un antiguo azud construido aguas arriba del poblado, denominado Azud Paso de los Sauces, se aprovecha como derivador de flujo que se destina a la captación de agua para potabilización y consumo. En dicho azud resulta factible utilizar parte del caudal de agua captada para destinarlo a la generación energía hidroeléctrica y suministrar la energía producida al Poblado de Huaco, esto con un mínimo grado de afectación ambiental y bajo costo de generación.

Se determinó el módulo de caudal del Río Huaco para época invernal y estival, el caudal disponible de módulo constante factible de turbinar a lo largo del año, determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las casas de máquinas, determinación de la potencia de generación factible, determinación de la potencia máxima requerida y la energía anual requerida por el poblado, el estudio de impacto ambiental correspondiente, la determinación del CO<sub>2</sub> que dejaría de emitirse por generación térmica de energía equivalente, se sometió a verificación las hipótesis primaria y secundaria planteadas, además de otros puntos adicionales.



El presente trabajo abre un amplio abanico de posibilidades vinculado a la generación de energía por métodos amigables con el ambiente en el entorno provincial. Permite además abrir el campo de estudio en nuestra provincia a un gran número de sitios en donde la generación hidroeléctrica a baja escala puede ser la fuente de suministro de energía a poblados que se encuentran muy alejados de las redes eléctricas de distribución y con una mínima afectación ambiental.

**Palabras claves:**

Renovable, Huaco, Microgeneración.



## **Agradecimientos**

En general quiero agradecer al plantel de coordinadores de la Especialización en Ingeniería Ambiental del grupo GAIA de la Facultad Regional La Rioja, Universidad Tecnológica Nacional, que trabajaron arduamente para que se implementara la presente Especialización y Maestría en nuestra Facultad.

En particular, merecen un agradecimiento muy especial todos aquellos alumnos de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional que colaboraron para realizar los distintos relevamientos realizados, de igual manera, el agradecimiento es extensivo a todos aquellos compañeros de trabajo y amigos que también colaboraron en los citados relevamientos y mediciones en distintas ocasiones.





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 1° aforo.....</i>	<i>127</i>
<b>Tabla 2:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 1° aforo...127</i>	<i>127</i>
<b>Tabla 3:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 1° aforo.....128</i>	<i>128</i>
<b>Tabla 4:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 2° aforo.....</i>	<i>131</i>
<b>Tabla 5:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 2° aforo...133</i>	<i>133</i>
<b>Tabla 6:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 2° aforo.....134</i>	<i>134</i>
<b>Tabla 7:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 3° aforo.....</i>	<i>137</i>
<b>Tabla 8:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 3° aforo...138</i>	<i>138</i>
<b>Tabla 9:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 3° aforo.....138</i>	<i>138</i>
<b>Tabla 10:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 4° aforo.....</i>	<i>142</i>
<b>Tabla 11:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 4° aforo...143</i>	<i>143</i>
<b>Tabla 12:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 4° aforo.....143</i>	<i>143</i>
<b>Tabla 13:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 5° aforo.....</i>	<i>146</i>
<b>Tabla 14:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 5° aforo...146</i>	<i>146</i>
<b>Tabla 15:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 5° aforo.....147</i>	<i>147</i>
<b>Tabla 16:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 6° aforo.....</i>	<i>151</i>
<b>Tabla 17:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 6° aforo...152</i>	<i>152</i>
<b>Tabla 18:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 6° aforo.....152</i>	<i>152</i>
<b>Tabla 19:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco, 7° aforo.....</i>	<i>155</i>
<b>Tabla 20:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos, 7° aforo...156</i>	<i>156</i>
<b>Tabla 21:</b> <i>Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 7° aforo.....156</i>	<i>156</i>
<b>Tabla 22:</b> <i>Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 0. Poblado de Huaco.....</i>	<i>168</i>



<b>Tabla 23:</b> Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 1 y 2. Poblado de Huaco.....	169
<b>Tabla 24:</b> Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 3 Sur y 4 Sur. Poblado de Huaco. ....	170
<b>Tabla 25:</b> Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 3 Norte y 4 Norte. Poblado de Huaco.....	171
<b>Tabla 26:</b> Resultados del relevamiento de viviendas por su superficie y ocupación. Poblado de Huaco.....	173
<b>Tabla 27:</b> Determinación de la altura sobre el vertedero de medición para “Qt” constante.....	190
<b>Tabla 28:</b> Georreferenciación de puntos, determinación de diferencias de alturas y longitudes totales.....	209
<b>Tabla 29:</b> Calificación y cuantificación de las propuestas de Casas de Máquinas.....	223



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Imagen aérea del Poblado de Huaco, Río de Huaco y Cuesta de Huaco</i> .....	34
<b>Figura 2:</b> <i>Imagen parcial del Poblado de Huaco, Río de Huaco y Cuesta de Huaco</i> .....	35
<b>Figura 3:</b> <i>Imagen parcial del Río de Huaco</i> .....	37
<b>Figura 4:</b> <i>Eco-Regiones de la República Argentina</i> .....	39
<b>Figura 5:</b> <i>Ejemplar de chañar en flor (Geoffrea decorticans)</i> .....	41
<b>Figura 6:</b> <i>Ejemplar de lata (Mimozyanthus carinatus)</i> .....	41
<b>Figura 7:</b> <i>Ejemplar de cardón (Pachycereus pringlei)</i> .....	42
<b>Figura 8:</b> <i>Flora característica del Bolsón de Huaco</i> .....	43
<b>Figura 9:</b> <i>Flora existente en las márgenes del Río Huaco</i> .....	43
<b>Figura 10:</b> <i>Ejemplar de chuña de patas negras (Chunga burmeisteri)</i> .....	45
<b>Figura 11:</b> <i>Ejemplar de gallito de arena (Teledromas fuscus)</i> .....	45
<b>Figura 12:</b> <i>Ejemplar de crucera o yará de la cruz (Bothrops alternatus)</i> .....	46
<b>Figura 13:</b> <i>Ejemplar de araña viuda negra (Latrodectus mactans)</i> .....	47
<b>Figura 14 A:</b> <i>Vista satelital del Río Huaco y Azud Paso de los Sauces</i> .....	54
<b>Figura 14 B:</b> <i>Vista satelital del Río Huaco y Poblado de Huaco</i> .....	54
<b>Figura 15:</b> <i>Vertedero de pared delgada sin contracción lateral</i> .....	65
<b>Figura 16:</b> <i>Vista del vertedero de medición</i> .....	67
<b>Figura 17:</b> <i>Vista del vertedero de cimacio</i> .....	71
<b>Figura 18:</b> <i>Coeficiente de gasto <math>H_0</math> para un vertedor cimacio</i> .....	71
<b>Figura 19:</b> <i>Vista del Azud de Paso de los Sauces</i> .....	81
<b>Figura 20:</b> <i>Clasificación de turbinas en función de <math>n_s</math></i> .....	100
<b>Figura 21:</b> <i>Clasificación de turbinas en función del salto neto</i> .....	101
<b>Figura 22:</b> <i>Curva de demanda típica de energía</i> .....	115

<b>Figura 23:</b> <i>Tareas de 1° aforo del Río Huaco</i> .....	125
<b>Figura 24:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 1° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ....	126
<b>Figura 25:</b> <i>Tareas de 2° aforo del Río Huaco</i> .....	129
<b>Figura 26:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 2° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ....	130
<b>Figura 27:</b> <i>Tareas de 3° aforo del Río Huaco</i> .....	135
<b>Figura 28:</b> <i>Nueva zona de realización de aforos, Río Huaco</i> .....	136
<b>Figura 29:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 3° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ...137	
<b>Figura 30:</b> <i>Nevada producida sobre la cuenca alta del Río Huaco</i> .....	140
<b>Figura 31:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 4° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ...141	
<b>Figura 32:</b> <i>Tareas de 4° aforo del Río Huaco</i> .....	142
<b>Figura 33:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 5° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ...145	
<b>Figura 34:</b> <i>Mediciones sobre el vertedero de medición del Azud Paso de los Sauces</i> .....	148
<b>Figura 35:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 6° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ...151	
<b>Figura 36:</b> <i>Nueva zona de realización de aforos y tareas del 7° aforo sobre el Río Huaco</i> ...154	
<b>Figura 37:</b> <i>Sección transversal del Río Huaco para el 4° aforo, subdivisión de áreas "A<sub>i</sub>"</i> ....	155
<b>Figura 38:</b> <i>Vista aérea (Satelital) del Poblado de Huaco</i> .....	161
<b>Figura 39:</b> <i>Sector 0. Relevamiento de viviendas Poblado de Huaco</i> .....	162
<b>Figura 40:</b> <i>Sectores 1 y 2. Relevamiento de viviendas Poblado de Huaco</i> .....	163
<b>Figura 41:</b> <i>Sectores 3 Sur y 4 Sur. Relevamiento de viviendas Poblado de Huaco</i> .....	164
<b>Figura 42:</b> <i>Sectores 3 Norte y 4 Norte. Relevamiento de viviendas Poblado de Huaco</i> .....	165
<b>Figura 43 A:</b> <i>Viviendas típicas del Poblado de Huaco</i> .....	166
<b>Figura 43 B:</b> <i>Viviendas típicas del Poblado de Huaco</i> .....	166
<b>Figura 43 C:</b> <i>Viviendas típicas del Poblado de Huaco</i> .....	167
<b>Figura 44:</b> <i>Subestaciones transformadoras aéreas en el Poblado de Huaco</i> .....	177

<b>Figura 45:</b> <i>Creciente Río Huaco</i> .....	183
<b>Figura 46:</b> <i>Nivel de creciente sobre el vertedero de cimacio</i> .....	184
<b>Figura 47:</b> <i>Nivel de creciente aguas abajo en el cauce del Río Huaco</i> .....	185
<b>Figura 48:</b> <i>Descarga del excedente de agua en obra de toma de captación de agua en Azud Paso de los Sauces. Punto 1</i> .....	194
<b>Figura 49:</b> <i>Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1</i> .....	195
<b>Figura 50:</b> <i>Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2. Denominado Punto 4</i> .....	197
<b>Figura 51:</b> <i>Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3. Denominado Punto 6</i> .....	199
<b>Figura 52:</b> <i>Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4. Denominado Punto 8</i> .....	201
<b>Figura 53 A:</b> <i>Proceso de georreferenciación de puntos de emplazamiento de propuesta de Casas de Máquinas y puntos de descarga</i> .....	205
<b>Figura 53 B:</b> <i>Imagen aérea de los puntos de emplazamiento de propuesta de Casas de Máquinas y puntos de descarga</i> .....	205
<b>Figura 54:</b> <i>Corroboración de niveles con manguera de nivel y reglas verticales</i> .....	206
<b>Figura 55:</b> <i>Corroboración de niveles con cinta métrica y contrapeso en acantilado vertical</i> .....	207
<b>Figura 56 A:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1 y punto de descarga respectivo</i> .....	211
<b>Figura 56 B:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1 y punto de descarga respectivo</i> .....	212
<b>Figura 57 A:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2 y punto de descarga respectivo</i> .....	213
<b>Figura 57 B:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2 y punto de descarga respectivo</i> .....	214
<b>Figura 58 A:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3 y punto de descarga respectivo</i> .....	215

<b>Figura 58 B:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3 y punto de descarga respectivo</i> .....	216
<b>Figura 59 A:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4 y punto de descarga respectivo</i> .....	217
<b>Figura 59 B:</b> <i>Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4 y punto de descarga respectivo</i> .....	218
<b>Figura 60:</b> <i>Factores ambientales propuestos por la matriz de Leopold</i> .....	231
<b>Figura 61:</b> <i>Acciones antrópicas propuestos por la matriz de Leopold</i> .....	232
<b>Figura 62 A:</b> <i>Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase constructiva</i> .....	238
<b>Figura 62 B:</b> <i>Matriz de Leopold valoración de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase constructiva</i> .....	239
<b>Figura 63 A:</b> <i>Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase operativa</i> .....	240
<b>Figura 63 B:</b> <i>Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase operativa</i> .....	241
<b>Figura 64 A:</b> <i>Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase de abandono y restitución al medio natural</i> .....	242
<b>Figura 64 B:</b> <i>Matriz de Leopold para valoración de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase de abandono y restitución al medio natural</i> .....	243
<b>Figura 65:</b> <i>Imagen de bombas centrífugas de alto caudal</i> .....	274
<b>Figura 66:</b> <i>Curva de funcionamiento de la máquina asíncrona trifásica de inducción en modo motor - generador</i> .....	277
<b>Figura 67:</b> <i>Imagen de motor asíncrono de 30KW (40HP)</i> .....	279
<b>Figura 68:</b> <i>Recorrido de la tubería forzada</i> .....	286
<b>Figura 69:</b> <i>Tubería de PVC diámetro 315 mm Clase 6, junta deslizante, para conducción de agua potable</i> .....	287
<b>Figura 70:</b> <i>Válvulas PVC Gate 300 – 315</i> .....	288

**TABLA DE TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS ESPECÍFICAS.**

$C_q$	Coeficiente de corrección de la fórmula de Bazin.
CV	Caballo Vapor (Potencia).
db	Decibeles.
$E_a$	Energía anual.
$E_{An. Req.}$	Energía anual requerida.
$E_{An. Req. Pico Al.}$	Energía anual requerida en horario pico en temporada alta.
$E_{An. Req. Pico Ba.}$	Energía anual requerida en horario pico en temporada baja.
$E_{An. Req. Resto Al.}$	Energía anual requerida en horario resto en temporada alta.
$E_{An. Req. Resto Ba.}$	Energía anual requerida en horario resto en temporada baja.
$E_{An. Req. Valle Al.}$	Energía anual requerida en horario valle en temporada alta.
$E_{An. Req. Valle Ba.}$	Energía anual requerida en horario valle en temporada baja.
$E_{map}$	Egreso monetario anual presunto.
$I_{na}$	Ingreso neto anual.
$T_{ri.}$	Tiempo de recupero de la inversión.
H	Altura en metros.
h	Altura en cm.
h	Horas.
H <sub>b</sub>	Altura bruta de salto.
IPALaR	Instituto Provincial del Agua de La Rioja.
Q <sub>t</sub>	Caudal turbinado.
PAH	Pequeños aprovechamientos hidráulicos.
PCI	Poder calorífico inferior.
PCS	Poder calorífico superior.
$p_e$	Presión absoluta a la entrada.



$\rho_s$	Presión absoluta a la salida.
$P_g$	Potencia de generación factible.
$P_{Max. Viv. El. Min.}$	Potencia máxima vivienda electrificación grado mínimo.
$P_{Max. Viv. El. Med.}$	Potencia máxima vivienda electrificación grado medio.
$P_{Max. Viv. El. Elev.}$	Potencia máxima vivienda electrificación grado elevado.
$P_{Max. Viv. El. Sup.}$	Potencia máxima vivienda electrificación grado superior.
$P_{Al. Pub.}$	Potencia alumbrada público.
$P_{Lamp.}$	Potencia de lámpara.
$P_{Bomb.}$	Potencia de bomba.
$P_{Max. Req.}$	Potencia máxima requerida.
$P_{Max. EDELaR.}$ energía.	Potencia máxima suministrada por la distribuidora de energía.
EDELaR.	Empresa de energía de La Rioja.
S.E.	Secretaría de energía.
$V_e$	Velocidad a la entrada.
$V_s$	Velocidad a la salida.
$Z_e$	Cota de altura a la entrada.
$Z_s$	Cota de altura a la salida
$\gamma$ cúbicos.	Peso específico del agua medido en Newton/metros cúbicos.
$\rho$ cúbicos).	Densidad del agua medido en Kilogramo / metros cúbicos).
$\eta_i$	Rendimiento de la instalación.
$\eta_u$	Rendimiento de la turbina.
$\eta_g$	Rendimiento del generador.
$\eta_t$	Rendimiento total del conjunto.
Hz ( $s^{-1}$ )	Frecuencia (1/segundos)
KV	Kilovoltios (1000 Voltios).
W	Watt (Unidad básica de potencia del sistema internacional de medidas).



KW 1000).	Kilo Watt (unidad básica de potencia multiplicada por 1000).
KVA	Kilo Volt Amper (Potencia Aparente).
MW	Mega Watt (unidad básica de potencia multiplicada por 1000000).
KVA	Kilo Volt Amper.
J	Joule (unidad básica de energía, que surge de multiplicar 1W por 1 segundo).
KJ 1000).	Kilo Joule (unidad básica de energía multiplicada por 1000).
Kcal	Kilocalorías.
Kcal/Kg.	Kilocalorías / Kilogramo.
Kcal/KJ	Kilocaloría por Kilojulio.
KWh	Kilo Watt hora (unidad de energía expresada en horas).
MWh	Mega Watt hora (unidad de energía expresada en horas).
m <sup>3</sup> /s	Caudal expresado en metros cúbicos por segundo.
l/s	Caudal expresado en litros / segundo.
N/m <sup>3</sup>	Peso específico expresado en Newton por metro cúbico.
CH <sub>4</sub>	Gas metano.







## PLAN DE TRABAJO APROBADO POR RESOLUCIÓN DEL CONSEJO SUPERIOR DE LA UTN 456/2020

### Propuesta de las actividades a realizar

Las actividades previstas para efectuar la tesis propuesta son las descriptas a continuación y en las fechas indicadas. En el **ANEXO I** denominado **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**, se observan las tareas descriptas y sus fechas de realización. Se planificó iniciar las actividades el día 03 de mayo del 2020 y culminar con el Informe Final el 22/05/2021. A raíz del aislamiento obligatorio por Pandemia COVID 19 y las complicaciones surgidas para acceder al instrumental requerido y al lugar de estudio, ocasionado por el cierre por la pandemia y debido a las interrupciones de rutas y acceso a poblados del interior de la Provincia de La Rioja, no fue posible iniciar las actividades hasta inicios del mes de octubre del 2022 de manera rudimentaria sin los instrumentos de medición necesarios, recién en el mes de Julio del 2023 se pudo contar con los instrumentos de medición necesarios para realizar el presente trabajo.

A continuación, se detallan las actividades propuestas y sus respectivas fechas de inicio y finalización de acuerdo al plan de trabajo propuesto y aprobado por Res. del CSU de la UTN. Las fechas de inicio y finalización debieron ser modificadas debido a la Pandemia.

#### Actividad N° 1

Descripción de las características geográficas y geobiofísicas del entorno.

Inicio:	03/05/2020
Finalización:	16/05/2020

#### Actividad N° 2

Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación.

Inicio:	17/05/2020
Finalización:	13/06/2020

#### Actividad N° 3

Determinación del módulo mínimo de caudal del río.

Inicio 1° etapa:	14/06/2020
------------------	------------



Finalización 1° etapa: 19/09/2020  
Inicio 2° etapa: 29/11/2020  
Finalización 2° etapa: 13/02/2021

#### **Actividad N° 4**

Determinación de la potencia máxima requerida y energía anual requerida.

Inicio: 09/08/2020  
Finalización: 12/12/2020

#### **Actividad N° 5**

Determinación del régimen estimado de crecientes anuales y de caudal máximo.

Inicio: 29/11/2020  
Finalización: 13/02/2020

#### **Actividad N° 6**

Determinación del módulo permanente de caudal a turbinar.

Inicio 1° etapa: 28/06/2020  
Finalización 1° etapa: 19/09/2020  
Inicio 2° etapa: 29/11/2020  
Finalización 2° etapa: 13/02/2021

#### **Actividad N° 7**

Determinación de posibles puntos de emplazamiento de casa de máquinas.

Inicio: 29/09/2020  
Finalización: 17/10/2020

#### **Actividad N° 8**

Determinación de las alturas netas disponibles de saltos.

Inicio: 14/02/2021  
Finalización: 27/02/2021

#### **Actividad N° 9**

Selección del emplazamiento de la casa de máquinas y altura de salto neto disponible.

Inicio: 14/02/2021  
Finalización: 13/02/2021

#### **Actividad N° 10**

Determinación de la potencia hidráulica disponible.

Inicio: 28/02/2021



Finalización: 13/02/2021

### **Actividad N° 11**

Determinación de la potencia eléctrica factible de generar.

Inicio: 28/02/2021

Finalización: 13/02/2021

### **Actividad N° 12**

Determinación del impacto ambiental.

Inicio: 14/02/2021

Finalización: 13/03/2021

### **Actividad N° 13**

Determinación de la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Inicio: 14/03/2021

Finalización: 27/03/2021

### **Actividad N° 14**

Verificación o refutación de la hipótesis principal.

Inicio: 14/03/2021

Finalización: 27/03/2021

### **Actividad N° 15**

Selección básica del equipamiento de transformación de energía hidráulica a eléctrica.

Inicio: 28/03/2021

Finalización: 24/04/2021

### **Actividad N° 16**

Estimación de presupuestos y recupero de la inversión.

Inicio: 25/04/2021

Finalización: 08/05/2021

### **Actividad N° 17**

Verificación o refutación de la hipótesis secundaria.

Inicio: 25/04/2021

Finalización: 08/05/2021



## Actividad N° 18

Elaboración de informe final.

Inicio: 09/05/2021

Finalización: 05/06/2021

## Equipamiento de medición disponible

Medidor de velocidad de flujo de agua marca Global Water 800-876-1172, modelo FP211, N° de serie 1409001210.-



## CAPÍTULO I

### DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS

#### GEOGRÁFICAS Y GEO BIOFÍSICAS DEL ENTORNO. ACTIVIDAD N° 1.

##### I.1. Introducción

En el noroeste de la República Argentina se encuentra localizada la Provincia de La Rioja, la Sierra del Velazco forma parte de la geología de las Sierras Pampeanas y cubre el sector centro - norte de la Provincia con una disposición general norte – sur; en el centro de las Sierras del Velazco se encuentra emplazado el Poblado de Huaco, situado en el costado oeste de la ruta nacional 75 que recorre la Provincia de La Rioja, a unos 60 Km al nor - noreste de la ciudad Capital de la Provincia (Ciudad de Todos Los Santos de La Nueva Rioja).

##### I.2. Localización

Huaco se encuentra emplazado en el sector centro-oriental de la Sierra del Velazco, pertenece al departamento Sanagasta, limitando al sur con la Localidad de Villa Bustos (cabecera departamental) y al norte con el Poblado de Las Peñas del Departamento Castro Barros. Según lo expresado por Canale (2013). en su obra literaria *PROYECTO DE PUESTA EN VALOR DE LOS CAMINOS Y SENDEROS DEL DEPTO. SANAGASTA*, afirma que Huaco se localiza entre las “coordenadas:

- Sur: S 29°10'33.91”
- Norte: S 29°05'51.70”
- Este: O 67°01'50.58”

- Oeste: O 67°03'05.21"

En tanto, las altitudes mínimas y máximas se encuentran entre:

- Altitud mínima: 1197 msnm en el puente sobre RN 75 del Río Huaco
- Altitud máxima: 1530 msnm al extremo norte de la Cuesta de Huaco".

La **Figura 1** deja entrever una imagen aérea de la zona de Huaco, en donde se divisa en color naranja la Cuesta de Huaco (sobre RN 75) y en color celeste el cauce del Río Huaco, situándose en ambos lados del río, el Poblado de Huaco.



**Figura 1:** Imagen aérea del Poblado de Huaco, Río de Huaco y Cuesta de Huaco. Fotografía superior: vista aérea del Bolsón de Huaco. Fotografía inferior izquierda: vista del Bolsón de Huaco desde la Cuesta de Huaco; Fotografía inferior central: vista de la antigua Cuesta de Huaco; Fotografía inferior derecha: vista del Río Huaco. (CANALE, 2013; Proyecto de puesta en valor de los caminos y senderos del Depto. Sanagasta).

Por otra parte, la **Figura 2** esboza una fotografía en la que se denota una fracción del Poblado de Huaco, la imagen se encuentra tomada desde el cordón montañoso del Velasco, situado al suroeste del poblado.



**Figura 2:** *Imagen parcial del Poblado de Huaco, Río de Huaco y Cuesta de Huaco. Mes de septiembre del año 2022.*

### I.3. Geología

Las características geológicas y geomorfológicas de la región de Huaco se circunscribe al sector denominado Bolsón de Huaco, la obra Evaluación del Recurso Hídrico Superficial y Subterráneo en Huaco y Sanagasta, expresa que, aproximadamente el 50% de la superficie de la cuenca se encuentra ocupada por rocas ígneas representadas por una masa homogénea granítica de cierta rugosidad, de colores rosados y grises, de grano fino y mediano correspondientes al paleozoico medio y superior (Frontera, et al., 1998), por otra parte, en las visitas realizadas a la

zona se encontró que las formaciones graníticas mencionadas se presentan intensamente fracturadas, otros autores indican que, en la depresión de Huaco se manifiestan además sedimentos de origen terciario como areniscas rosadas y rojas con cemento calcáreo y conglomerados finos con escasa estratificación (Frontera, et al., 1998). De manera similar otros mencionan que, el Valle de Huaco se encuentra compuesto mayormente por granitoides que conforman el batolito de mayores dimensiones correspondientes a las Sierras Pampeanas (Grosse, et al., 2004), expresando además que la sierra está constituida por metamórficas en el faldeo oriental, ortogneises en el faldeo occidental y un macizo granítico en la zona central (Grosse, et al., 2004). El cuerpo de mayores dimensiones corresponde al complejo Huaco, posee longitudes de 40 x 30 km y una superficie aflorante de 620 km<sup>2</sup> (Grosse, et al. 2004). Durante el verano cuando ocurren las mayores precipitaciones, el suelo adquiere un papel fundamental en el régimen de crecientes del Río Huaco y sus afluentes, esto se debe a la escasa absorción de los suelos de la zona. Por otra parte, el valle de Huaco se encuentra comprendido en la zona del Chaco seco, perteneciendo a la fosa tectónica Chaco-Pampeana, contando con aportes eólicos del tipo loésico e importantes aportes de material provenientes del sector montañoso producto de los procesos de origen aluvial y fluvial (Burkat, et al., S.F.), esto se verificó al realizar el reconocimiento territorial de la zona. En la **Figura 3**, en donde se observó las formaciones rocosas compuestas por el granito de Huaco, predominantemente de color rosado, con grandes y profundas fracturas.





**Figura 3:** *Imagen parcial del Río Huaco. Vista desde el vertedero de cimacio en Azud Paso de los Sauces situado sobre el cauce del Río de Huaco. Mes de marzo del año 2019.*

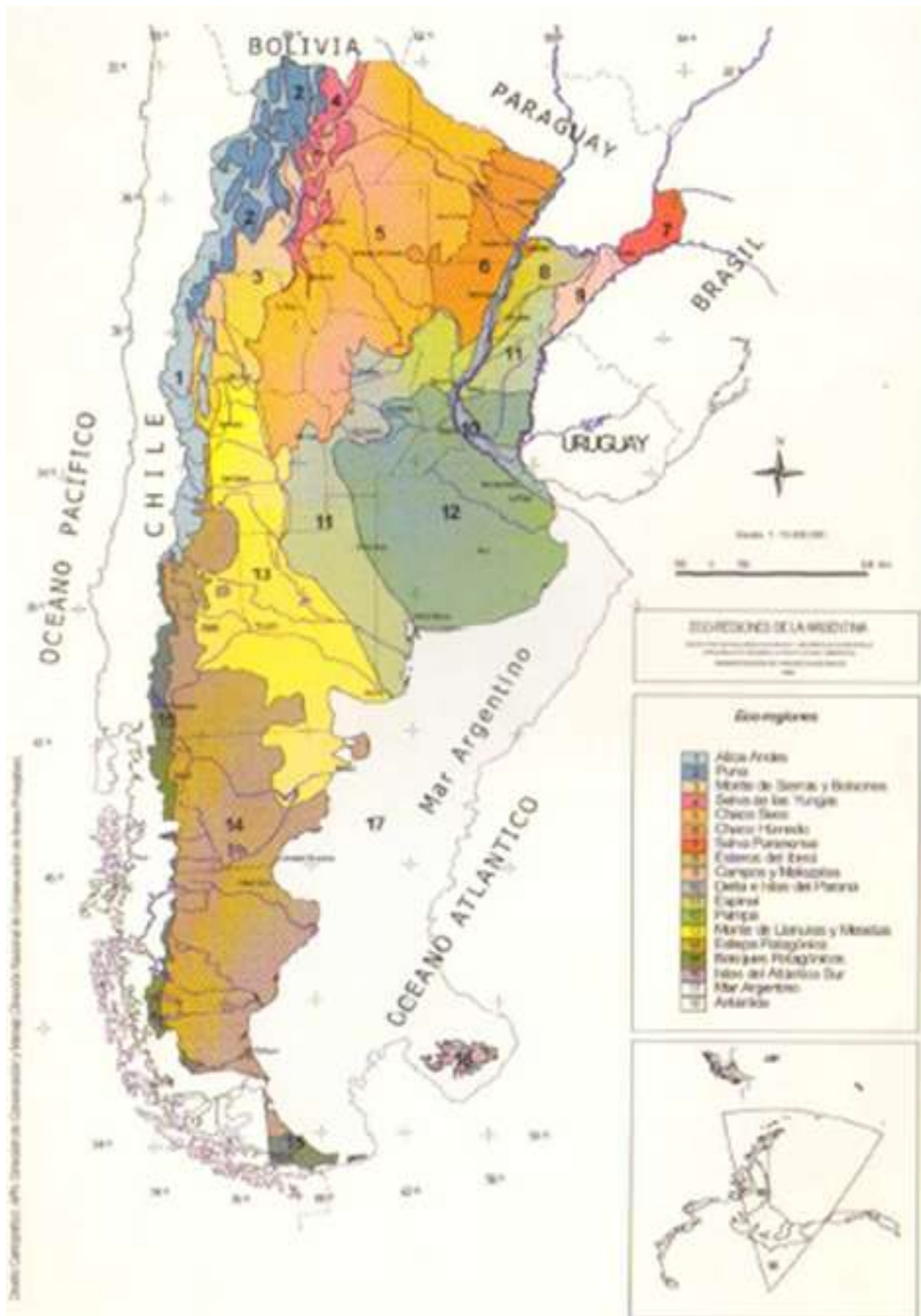
#### I.4. Clima

El Poblado de Huaco y sus alrededores se encuentra en el límite entre las regiones que corresponden al Chaco Seco y la de montes de sierras y bolsones, situación que se distingue en la **Figura 4**, respecto al clima de la región del Chaco Seco, la bibliografía que se consultó expresa que, “El clima es continental cálido subtropical, con áreas que presentan las máximas temperaturas absolutas del continente. La temperatura media anual varía de norte a sur desde 23°C hasta los 18°C. Las precipitaciones varían entre 500 y 700mm anuales” (Burkart, et al. p.17), conjuntamente otros textos consultados exteriorizan que, de acuerdo a las subclasificaciones de zonas climáticas y agropecuarias de la República Argentina, encuadran a la zona de Huaco como perteneciente a la subregión Árida Chaqueña del Monte Xerófilo, otros autores enuncian que El clima es de tipo continental



templado cálido, similar a la subregión semiárida vecina. Las lluvias oscilan entre 300 y 650mm y se concentran en verano y otoño (Carlevari, et al., 2007).

A lo largo de las visitas de campo que se realizó al lugar, se percibió que el clima posee escasa humedad, que existen vientos secos provenientes del sector sur de velocidad moderada, escasas lluvias anuales, pero cuando ocurren son de alta intensidad y corta duración, se verificó también que acaecen entre mediados del mes de diciembre hasta fines del mes de enero, los veranos son calurosos y con fuerte radiación solar, alcanzando temperaturas que superan los 40 °C. Los inviernos son suaves y secos, con temperaturas medias por encima de los 10 °C, las lluvias son escasas, cuando ocurren en la época invernal van acompañadas de nevadas suaves.



**Figura 4:** Eco-regiones de la República Argentina. (Burkat, et al. S.F. Presidencia de La Nación. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Eco-regiones de la Argentina. Bs. As. Argentina).

## I.5. Flora

La vegetación natural dominante en el Valle de Huaco es del tipo xerófila, arbustiva y achaparrada, características de la región del Chaco Árido, se indica en textos que los árboles se vuelven más bajos y ralos hacia el Chaco Árido, (Burkart, et al., S.F.). En particular en el área de Huaco, cuando se efectuaron las visitas y relevamientos de campo, se comprobó la existencia de ejemplares de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*), en menor medida quebracho blanco (*Aspidosperma*), ejemplares de chañar (*Geoffrea decorticans*), tintitaco (*Prosopis torquata*) y lata (*Mimozyanthus carinatus*) además de una importante cantidad de cactus del tipo cardón (*Pachycereus pringlei*), gran cantidad de tuscas (*Vachellia aroma*), jarillas (*Larrea*) y retamos (*Bulnesia retama*) y escasamente algunos ejemplares de mistol (*Ziziphus mistol*), en los márgenes del río se apreció ejemplares de sauces (*Salix*) y variedades de pastizales. En la zona se encontró implantadas especies de nogales y olivos. En la **Figura 5** se observa una imagen de un ejemplar de chañar, en la **Figura 6** hallamos una imagen de un ejemplar de lata, arbusto extremadamente espinoso y muy abundante en la zona de Huaco. En la **Figura 7** observamos una imagen de un ejemplar de cardón en época de floración.





**Figura 5:** *Ejemplar de chañar en flor (Geoffroea decorticans)*. Adaptado de decorticans (2024).



**Figura 6:** *Ejemplar de lata (Mimozyganthus carinatus)*. Adaptado de Ceballos (S.F.)



**Figura 7:** *Ejemplar de cardón (Pachycereus Pringlei)*. Adaptado de Medios el independiente, (2018)

En las **Figuras 8 y 9**, que corresponden a imágenes específicamente tomadas en la zona de estudio, en donde se ven ejemplares de algarrobo, sauce, cardón, lata y tintitaco, además de diversas variedades de malezas y pastos que crecen en los márgenes del río.





**Figura 8:** *Flora característica del Bolsón de Huaco.* Se divisan ejemplares de sauces, algarrobos, lata entre otros. Mes de marzo del año 2019.



**Figura 9:** *Flora existente en las márgenes del Río Huaco.* Se divisan ejemplares de sauces, algarrobos, lata entre otros. Mes de marzo del año 2019.

## I.6. Fauna

La fauna predominante en la zona de Huaco corresponde en gran medida a la de la Región del Chaco Seco, se encuentra compuesta por especies de animales autóctonas, y otros ingresados por el ser humano.

Entre los mamíferos autóctonos comunes podemos citar principalmente al zorro gris (*Lycalopex griseus*), los cerdos de monte del tipo pecaríes (*Tayassu tajacu*), la mulita o tatú mulita (*Dasypus hybridus*) y variadas especies de roedores. Más alejados de la población humana podemos citar al puma argentino (*Puma concolor*).

Entre las aves más comunes se encuentran la reina mora (*Cyanocompsa brissoni*), la chuña (*Chunga burmeisteri*), en la **Figura 10** se observa una imagen de una chuña de patas negras, además en la zona se pueden divisar en los peñascos más elevados ejemplares de cóndor andino (*Vultur gryphus*), ejemplares de águila mora (*Geranoaetus melanoleucus*) y halcón peregrino (*Falco peregrinus*). En áreas bajas y sobre los árboles y arbustos se observan ejemplares de gallito arena (*Teledromas fuscus*), canastero rojizo (*Asthenes dorbignyi*) y en algunos casos cachalote pardo (*Pseudoseisura gutturalis*), como así también ejemplares el coludito canela (*Leptasthenura fuliginiceps*), el coludito cola negra (*Leptasthenura aegithaloides*), el canastero patagónico (*Pseudasthenes patagónica*), entre muchas especies más, en la **Figura 11** se aprecia un ejemplar de gallito de arena.





**Figura 10:** *Ejemplar de chuña de patas negras (Chunga burmeisteri).* Adaptado de Bottai (2022).



**Figura 11:** *Ejemplar de gallito de arena (Teledromas fuscus).* Adaptado de Teledromas fuscus (2023)

Entre los reptiles se encuentra la tortuga terrestre chaqueña (*Chelonoidis petersi*), serpientes como la yarará de la cruz, crucera o yarará grande (*Bothrops alternatus*) que es la más común de las especies de yarará y puede alcanzar a medir 1,60 m, siendo estas muy agresivas, un ejemplar de la misma se observa en la **Figura 12**. Por otra parte es común encontrar serpientes de cascabel (*Crotalus durissius terrificus*) fácil de reconocer por el sonajero en la punta de la cola, pueden alcanzar los 1,50 m de longitud y son de carácter más tranquilo que la anteriormente mencionada; también se divisaron ejemplares de serpiente de coral (*Micrurus pyrrhocryptus*) que resultan ser las más coloridas y menos agresivas aunque su veneno es muy potente, variando su tamaño entre los 0,40 m y 1,10 m. de longitud; otras especies que también se encuentran en la zona es la lampalagua (*Boa constrictor occidentalis*), es constrictora y raramente superan los 2,5 m; además es factible encontrarse con otros diversos tipos de culebras.



**Figura 12:** Ejemplar de crucera o yarará de la cruz (*Bothrops alternatus*). Adaptado de [Bothrops alternatushttps \(2024\)](https://www.bothropsalternatus.com).

Existen además una gran variedad de insectos, entre ellos podemos citar aquellos que resultan peligrosos para los humanos, como ser arañas viudas negras (*Latrodectus mactans*) que gozan de muy mala reputación debido al potente veneno que poseen y por refugiarse dentro de las viviendas en invierno, en la **Figura 13** se observa un ejemplar de viuda negra propio de la región en estudio. Además, habitan la zona otras especies características de la región, no las detallaremos debido al gran número existente, que además esto escapa al objetivo del presente trabajo. Por otra parte, se encuentran especies introducidas por el ser humano, como ser vacas, caballos, burros y mulas, como así también ejemplares de perros y gatos domésticos.



**Figura 13:** Ejemplar de araña viuda negra (*Latrodectus mactans*). Adaptado de EcuRed, (S.F.)

Es importante destacar que, al efectuar las visitas y relevamientos de campo en la zona de Huaco, se verificó la presencia de distintos ejemplares mencionados anteriormente, como ser la chuña de patas negras, cóndor andino, águilas y gran variedad de aves. Así mismo se divisó gran multiplicidad de mamíferos como ser zorro gris, liebres y roedores. En visitas efectuadas entre los años 2015 al 2021 se encontró ejemplares de serpientes venenosas como yará de la cruz, coral y en cercanías de Huaco en varias oportunidades serpientes de cascabel. Por otra parte, residentes de la zona manifestaron que se encontraron con ejemplares de jabalí y en ocasiones cuando se produjeron nevadas en las zonas más elevadas del territorio, observaron ejemplares de pumas con sus crías que descendieron al Valle de Huaco, presuntamente a raíz del intenso frío reinante en las cumbres montañosas.

### **I.7. Sismicidad**

La Provincia de La Rioja presenta una continua actividad sísmica superficial que varía y disminuye en intensidad desde la zona Oeste hacia el Este (González, et al., 2008). En particular la zona de Huaco presenta una sismicidad semejante al de la provincia de la cual forma parte, y en particular similar al de la ciudad Capital de la provincia situada en el margen oriental de la Sierra del Velazco. La intensidad sísmica de la zona es frecuente y de baja intensidad, presenta terremotos que varían entre medios a graves cada 30 años en diferentes zonas de la provincia, con magnitudes comprendidas entre los 4 a 6 grados en la Escala Richter (González et al., 2008).

### **I.8. Demografía**

El Poblado de Huaco cuenta con una población aproximada permanente de 60 a 80 habitantes, en su mayoría compuesta por personas adultas mayores. En general,



los fines de semana la población se incrementa en unas 120 personas debido al arribo de habitantes de localidades cercanas que cuentan con viviendas en el poblado. En época estival existe además un gran número de visitantes a los distintos balnearios situados sobre las márgenes del Río Huaco, normalmente no pernoctan en el poblado debido a la falta de instalaciones adecuadas para tal fin.

### **I.9. Turismo**

Actualmente el Poblado de Huaco, por su clima particular y por encontrarse surcada por un río (de igual nombre) con caudal superficial permanente, en verano y en particular los fines de semana, pasa a ser uno de los destinos preferidos por los habitantes de la ciudad Capital de la provincia, como así de otras localidades cercanas situadas sobre la RN 75, como ser la localidad de Villa Bustos, Las Peñas, Pinchas, Aminga y Aguas Blancas entre otros. Por otra parte, existen dentro del poblado, viviendas que pertenecen a familias que habitan permanentemente en la ciudad Capital de La Rioja y Villa Bustos, esta circulación turística otorga a los pobladores permanentes del Poblado de Huaco un movimiento comercial y económico que da sustento económico a dichos pobladores. La zona de Huaco cuenta con una serie de componentes y condiciones paisajísticas en donde predominan valles y montañas, admiten un movimiento turístico importante (aunque en menor cuantía) en las demás estaciones del año. El Poblado de Huaco se encuentra entre el lateral oeste de la Cuesta de Huaco situada en la RN 75 y al este del Río Huaco, transcurre a lo largo de un camino vecinal de ripio, aproximadamente por unos 600 metros, en ambos lados del citado camino se encuentran construidas humildes y pintorescas viviendas dotadas de atractivos parques en donde se vislumbran hermosos ejemplares de algarrobos, sauces y otras especies vegetales





pertenecientes a la flora típica de la región. En relación al Río Huaco, el atractivo curso de agua desciende de las montañas entre grandes piedras formando pequeñas cascadas, por otra parte, el accidentado terreno demarca pequeñas playas y ollas de agua cristalina (Canale, 2013). En los márgenes del río, en gran parte de su extensión existen grandes peñascos. Hacia el lado este del poblado se encuentra ubicada la estrecha, antigua y zigzagueante Cuesta de Huaco que asciende por las laderas de los cerros presentando imponentes vistas en cada curva (Canale, 2013); antiguamente dicha cuesta conectaba al departamento Sanagasta con el Departamento Castro Barros, los lugareños afirman que transitar a través de ella representaba un desafío para viajeros muy osados y valientes. En la actualidad resulta imposible acceder a la misma con automotores ya que al ser construida la nueva cuesta se destruyeron los accesos por ambos extremos, solamente algunos pocos se aventuran a escalar hasta su ubicación para recorrer a pie, caballo o motocicletas partes de su traza.



## CAPÍTULO N° II

### DESCRIPCIÓN DEL MARCO TEÓRICO Y

#### DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. ACTIVIDAD N° 2.

##### II.1. Introducción

El Área temática de estudio pertenece a las energías renovables, básicamente corresponde al micro aprovechamiento hidroeléctrico del caudal de un río destinado a suministrar energía eléctrica al Poblado de Huaco, con un mínimo de afectación ambiental.

##### II.2. Título

**Autoabastecimiento sustentable de energía eléctrica al Poblado de Huaco (Provincia de La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una microturbina.**

##### II.3. Resumen

Aproximadamente a unos 60 Km de la Ciudad de La Rioja por RN 75 se encuentra el Poblado de Huaco, que posee una cantidad aproximada de 70 habitantes. El pueblo cuenta con un río de caudal anual permanente con leves fluctuaciones, y un bajo régimen de crecidas, en visitas previas que se realizaron se estimó que el caudal mínimo podría ascender a 1 m<sup>3</sup>/h, el río cuenta con fuertes desniveles de altura en su curso. Resulta factible utilizar las instalaciones existentes de la toma de captación de

agua potable para absorber parte del caudal de agua y destinarlo a la generación de energía hidroeléctrica, para ello se requiere desviar parte del caudal de agua, entubarla y aprovecharla hidráulicamente por medio de una microturbina acoplada a un generador, para convertirla en energía eléctrica con un mínimo de afectación ambiental y bajo costo de generación.

Si bien este aporte de energía eléctrica resulta insignificante para el sistema eléctrico nacional, sabemos que resulta difícil obtener reemplazos importantes de energía sustentable destinadas a sustituir la misma cantidad de energía producida de manera convencional, en otras palabras, es menester comprender que seguramente el proceso de reemplazo de energías convencionales altamente contaminantes por otras de impactos menores se producirá a través de minúsculas contribuciones de energía sustentable de manera prolongada en el tiempo por medio de la incorporación de mínimos aportes de pequeñas fuentes de generación sustentable pero en un gran número de ellas. Cabe aplicar la frase del poeta griego Hesíodo (700 a. C.) *“Si añades lo poco a lo poco y lo haces con frecuencia, pronto llegará a ser mucho”*.

#### **II.4. Introducción**

En un contexto mundial en el que la creciente demanda de energía eléctrica ocupa un papel fundamental en la problemática ambiental, contexto del que nuestro país y provincia no son ajenas, resulta altamente imprescindible aprovechar todo tipo de generación de energía de bajo nivel de contaminación con el objeto de preservar la salud ambiental. Cada aporte por más pequeño que sea resulta de gran importancia, debemos considerar que las grandes soluciones a las problemáticas energéticas no revisten ser las más amigables con el ambiente y por lo general poseen daños ocultos que suelen verse reflejados años y/o décadas más adelante, además son de difícil



reversión. Frente a este contexto resulta imprescindible comenzar a considerar los pequeños aportes de energía que se puedan sumar al sistema, lógicamente hablamos de energía generada por sistemas de bajo impacto ambiental. Recordemos que la sumatoria de muchas pequeñas acciones brindan una gran acción.

Lo que se planteó en el presente trabajo es demostrar que es posible generar energía limpia y que la misma puede abastecer a un poblado cercano, por medio del aprovechamiento del caudal de un río y gran parte de las instalaciones ya existentes, como ser obra de captación de agua destinada a potabilización situada sobre el cauce del río en cuestión. Lógicamente que se deberán realizar instalaciones adicionales. En la **Figura 14 A** se visualiza la imagen satelital del sitio donde se encuentra implantada la obra de captación existente, cuyas coordenadas son  $29^{\circ} 09' 23,57''$  (S) y  $67^{\circ} 03' 03,00''$  (O), se observa el cauce del río y el punto de emplazamiento de la obra de toma de captación de agua, en dicha figura, se divisa el balneario municipal (1), la cámara de captación y desarenadero (2), el cauce natural del Río Huaco (3), el muro de la presa (4), y la traza de la Ruta Nacional 75 (5). En la **Figura 14 B** se divisa la cámara de captación y desarenadero (2), además el Poblado de Huaco (6).



**Figura 14 A:** Vista satelital del Río Huaco y Azud Paso de Los Sauces. (1) Bañero Municipal; (2) Cámara de captación de agua y desarenadero; (3) Cauce natural del Río Huaco; (4) Muro de presa; (5) Ruta Nacional 75. Adaptado de Google Earth Pro (2024).



**Figura 14 B:** Vista satelital del Río Huaco y Poblado de Huaco. (2) Cámara de captación de agua y desarenadero; (6) Poblado de Huaco. Adaptado de Google Earth Pro (2024).

De la investigación efectuada se desprende que resulta factible el aprovechamiento energético, demostrando que esta metodología podría ser aplicada a muchos otros poblados del interior de la provincia, donde existen caudales importantes en ríos y canales de agua que cuentan con diferencias de altura importantes en sus cauces. Durante este proceso de investigación se efectuó las siguientes actividades:

- Determinación del módulo de caudal del Río Huaco para época invernal y estival.
- Determinación del caudal disponible de módulo constante anual factible de turbinar.
- Determinación de los posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas (considerando las posibles alturas máximas que se producirían durante las crecientes del río).
- Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las casas de máquinas.
- Determinación de la potencia de generación factible.
- Determinación de la cantidad de viviendas, estimación de la cantidad de habitantes permanentes y potencias requeridas por tipo de viviendas.
- Determinación de la potencia máxima requerida por el poblado.
- Estudio de impacto ambiental correspondiente.
- Determinación del **CO<sub>2</sub>** que dejaría de emitirse por generación térmica de energía equivalente.
- Determinación de la hipótesis primaria.
- Determinación del tipo de turbina y generador que se propone utilizar.
- Estimación de presupuestos y recuperación de la inversión.
- Determinación de la hipótesis secundaria.



## II.5. Importancia del trabajo planteado

Este tipo de centrales resultan muy amigables con el ambiente, además en el caso particular del Río Huaco a la altura del Azud Paso de los Sauces, la obra civil requerida resulta escasa, es factible aprovechar las obras de captación ya existentes en terreno que resultan factibles de aprovechar, de esta manera se producirá una escasa alteración en el cauce del río. Resulta menester indicar que las microcentrales representan una alternativa interesante y válida a la hora de producir energía.

La importancia del presente trabajo de investigación radica fundamentalmente en que abre un amplio abanico de posibilidades vinculado a la generación de energía por métodos amigables con el ambiente frente a los métodos de generación tradicional, en el entorno provincial. Permite además abrir el campo de estudio en nuestra provincia a un gran número de sitios en donde la generación hidroeléctrica a baja escala puede ser la fuente de suministro de energía a poblados que se encuentran muy lejanos a las redes eléctricas de distribución, poblados que aún no poseen el acceso al suministro de energía eléctrica o con serias variaciones en los parámetros eléctricos por encontrarse en finales de líneas muy alejadas de la red principal. Como consecuencia de la implementación de estas posibles microcentrales, resulta factible producir un impacto social muy significativo y de carácter positivo sobre la población como producto del acceso a la electricidad y/o las mejoras producidas en la estabilidad del sistema de suministro.

Por otra parte, es de fundamental importancia en un futuro ofrecer a la sociedad una gran cantidad de pequeños aportes energéticos al sistema eléctrico, procedentes de fuentes limpias y amigables con el ambiente, que entre todas estas en conjunto pueden ser capaces de reemplazar una central de mediana o gran envergadura, disminuyendo así su alto grado de contaminación.

## II.6. Estado de la cuestión o del arte

Resulta importante citar que el área del desarrollo de micro emprendimientos hidroeléctricos en nuestro país se encuentra medianamente desarrollado en varias provincias, en las que se encuentran funcionando distintos tipos de conjuntos de turbina-generator, en diferentes tipos de embalses y/o tomas de captación de agua.

Resulta menester citar que en el año 1984 la Universidad Nacional de Misiones a través de su Facultad de Ingeniería y en conjunto con el gobierno provincial de Misiones desarrollaron y fomentaron la construcción de microturbinas hidráulicas destinadas a la generación de energía eléctrica y su instalación en zonas rurales alejadas, donde no disponían de este elemento (Kurtz, S.F). Con el objeto de llevar adelante la realización de los distintos proyectos se formaron consorcios de beneficiarios y en conjunto se realizaron y ejecutaron los proyectos de distintas microcentrales hidroeléctricas de bajo costo, estas consistían de turbinas tipo Michel Banquis y generadores asincrónicos (Kurtz, et al., S.F.). Algunas de las centrales construidas aún se encuentran funcionando. Las mismas generaban energía de manera constante y en rangos de potencia que se encontraban desde los 8 KW hasta los 64 KW, algunas interconectadas a la red y otras que funcionaban de manera aislada (Kurtz, et al., S.F.). La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones efectuaba la construcción del equipamiento hidromecánico y electrónico de la microcentral, así como la capacitación de los nuevos usuarios para la operación, el manejo y el uso racional de la energía.

A nivel nacional se pueden citar otros aprovechamientos según lo indicado por el documento PAH (Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos) de la Secretaría de Energía, como ser:



- Los Quiroga, Provincia de Santiago del Estero, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 2 MW (S.E., 2008).
- Saltito II, Provincia de Misiones, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 640 KW (S.E., 2008).
- Puerto Moreno, Provincia de Río Negro, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 360 KW (S.E., 2008).
- Río Pico, Provincia de Chubut, dotado de un conjunto turbina generador con una potencia instalada de 180 KW (S.E., 2008).
- Valle Grande, Provincia de Jujuy, dotado de un conjunto turbina generador con una potencia instalada 48 KW (S.E., 2008).
- Río Chico, Provincia de Santa Cruz, con una potencia instalada de 2 MW (S.E., 2008).
- Pichanas, Provincia de Córdoba, con una potencia instalada de 1,6 MW (S.E., 2008).
- Los Antiguos, Provincia de Santa Cruz, con una potencia instalada de 1,2 MW (S.E., 2008).

## II.7. Descripción general de las actividades

Para efectuar el siguiente trabajo de investigación y desarrollo de Tesis de posgrado de la Maestría en Ingeniería Ambiental, se procedió a establecer el caudal del Río Huaco, de igual manera fue menester determinar el caudal disponible en el ingreso y egreso a la toma de captación de agua existente y que se destinará a derivar por la tubería forzada con el objeto de ser turbinado para generar energía hidroeléctrica. Por otra parte, fue necesario contemplar un caudal de mantenimiento en el cauce principal del tramo afectado, siendo destinado dicho caudal a la



conservación de la flora y fauna ictícola del tramo citado, además de contribuir al mantenimiento y conservación del entorno paisajístico del lugar, siendo estos entre otros, los dos factores ambientales fundamentales que se consideraron en el caso planteado. En esta tarea se aplicaron las herramientas brindados por la mecánica de los fluidos, la hidráulica de canales y aforos de ríos para la determinación de caudales.

Mediante relevamiento de campo se determinó el punto adecuado para la localización de la casa de máquinas, encontrando la altura neta (diferencia de altura entre el ingreso a la tubería forzada a construir desde la toma de caudal de agua y el punto de salida de caudal en la turbina. Para la localización aguas abajo de la casa de máquinas (punto de emplazamiento de la turbina), se consideró la inundabilidad del área de emplazamiento de la casa de máquinas en función del régimen de crecidas y el caudal normal de las crecientes. Para el estudio de inundabilidad del punto de emplazamiento de la casa de máquinas, se procedió a determinar el régimen de crecientes del Río Huaco, para esto se estudió el régimen de precipitaciones anuales en la zona, se efectuó consultas a pobladores permanentes del poblado (preferentemente a los operadores de las compuertas de la toma de captación de agua del Azud Paso de los Sauces), además cuando se produjeron precipitaciones elevadas durante la realización del presente trabajo se complementó con visitas de campo posteriores a las mismas, a los efectos de observar y estimar las alturas máximas alcanzadas por el río en las zonas de emplazamiento de la casa de máquinas.

Para determinar de la diferencia de altura se utilizó un GPS digital marca GARMIN modelo GPSMAP 64s, número de serie 3BP181512 y se complementó el estudio mediante la utilización de herramientas digitales, en particular el Google Earth Pro. Además, se procedió a corroborar las diferencias de altura en los terrenos mediante



medios físicos aplicables en el terreno, como ser mangueras plásticas transparentes cargadas con agua (conocidas como mangueras de nivel), reglas verticales de medición topográfica y en aquellos casos en que fue factible medir la altura de un acantilado de manera vertical se utilizó una cinta métrica con un contrapeso fijado en su extremo inferior.

La potencia hidráulica disponible y la potencia eléctrica factible de generar se determinó por las herramientas teóricas del cálculo brindadas por la mecánica de los fluidos, y por los rendimientos dados por la literatura técnica de las máquinas fluidodinámicas y las máquinas eléctricas, criterios y bibliografías similares fueron utilizados y adoptados para determinar, seleccionar y proponer los equipos de turbinado y generación adecuados.

En cuanto al estudio de impacto ambiental de las etapas constructivas, de operación y de abandono, se aplicó los métodos indicados en la bibliografía específica de la materia.

En lo referente a la confección de presupuestos y recupero de la inversión se realizó los mismos en base a las estimaciones de obras y equipamientos requeridos para llevar a cabo la microcentral, considerando valores de mercado de los citados elementos.

A los efectos de determinar la potencia eléctrica y la energía mensual y anual consumida requerida por el Poblado de Huaco, se realizó un estudio en territorio, aplicando metodologías de relevamiento de campo se determinó la cantidad de viviendas existentes, la cantidad de viviendas habitadas de manera permanente, la potencia eléctrica máxima requerida y la energía eléctrica anual consumida por el poblado.



Con toda la información y datos relevados se procedió a verificar o refutar las hipótesis planteadas.

## **II.8. Hipótesis**

### **II.8.1. Hipótesis principal**

***“No es bajo el impacto ambiental producido por un micro-emprendimiento hidroeléctrico sobre el Río Huaco destinado a autoabastecer de energía eléctrica al poblado homónimo”.***

### **II.8.2. Hipótesis secundaria**

***“No es posible autoabastecer de energía eléctrica sustentable a la Localidad de Huaco aprovechando el potencial hídrico del Río Huaco”.***

## **II.9. Características de la central planteada**

Las restricciones físicas y constructivas que se establecieron en el planteo de la microcentral destinada a demostrar o refutar ambas hipótesis son las siguientes:

- Una sola unidad de turbinado y generación.
- Caudal máximo a utilizar igual a  $2/3$  del caudal mínimo del río en época de estiaje, garantizando un caudal ecológico mínimo a través del río de  $1/3$  del caudal mínimo, cumpliéndose de esta manera con el valor normado, que corresponde

al 10% del caudal medio. Este criterio adoptado se basa en las recomendaciones del documento “Caudales Ecológicos del Río Grande” de (Infante, et al., 2018).

- La longitud máxima de tramo del río que se afectaría por reducción del caudal no debe ser superior a 500 metros.
- Lograr una diferencia de altura bruta de salto significativa que sea superior a 15 metros de altura.
- Utilizar equipamientos permanentes simples, de bajo costo de adquisición y mantenimiento en las instalaciones propuestas que maximicen la altura neta disponible para la generación de energía.
- Lograr que la central pueda producir al menos un 70% de la potencia de punta requerida por la población permanente del Poblado de Huaco.
- Producir anualmente el 100% de la energía consumida por la población permanente del Poblado de huaco.

## **II.10. Objetivos**

### **II.10.1. Objetivo principal**

- Evaluar si es factible aprovechar el potencial hidráulico del Río Huaco para producir energía destinada a autoabastecer al Poblado de Huaco produciendo un impacto ambiental mínimo.

## II.10.2. Objetivos secundarios

- Determinar el impacto ambiental producido sobre el Río Huaco en la zona de emplazamiento del microaprovechamiento hidroeléctrico.
- Determinar el caudal mínimo constante anual disponible para producir energía hidroeléctrica.
- Determinar el régimen de crecientes del Río Huaco.

## II.11. Marco teórico general

A los efectos de poder llevar a cabo el presente trabajo de tesis de la maestría en ingeniería ambiental se propuso las siguientes metodologías de trabajo:

### II.11.1. Determinación del “módulo mínimo” de caudal del Río Huaco

Para efectuar esta tarea se seleccionó aguas arriba de la toma de captación de agua un sector del río en la que el cauce posea una forma aproximadamente geométrica, se determinó la forma de su sección transversal y se efectuó un cuadrículado del mismo dividiéndolo en “ $n$  áreas individuales  $A_i$ ”, a continuación se procedió a medir la velocidad media “ $V_i$ ” del flujo de agua que circula por cada *área individual* “ $A_i$ ”. El caudal del río “ $Q_r$ ” resultó de la sumatoria del producto de cada área de cuadrícula por su correspondiente velocidad media, es decir:

$$Q_r = Q_i = \sum_{i=1}^n A_i \cdot V_i \quad (II.1)$$

La velocidad del agua en cada cuadrícula se determinó con un medidor de velocidad de flujo de agua marca Global Water 800-876-1172, Modelo FP211, N° de serie 1409001210, propiedad de la Facultad Regional La Rioja de la Universidad

Tecnológica Nacional, aunque como se detalla más adelante, en ocasiones se debió recurrir a determinar las velocidades “ $V_i$ ” por otros métodos o instrumentos. A continuación, se determinó los caudales en al menos dos estaciones del año, en verano (máximo caudal excluyendo días de crecientes por precipitaciones) y en invierno (mínimo caudal). Debido a la incertidumbre en la medición del caudal, producto del error propio del instrumento, ya que posiblemente el mismo se encontraba midiendo muy por debajo del fondo de escala, se presentó una incertidumbre elevada en las mediciones realizadas, por esta razón, a los efectos de corroborar las mismas, cuando fue factible se desvió todo el caudal del río a través del azud, se efectuó la medición de caudal adicional (y a modo de corroboración) en el vertedero rectangular de pared delgada sin contracción lateral (vertedero de medición) que posee el azud. En la **Figura 15** se observa las características del vertedero de medición. En el caso particular del Azud de Paso de los Sauces el vertedero posee un ancho de 2 metros. Para cada caso se tomó las medidas, de “ $h$ ” y “ $b$ ”, se pretendió determinar el caudal mediante la expresión propuesta por Mataix en su obra “Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas” en donde el caudal “ $Q$ ” del vertedero rectangular viene dado por la expresión (II.2)

$$Q = C_q \frac{2}{3} b h \sqrt{2gh} \quad (\text{II.2})$$

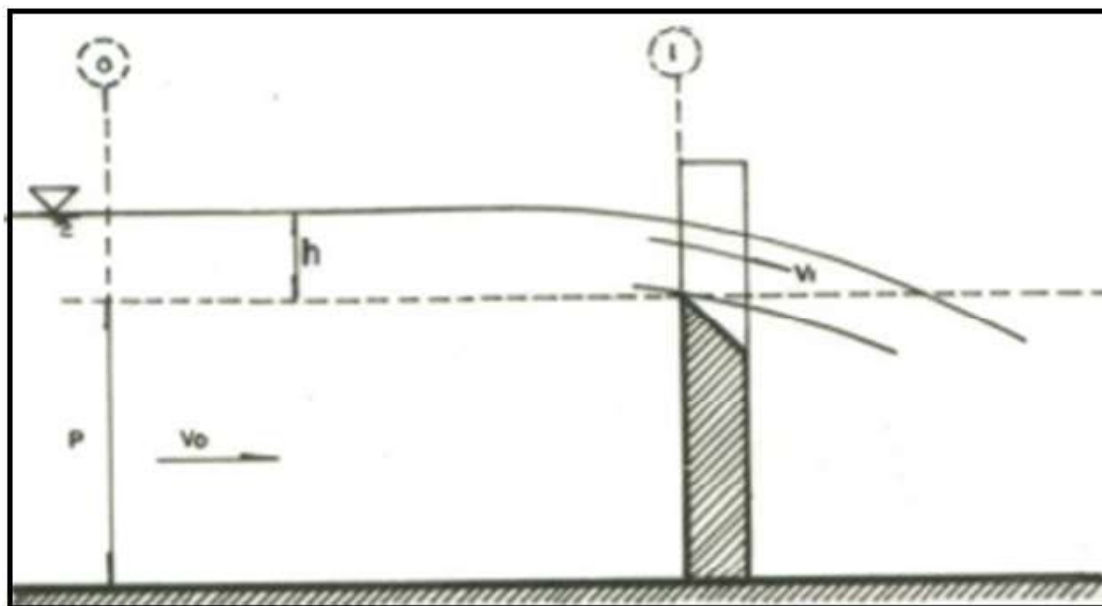
“donde  $C_q$  – coeficiente de caudal adimensional, que suele oscilar entre 0,64 y 0,79.” (Mataix, 1982), donde “ $b$ ” representa el ancho del vertedero, “ $h$ ” viene dado por la altura entre el pelo de agua y la altura máxima del agua medida fuera de la zona de influencia de la lámina del vertedero, y “ $g$ ” el coeficiente de atracción gravitatoria, esta fórmula de cálculo presenta cierto grado de incertidumbre dado que no expresa los criterios para adoptar el valor de “ $C_q$ ”. A los efectos de abatir esta imprecisión, se

opta por una fórmula de cálculo más precisa, se decidió aplicar la expresión de Bazin para determinar el valor de “**Q**” (para alturas “**h**” de 0,1 a 0,3 m) dada por la siguiente expresión:

$$Q = \left[ 0,425 + 0,212 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right] bh\sqrt{2gh} \quad (II.3)$$

donde “**h**” viene dado por la altura entre el pelo de agua y la altura máxima del agua medida fuera de la zona de influencia de la lámina del vertedero, “**P**” simboliza la altura de la cresta del vertedero medida desde el suelo, “**b**” representa el ancho del vertedero, y “**g**” el coeficiente de atracción gravitatoria. Con esta expresión se cometen errores del 2% al 3% en la determinación del caudal “**Q**” (Marbello Pérez, S.F.), también se deduce que para alturas **h** de 0,1 a 0,3 m el valor “**C<sub>q</sub>**” viene dado por:

$$Cq = \left[ 0,425 + 0,212 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right] \quad (II.4)$$



**Figura 15:** Vertedero de pared delgada sin contracción lateral. Adaptado de Marbello Pérez (S.F.).

### II.11.2. Determinación del “módulo de caudal permanente a turbinar” disponible en la toma de captación destinada a turbinar.

Para esto, en la medición de caudal mínimo del río que se realizó durante el estiaje (noviembre), se determinó el caudal de agua permanente de entrada al desarenador del azud y que ingresó a la pileta de filtrado pasando por sobre el *vertedero rectangular de pared delgada sin contracción lateral* mencionado en el apartado anterior, al mismo se lo aprecia en la **Figura 16**. Se abrió las compuertas de ingreso de agua a la cámara desarenadora hasta que se observó que al menos 1/3 (aproximadamente) del caudal continuó circulando por el cauce normal del río y 2/3 (aproximadamente) ingresó al azud.

Respecto al caudal ecológico, se asignó arbitrariamente en un valor de 1/3 del caudal de estiaje (noviembre), esto radica en que se estimó que sería un módulo semejante al 10% del caudal medio anual (Infante, et al., 2018). este caudal ecológico se encuentra destinado a minimizar el impacto sobre la flora y fauna ictícola que habita el tramo afectado aguas abajo, condición estrictamente necesaria adoptar en caso de implementarse la microcentral hidroeléctrica, los 2/3 del caudal de estiaje que ingresan al azud, se estimó que corresponderá al 90% del caudal medio anual del Río Huaco (Infante et al., 2018), será el caudal destinado a captación de agua potable, riego de parques de las viviendas del poblado y caudal destinado a turbinar para generación de energía eléctrica. A continuación, se midió la altura de la vena de fluido que franquea sobre el vertedero de medición del azud, luego por la fórmula de cálculo (II.3) se calculó el caudal (“ $Q_v$ ”) que ingresó a la toma de captación de agua. Se determinó el caudal disponible en el vertedero (“ $Q_v$ ”), que básicamente resultó ser 2/3 del caudal mínimo determinado para el Río Huaco (“ $Q_{mín}$ ”). Por otra parte, se mantuvo esta condición de circulación de agua a través del río (aproximadamente 1/3

del caudal del río) durante una hora con el objeto de observar que se estabilice el régimen de ingreso de agua al azud y el caudal de mantenimiento en el tramo afectado, verificando visualmente que el mismo se mantenía estable y manteniéndose en circulación.



**Figura 16:** Vista del vertedero de medición. Existente en la toma de captación de agua en el Azud Paso de los Sauces, Río Huaco. Mes de marzo del año 2019.

Una vez que se determinó el caudal disponible sobre el vertedero de medición (“ $Q_v$ ”) se descontó matemáticamente el caudal extraído por la bomba de agua que se encuentra montada en la toma de captación de agua, para ello se solicitó las características de la bomba y el caudal extraído por la misma al Director del área Electromecánica de la Secretaría Provincial del Agua. Al caudal (“ $Q_e$ ”) que se extrae actualmente para agua potable y riego, a modo de previsión se incrementará al doble a los efectos de prever un crecimiento futuro del doble al consumido actualmente, por lo tanto, el caudal disponible para turbinar y generar energía hidroeléctrica resulta ser:

$$Q_t = Q_v - 2 \cdot Q_e \quad (II.5)$$

donde “ $Q_t$ ” es el caudal disponible para turbinar, “ $Q_v$ ” es el caudal que ingresa a la toma de captación de agua (o caudal sobre el vertedero de medición determinado por la expresión (II.4), “ $Q_e$ ” representa el caudal extraído actualmente para potabilización y riego. En tanto, el caudal que circuló a través del tramo del río que resultó afectado “ $Q_{ra}$ ” y viene dada por:

$$Q_{ra} = Q_r - Q_v - 2 \cdot Q_e \quad (II.6)$$

donde “ $Q_r$ ” es el valor del caudal del río determinado por la expresión (II.1), “ $Q_v$ ” es el caudal que ingresa a la toma de captación de agua y “ $Q_e$ ” representa el caudal extraído actualmente para potabilización y riego. Se determinó los caudales en al menos dos estaciones del año, en verano (máximo caudal excluyendo días de crecientes por precipitaciones) y en invierno (mínimo caudal).

### **II.11.3. Determinación de los posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas.**

Para esta tarea se recorrió río abajo el cauce del mismo, se determinó visualmente los puntos de emplazamiento más adecuados. Se recopiló la información necesaria para determinar los posibles puntos de localización, como ser fotografías, georreferenciaciones, distancias desde la toma, se determinó las diferencias de alturas existentes con la toma de captación por medio de un sistema de georreferenciación global y se verificó por imágenes satelitales obtenidas del Google Earth Pro.



#### **II.11.4. Estimación del régimen de crecientes anuales del río y estimación del caudal máximo**

El régimen de lluvias torrenciales en la Provincia de La Rioja se encuentra comprendido entre los meses de diciembre, enero y febrero, las crecientes del Río Huaco se relaciona estrechamente con intensas precipitaciones en la cuenca alta del mismo, resultando coincidentes. Para el presente caso la importancia del régimen de crecidas radica fundamentalmente en determinar la altura de la corriente de agua en los posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas, de manera tal que el punto de instalación de la misma, permita lograr una altura significativa a los efectos de evitar su inundabilidad. De esta manera se pudo determinar el mejor sistema de turbina para aprovechar la mayor altura disponible destinado a obtener la potencia de generación adecuada con el objetivo planteado en la investigación, pero además evitando la posibilidad de que la casa de máquinas sea inundada o hasta incluso arrasada por la corriente de agua en una crecida. Para esta parte del trabajo se desarrolló dos tareas:

1. Entrevista a habitantes permanentes del pueblo (preferentemente a personas vinculadas a la operación del sistema de agua potable) que conocen el régimen de crecidas y los niveles de altura alcanzados por el río en el vertedero de cresta del Azud de Paso de los Sauces.
2. Visita al lugar luego de crecientes, en donde se determinó las marcas que depuso el agua y los materiales arrastrados, comprobando las alturas alcanzadas en los posibles puntos de emplazamientos de la Casa de Máquinas y en el vertedero de cresta del azud. Dichas marcas depuestas por el agua turbia permitieron determinar mediante el cálculo de hidráulica de vertederos el caudal aproximado

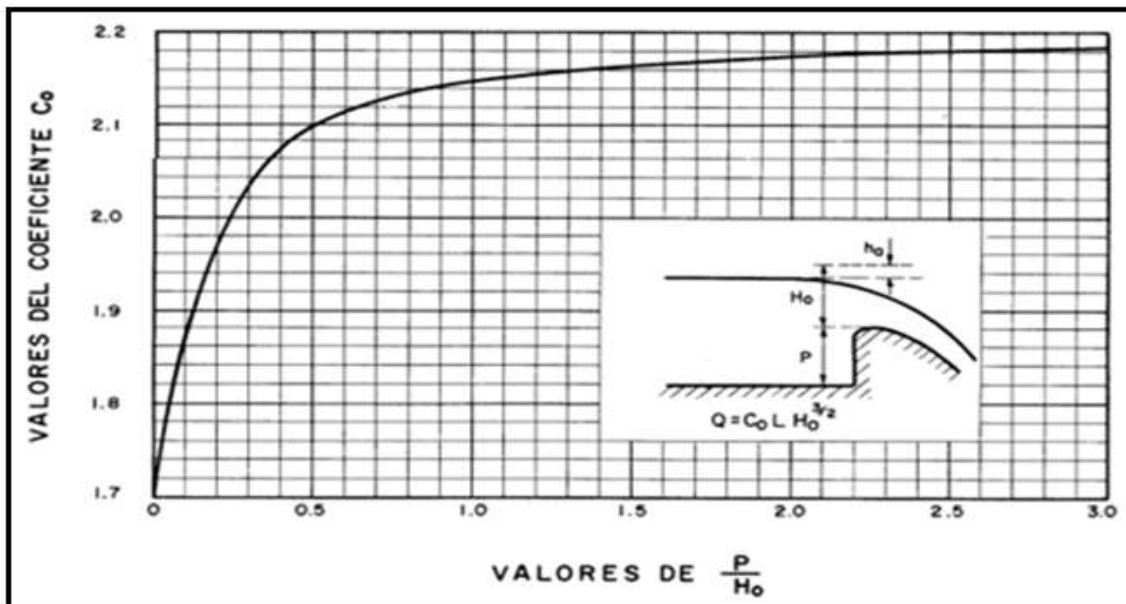
del río durante las crecientes. En la **Figura 17** se puede apreciar una antigua presa tipo vertedero de cimacio existente en el lateral derecho de la de toma de captación. En la obra “*Laboratorio de Hidráulica de Canales*”, (Estrada Gutiérrez G., S.F.) propone la expresión (II.7) para determinar el caudal que fluye a través del vertedero de cimacio, indicado como “ **$Q_c$** ” (Estrada Gutiérrez G., S.F.), viene dado por:

$$Q_c = C_o L H_o^{1,5} \quad (II.7)$$

siendo “ **$Q_c$** ” el caudal que vierte el vertedero de cimacio, “ **$C_o$** ” el coeficiente de gasto, “ **$L$** ” la longitud de la cresta medida en metros, “ **$H_o$** ” la altura total medida con respecto al punto más alto de la cresta del vertedor. Para determinar el valor de “ **$C_o$** ” se recurre a la **Figura 18**. Con el valor obtenido de altura de crecida sobre el vertedero se determinó el caudal del río en la crecida correspondiente.



**Figura 17:** *Vista del vertedero de cimacio.* Situado sobre el lateral derecho del Río Huaco en el Azud Paso de los Sauces. Imagen tomada en el mes de marzo del año 2019. (Aegerter, 2023 Microcentrales hidroeléctricas; una alternativa limpia y amigable con el ambiente, posibilidad de aplicación en la Provincia de La Rioja).



**Figura N° 18:** *Coeficiente de gasto  $H_0$  para un vertedor cimacio.* Adaptado de Estrada Gutiérrez (S.F.)



### II.11.5. Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las Casas de Máquinas

Para esta tarea se utilizó dos técnicas con el objeto de minimizar las diferencias.

Las mismas son:

1. La determinación de desniveles con GPS en los posibles puntos donde se consideró que era factible emplazar la casa de máquinas. Se utilizó un GPS marca GARMIN GPSMAP 65S serie number 3BP181512 con el cual se determinó las coordenadas de cada punto considerado y la altura del terreno. Si bien el plan de tesis (**Anexo I**) se propuso utilizar un nivel laser, se procedió al cambio de la metodología otra por razones de costos disponibilidad de equipos.
2. La determinación de niveles con imágenes satelitales (Google Earth Pro), con lo que se determinó la altura de cada punto considerado por medio de la altura indicada en pantalla, estas se compararon con las alturas obtenidas con el GPS.

Debido a las grandes diferencias obtenidas por medio de ambos métodos, se contrastó las diferencias de altura obtenidas con medios físicos aplicables en el terreno, como ser mangueras plásticas transparentes cargadas con agua (mangueras de nivel) y reglas verticales graduadas, como así también en acantilados verticales, se utilizó cinta métrica con un contrapeso metálico ligado en el extremo inicial, con lo que se pudo tender y tensar verticalmente la cinta a los efectos de determinar las alturas en acantilados verticales.

### II.11.6. Determinación del punto de emplazamiento de la Casa de Máquinas y la “altura bruta de salto”

Considerando y evaluando la información obtenida en los puntos II.11.3 (Determinación de los posibles puntos de emplazamiento de la Casa de Máquinas) y II.11.5 (Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de la Casa de Máquinas) se eligió el lugar más adecuado en función de las diferencias de altura disponibles, inundabilidad, arrastre producido por el caudal de crecidas y accesibilidad de equipos de montaje. Una vez que se estableció el punto de emplazamiento y con la información obtenida en el punto II.11.5 (Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de la Casa de Máquinas), se determinó la altura bruta de salto. Es decir:

$$H_b = z_e - z_s \quad (II.8)$$

Donde “**H<sub>b</sub>**” representa la altura bruta disponible por el salto, “**z<sub>e</sub>**” constituye la cota superior de ingreso de caudal de agua y “**z<sub>s</sub>**” simboliza la cota inferior del caudal de agua.

### II.11.7. Determinación de la potencia teórica disponible

Esto surge de la aplicación de cálculo de potencia hidráulica teórica disponible, es ampliamente conocido en la mecánica de los fluidos que la potencia disponible del salto viene dada por la expresión:

$$P = Q_t \cdot \gamma \cdot H_b \quad (II.9)$$

donde “**P**” es la potencia hidráulica teórica disponible (medida en W), “**Q<sub>t</sub>**” es el caudal a turbinar (medido en m<sup>3</sup>/s), “**γ**” representa el peso específico del fluido

turbinado (medido en  $N/m^3$ ) y “ $H_b$ ” representa la altura bruta disponible (medida en metros).

Aplicando la expresión (II.9) y con los datos obtenidos en los apartados anteriores se calculó el valor de potencia hidráulica teórica disponible.

### II.11.8. Determinación de la “potencia de generación factible”

Este dato se determinó al afectar a la potencia “ $P$ ” obtenida mediante la expresión (II.9) de diversos coeficientes menores que 1 denominados rendimientos, los mismos se detallan y explican a continuación, estos son:

- **Rendimiento de la instalación:** esto nace de aplicar la ecuación de continuidad o Bernoulli entre los extremos de la instalación, surgiendo de aquí la expresión de la altura neta propuesta por Mataix (1982)

$$H_n = \frac{P_e - P_s}{\rho \cdot g} + z_e - z_s + \frac{V_e^2 - (V_s^2)}{2g} \quad (II.10)$$

donde “ $H_n$ ” es la altura neta disponible que aprovecha la turbina, “ $p_e$ ” representa la altura de presión a la entrada de la instalación medida en Newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ), “ $p_s$ ” representa la altura de presión a la salida de la instalación medida en Newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ), “ $\rho$ ” expresa la densidad del fluido utilizado, “ $g$ ” constituye el valor del coeficiente de atracción gravitatoria, “ $z_e$ ” representa la altura del punto de entrada a la instalación medida en metros, “ $z_s$ ” representa la altura del punto de salida a la instalación medida en metros, “ $v_e$ ” representa el valor de velocidad de entrada del fluido a la instalación medida en (m/s) y “ $v_s$ ” representa el valor de velocidad del fluido a la salida de la instalación medida en metros por segundo (m/s).

Si reemplazamos la (II.8) en la (II.10) obtendremos:

$$Hn = \frac{P_e - P_s}{\rho \cdot g} + H_b + \frac{Ve^2 - (Vs^2)}{2g} \quad (II.11)$$

En general, al aplicar la ecuación de continuidad, las presiones de entrada y salida al sistema de conversión de potencia hidráulica a potencia mecánica son iguales a la presión atmosférica, con lo que el primer término del segundo miembro es igual a cero, quedando la expresión:

$$Hn = H_b + \frac{Ve^2 - (Vs^2)}{2g} \quad (II.12)$$

y en general, la velocidad del fluido en el ingreso a la instalación también es cero, con lo que la expresión se reduce a:

$$Hn = H_b - \frac{(Vs^2)}{2g} \quad (II.13)$$

para aquellas turbinas hidráulica que solamente son de acción, en las que se transforma la energía potencial del agua en energía cinética y la energía cinética se transforma en energía mecánica de rotación (cupla y velocidad angular), si además el punto de descarga se encuentra a un nivel superior al punto de salida “ $z_s$ ”, se perderá parte de la altura “ $H_n$ ”, resultando:

$$Hn = H_b - z_d - \frac{(Vs^2)}{2g} \quad (II.14)$$

donde “ $z_d$ ” es la altura a la que se encuentra la salida (o descarga) de la turbina que se encuentra en un nivel superior que el nivel de salida aguas abajo, la velocidad de salida “ $v_s$ ”, “ $g$ ” constituye el valor del coeficiente de atracción gravitatoria, parámetros que ya fueron citados anteriormente para las expresiones (II.8) y (II.10). Para aquellas turbinas de acción y reacción con tubo

de aspiración dotado de difusor que descarga el fluido por debajo del nivel aguas abajo, la velocidad de salida “ $v_s$ ” resulta aproximadamente igual a cero, con lo que la expresión (II.12) resultante será:

$$H_n = H_b \quad (II.15)$$

Ahora bien, en las tuberías de entrada y salida de la instalación existen pérdidas de energía, estas se deben a las pérdidas de energía del fluido por fricción en las tuberías, esto es conocido técnicamente como pérdidas primarias en tuberías. Otras pérdidas son producidas por estrechamiento y cambios de dirección en las tuberías, válvulas, curvas, accesorios, todas estas son conocidas como pérdidas secundarias (Mataix, 1982). El fluido cede parte de su energía potencial gravitatoria transformándola en energía perdida por fricción, esta energía perdida se traduce en una disminución de la altura bruta disponible. Es factible calcular esta pérdida de altura en función de la rugosidad de la tubería, de la velocidad (que está en función directa del diámetro de la misma), accesorios utilizados, válvulas, etc. En general es conocido que las tuberías se dimensionan para que estas pérdidas de altura sean bajas, por lo general cercanas e inferiores al 5%. Para nuestro caso se supondrá un valor fijo máximo de 8%, razón por la cual consideraremos un rendimiento de la instalación de “ $\eta_i$ ” = 0,92; es decir, afectaremos a la potencia teórica “ $P$ ” obtenida por el coeficiente “ $\eta_i$ ”.

- **Rendimiento de la turbina:** la máquina destinada a realizar la transformación de energía hidráulica en energía mecánica en forma de cupla y rotación angular en su eje, presenta pérdidas de energía en el proceso de transformación, estas se deben a factores específicamente mecánicos como



la fricción en cojinetes y movimiento mecánico de accesorios, además se producen pérdidas hidráulicas producidas por el rozamiento del fluido en los elementos de la turbina (distribuidor, caja espiral, rodete, tubería de aspiración), también se producen pérdidas volumétricas como ser fugas entre rodete - carcasa y recirculación del fluido entre ambos (Mataix, 1982); de aquí surge un nuevo rendimiento denominado rendimiento de turbina " $\eta_u$ ". Este rendimiento en las máquinas modernas varía de 0,9 a 0,93 (Mataix, 1982). Se consideró para este caso que la turbina resultará en una máquina pequeña y asumiendo que el rendimiento rondaría en un valor de 0,82; se afectó a la potencia teórica " $P$ " dado por la expresión (II.9) de este coeficiente.

- **Rendimiento del generador:** la máquina destinada a realizar la transformación de energía mecánica que recibe en su eje transformándola en energía eléctrica en sus bornes, en forma de diferencia de potencial eléctrico de un sistema trifásico (Voltaje) y corriente eléctrica (Amper) presenta pérdidas de energía en el proceso de transformación, estas se deben a factores puramente mecánicos como la fricción en cojinetes y ventilación, otros factores vinculados íntimamente al circuito magnético como ser pérdidas por el ciclo de histéresis y corrientes parásitas o de Foucault, también existen pérdidas por efecto Joule o disipación de energía en forma de calor por el calentamiento debido a la circulación de la corriente eléctrica a través de las resistencia de los devanados ( $I^2R$ ) conocidas como pérdidas por efecto Joule (Sobrevila, 2008); de aquí surge otro rendimiento denominado rendimiento del generador " $\eta_g$ ", este rendimiento en general en máquinas modernas varía de 0,9 a 0,92; se consideró en este caso que el generador utilizado es una máquina pequeña, que además es un generador asincrónico, se asumió que

este valor se encuentra comprendido en 0,85; es decir, se afectó a la potencia teórica “ $P$ ” dada por la expresión (II.9) de este coeficiente.

Por todo lo expuesto, la potencia de generación factible (“ $P_g$ ”) resultó de la siguiente expresión:

$$P_g = \eta_i \cdot \eta_u \cdot \eta_g \cdot P \quad (\text{II.16})$$

donde “ $\eta_i$ ” constituye el rendimiento de la instalación, “ $\eta_u$ ” representa el rendimiento de la turbina, “ $\eta_g$ ” expresa el rendimiento del generador y “ $P$ ” es la potencia hidráulica teórica disponible que viene dado por la expresión (II.9). Ahora bien, reemplazando la expresión (II.9) en la expresión (II.16) se obtiene:

$$P_g = \eta_i \cdot \eta_u \cdot \eta_g \cdot Q_t \cdot \gamma \cdot H \quad (\text{II.17})$$

podemos considerar que el rendimiento total “ $\eta_t$ ” de todo el conjunto resulta igual a 0,64; esto resulta de asignarle los valores correspondientes a los rendimientos determinados anteriormente, implicando que:

$$\eta_t = \eta_i \cdot \eta_u \cdot \eta_g = 0,92 \cdot 0,82 \cdot 0,85 = 0,64$$

Resultando este valor de rendimiento total “ $\eta_t$ ” en la expresión (II.16) obtendremos el valor de:

$$P_g = 0,64 \cdot Q_t \cdot \gamma \cdot H \quad (\text{II.18})$$

Para el caso que se adoptó utilizar una turbina de acción y reacción con tubo de aspiración y difusor, reemplazando la expresión (II.15) en la (II.18) se obtiene la potencia de generación factible (“ $P_g$ ”) para una turbina de acción y reacción:

$$P_g = 0,64 \cdot Q_t \cdot \gamma \cdot H_b \quad (\text{II.19.a})$$

recordando que valor constante **0,64** representa el rendimiento total " $\eta_t$ ", por otra parte " $Q_t$ " es el caudal a turbinar (medido en  $m^3/s$ ), " $\gamma$ " representa el peso específico del fluido turbinado (medido en  $N/m^3$ ) y " $H_b$ " representa la altura bruta disponible (medida en metros).

Para el caso de se utilice una turbina de acción sin tubo de aspiración y por ende sin difusor, reemplazando la expresión (II.14) en la (II.18) y la potencia de generación factible (" $P_g$ ") para una turbina de acción resulta:

$$P_g = 0,65 Q_t \cdot \gamma \left[ H_b - z_d - \frac{(v_s^2)}{2g} \right] \quad (II.19.b)$$

recordando que valor constante **0,64** representa el rendimiento total " $\eta_t$ ", por otra parte " $Q_t$ " es el caudal a turbinar (medido en  $m^3/s$ ), " $\gamma$ " representa el peso específico del fluido turbinado (medido en  $N/m^3$ ) y " $H_b$ " representa la altura bruta disponible (medida en metros), " $z_d$ " es la altura a la que se encuentra la salida (o descarga) de la turbina que se encuentra en un nivel superior que el nivel de salida aguas abajo, " $v_s$ " la velocidad de salida de la instalación, " $g$ " constituye el valor del coeficiente de atracción gravitatoria.

Comparando la expresión (II.19.a) con la (II.19.b), se dedujo que resulta conveniente seleccionar turbinas en que la altura de descarga " $z_d$ " sea mínima o nula, al igual que la velocidad de salida " $v_s$ ", de manera tal que se maximice la altura neta. Esto no siempre resulta factible, ya que las características constructivas y de diseño de las máquinas fluidodinámicas dependen también de las características de altura bruta disponible y caudal a turbinar. Esta temática será abordada nuevamente más adelante al seleccionar de manera básica el equipamiento a proponer. Por ahora es importante comprender que en saltos de poca altura resulta absolutamente necesario reducir al mínimo valor la altura " $z_d$ ".

### II.11.9. Determinación del “*impacto ambiental*” de las obras a realizar a los efectos de determinar la viabilidad de la ejecución del proyecto.

La supervivencia humana conlleva a acciones de explotación y uso de los recursos naturales del planeta, la sumatoria de todas estas actividades, su amplio abanico y las consecuencias de las mismas a lo largo de la era industrial nos condujo a un daño ambiental colosal que en la actualidad roza las aristas de la irreversibilidad. En la obra Ingeniería Ambiental se expresa que, “Todo lo que podemos hacer es asegurar que nuestra tecnología y el uso de los recursos sean eficientes y causen el menor daño posible” (Henry, et al., 1999. p.12), resulta claro que entre todas estas actividades la producción de la energía eléctrica forma parte de la explotación de recursos y por ende resulta absolutamente necesario minimizar las afectaciones ambientales resultantes de estas acciones antrópicas. En este sentido, lo que se plantea en este trabajo, representa una insignificante contribución en la disminución de producción de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) emitido a la atmósfera, aunque resulte insignificante resulta ser importante. Por otra parte, la realización de obras de infraestructura para la construcción de una microcentral sobrelleva los consecuentes impactos ambientales de las acciones que se efectúan sobre los factores ambientales. A los efectos de lograr una notable disminución de los mismos, se planteó reutilizar las construcciones existentes en el Azud de Paso de los Sauces, pero resultará necesario efectuar algunas obras, montajes de instalaciones y equipamientos en la infraestructura ya construida. En la **Figura 19** se observa la infraestructura existente en el Azud Paso de los Sauces, la misma consiste de una presa lateral tipo vertedero de cimacio, un desarenador lateral con compuertas de ingreso y compuerta lateral de limpieza, a continuación, un vertedero de medición de pared delgada sin contracción lateral,

cámara de decantación, cámara de bombeo y cámara de salida de agua, desde donde se reingresa el agua sobrante al Río Huaco a unos 80 metros más abajo.



**Figura 19:** *Vista del Azud de Paso de los Sauces.* Imagen tomada en el mes de diciembre del año 2018 al momento de la puesta en funcionamiento de la obra de captación de agua para suministro de agua potable. (Aegerter, 2023); Microcentrales hidroeléctricas; una alternativa limpia y amigable con el ambiente, posibilidad de aplicación en la Provincia de La Rioja).

Las obras que resulten necesarias añadir y los montajes a realizar tendrán un impacto sobre el ambiente. A los efectos de determinar el impacto de las acciones sobre el medio, se utilizó el enfoque de Leopold. Este método es cualitativo, resulta adecuado para utilizar en este caso debido a la pequeña escala de la obra y pocas actividades que se requieren realizar. Para aplicar esta matriz y efectuar la posterior valoración de los impactos, se procedió de acuerdo a lo indicado por Henry y Heinke



en su obra “Ingeniería Ambiental”, en donde exterioriza de modo general el método de construcción de la matriz, donde se detallan los siguientes pasos:

1. Todas las acciones a realizar en el proyecto, se ubicarán a lo ancho de la parte superior de la matriz, es decir en las columnas (Henry, et al.,1999).
2. Todas las características (o factores) ambientales que se consideran que puedan verse afectados se ubicarán a lo alto en la izquierda de las filas de la matriz, es decir en las filas (Henry, et al.,1999).
3. En cada casilla o intersección entre la columna de cada acción y la fila se determinará si existe afectación (impacto) de la acción sobre el factor ambiental, en caso de que exista afectación se trazará una diagonal de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda (Henry, et al.,1999).
4. Una vez determinados los impactos (intersecciones), en la diagonal superior izquierda se indicará la magnitud considerada del impacto, calificada del **1** al **10** y se acompañará de un signo “+” o “-” en función de que al impacto se lo considere beneficioso o perjudicial. En la esquina inferior derecha se calificará la importancia del impacto calificado del **1** al **10** (Henry, et al.,1999).
5. Se elaborará un análisis que acompaña a la matriz en donde se resumen los impactos más significativos e importantes que fueron determinados (Henry, et al.,1999).

Para el caso planteado en el presente trabajo, se introdujo modificaciones en el método original de Leopold propuesto por Henry y Heinke, principalmente porque no es un método de valoración del impacto. Las modificaciones introducidas son las siguientes:

- Se procedió de manera similar al Punto 1. propuesto por Henry y Heinke.
- Se construyó una primera matriz que se denominó “**Matriz de identificación de impactos**”. Para ello se procedió de manera similar al Punto 2. propuesto por Henry y Heinke.
- En esta matriz de identificación de impactos, en cada casilla o intersección entre la columna de cada acción y la fila se evaluó la existencia o no de afectación de la acción sobre el factor ambiental (impacto), identificando el impacto con una “**X**”
- A continuación, se construyó una segunda matriz, que se denominó “**Matriz de valoración de impactos**”.

Se procedió a efectuar una valoración cuantitativa de los aspectos considerados para cada impacto, siendo los aspectos los siguientes:

- el signo o naturaleza (**N**) (Miguel, 2017)
- la frecuencia (**F**) (Miguel, 2017)
- la probabilidad o certeza (**P**) (Miguel, 2017)
- la escala espacial o extensión (**E**) (Miguel, 2017)
- la sensibilidad del componente (**S**)
- la duración o persistencia (**D**)
- la intensidad (**I**) (Miguel, 2017).

Además, se consideró la posible sinergia (**S**) de los impactos potenciados con otros impactos asociados. Respecto a los valores ponderales los aspectos se aplicó la escala propuesta por el documento “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental” que establece la mayoría de los criterios a utilizar para efectuar la ponderación, se consideró además el abordaje de otras



bibliografías abordadas, por su parte se razonó el análisis en función del contexto particular del proyecto. Los criterios utilizados para evaluar los aspectos de cada impacto fueron los siguientes:

**a. Signo o naturaleza (N)**, el signo del impacto hace referencia al carácter *beneficioso (+)* o *perjudicial (-)* (Conesa Fernández, et al., 1993). Se le asignó los siguientes valores:

- **+1** Beneficioso
- **-1** Perjudicial

**b. Frecuencia (F)**, representa la regularidad de manifestación periódica del efecto o impacto cierto (Dellavedova, 2010). Se le asignó los siguientes valores:

- **1** Bajo: El efecto se manifiesta de forma irregular aperiódica.
- **2** Medio: El efecto se manifiesta de forma periódica.
- **3** Alto: El efecto se manifiesta de manera permanente.

**c. Probabilidad o certeza (P)**, representa la posibilidad de ocurrencia de un impacto potencial. Se le asignó los siguientes valores:

- **1** Bajo: La posibilidad de que ocurra el efecto es casi nulo.
- **2** Medio: La posibilidad de que ocurra el efecto es bajo.
- **3** Alto: La posibilidad de que ocurra el efecto es intermedio.





**d. Escala espacial o extensión (E)**, efectúa una indicación respecto del área de influencia del impacto en relación al entorno (Conesa Fernández, 1993).

Se le asignó los siguientes valores:

- **1** Bajo: El efecto se mantiene dentro de los límites del área de emplazamiento o fuera de él, pero en un área muy localizada.
- **2** Medio: El efecto rebasa los límites del área de emplazamiento, pero de manera controlada, no es localizada.
- **3** Alta: El efecto rebasa los límites del proyecto y se extiende al entorno de la comunidad cercana.

**e. Sensibilidad del componente (S)**, hace mención al grado de sensibilidad, vulnerabilidad o calidad del componente receptor del impacto, a mayor sensibilidad mayor impacto. Se consideró los siguientes aspectos de los componentes consecutivamente mencionados:

- *Medio Socioeconómico y cultural*: la salud y seguridad de las personas, la economía, las costumbres y la cultura local.
- *Medio Biótico*: flora y fauna protegida y de interés ecológico.
- *Medio Abiótico*: el uso del suelo, calidad y cantidad de agua y cuerpos receptores (superficiales y subterráneas), la calidad del aire, otros recursos renovables.
- *Medio Perceptual*: Paisajes naturales, monumentos culturales, la contemplación, la admiración y sensaciones.

Se le asignó los siguientes valores:

- **1** Bajo: Afecta en menor cuantía alguno de los aspectos de los componentes citados anteriormente.



- **2 Medio:** Afecta levemente alguno o algunos de los aspectos de los componentes citados anteriormente.
- **3 Alta:** Afecta en mayor cuantía alguno o algunos de los aspectos de los componentes de los componentes citados anteriormente.

**f. Duración o persistencia (D),** representa el tiempo que supuestamente permanecería el efecto a partir de su aparición (Conesa Fernández, et al., 1993), haya o no concluido la acción.

Se le asignó los siguientes valores:

- **1 Bajo:** El efecto permanece menos de un año.
- **2 Medio:** El efecto permanece entre uno y cinco años.
- **3 Alta:** El efecto permanece por más de cinco años.

**g. Intensidad (I),** este término constituye el grado de incidencia de la acción considerada sobre el factor ambiental precisado con especificidad del ámbito en que actúa (Conesa Fernández, et al., 1993). Se consideró los siguientes aspectos de los componentes consecutivamente mencionados:

- *Consumo de recursos:* renovables, no renovables y el control de consumos.
- *Generación de residuos:* emisiones, descargas, efluentes y el manejo adecuado de residuos.
- *Recuperación socioeconómica y ecológica:* mantenimiento, recuperación o incremento de los niveles productivos y económicos previos, recuperación ecológica al estado previo y/o implementación de planes de mitigación de impactos.

Se le asignó los siguientes valores:

- **1** Bajo: Afecta en menor cuantía alguno de los aspectos de los componentes citados anteriormente.
- **2** Medio: Afecta levemente alguno o algunos de los aspectos de los componentes citados anteriormente.
- **3** Alta: Afecta en mayor cuantía alguno o algunos de los aspectos de los componentes de los componentes citados anteriormente.

**h. Sinergia (G)**, este criterio contempla la interacción y reforzamiento de dos o más impactos entre sí, acentuando las consecuencias del impacto analizado.

Se le asignó los siguientes valores:

- **0** Nulo: No se detecta interacción sinérgica del impacto considerado con otros impactos.
- **1** Bajo: Se detecta baja interacción sinérgica del impacto considerado con otro impacto.
- **2** Medio: Se detecta mediana interacción sinérgica del impacto considerado con uno o más impactos.
- **3** Alta: Se detecta alta interacción sinérgica del impacto considerado con uno o más impactos.

A los efectos de corroborar la magnitud presunta asignada a los impactos detectados en la Matriz de identificación de impactos, y asignarles la magnitud correspondiente en la **Matriz de valoración de impactos** definitiva, se procedió a efectuar una valoración cuantitativa de los mismos por medio de la cuantificación de cada impacto, aplicando una función de transformación que

relaciona la valoración de los aspectos de cada impacto y un “*índice de magnitud impacto*” que denominaremos “*IMP*”. Con el objeto de determinar una función de transformación adecuada se recurrió a efectuar una búsqueda bibliográfica, encontrándose diferentes funciones, algunas de carácter muy complejo y otras de excesiva simplicidad. En función de las lecturas efectuadas y del análisis planteado se propone determinar el Índice de Magnitud de Impacto cierto, denominado “*IMI<sub>C</sub>*”, proponiendo aplicar la siguiente función de transformación:

$$IMI_C = N \times F \times (E + S + D + I + G) \quad (II.20.a)$$

donde “*N*” representa la naturaleza del impacto, “*F*” es la frecuencia de ocurrencia del impacto, “*E*” constituye la extensión o escala espacial del impacto, “*S*” es el valor atribuido a la sensibilidad del componente, “*D*” es la cuantificación atribuida a la duración o persistencia del impacto, “*I*” es el valor atribuido a la intensidad del impacto, “*G*” es la cuantificación atribuida a la sinergia del componente con otros, todos estos parámetros definidos anteriormente en . Por otra parte para los impactos que tienen probabilidad de ocurrencia se determina el índice de magnitud de impacto potencial denominado “*IMI<sub>P</sub>*” dada por la siguiente expresión:

$$IMI_P = N \times P \times (E + S + D + I + G) \quad (II.20.b)$$

donde “*P*” es la probabilidad de ocurrencia de impacto, los parámetros “*N*”, “*E*”, “*S*”, “*D*”, “*I*” y “*G*” fueron definidos para la expresión (II.20.b). Una vez determinados los índices de impacto se procederá a colorear cada casilla de los colores adecuados a la magnitud de cada impacto, siendo estos los siguientes:



- **Cierto leve positivo:** tono de color celeste claro (naturaleza “+”).
- **Cierto moderado positivo:** tono de color celeste (naturaleza “+”).
- **Cierto elevado positivo:** tono de color azul (naturaleza “+”).
- **Potencial moderado positivo:** tono de color celeste (naturaleza “+”) acompañado de la letra **P**.
- **Potencial elevado positivo:** tono de color azul (naturaleza “+”) acompañado de la letra **P**.
- **Cierto leve negativo:** tono de color amarillo claro (naturaleza “-“).
- **Cierto moderado negativo:** tono de color amarillo oscuro (naturaleza “-“).
- **Cierto elevado negativo:** tono de color rojo (naturaleza “-“).
- **Potencial moderado negativo:** tono de color amarillo oscuro (naturaleza “-“) acompañado de la letra **P**.
- **Potencial elevado negativo:** tono de color rojo (naturaleza “-“) acompañado de la letra **P**.

En este caso no se compararon alternativas de proyectos, razón por la cual no se efectuó una cuantificación total de impacto neto, que en general resulta útil al comparar alternativas de proyectos. Una vez que se determinó y cuantificó los principales impactos, se efectuó una descripción cualitativa de los mismos y los principales aspectos relevantes que lo caracterizan.

### II.11.10. Determinación de la “*disminución de emisión de dióxido de carbono*” por reemplazo de generación térmica por generación renovable equivalente.

A los efectos de determinar la disminución de emisión de  $\text{CO}_2$  se consideró que la energía producida anualmente por la microcentral hidroeléctrica, la misma no emitirá  $\text{CO}_2$ , si lo haría una central termoeléctrica que produzca la misma energía eléctrica equivalente (Fiandrino, et. al., 2019), se consideró que la misma produce energía mediante la combustión de fuel oil, en función del rendimiento de dichas centrales y del consumo de combustible necesario para producir la misma cantidad de energía anual. Se aplicó la teoría de la combustión para determinar la cantidad de  $\text{CO}_2$  que emitiría dicha central térmica. Para determinar esta disminución de emisiones de  $\text{CO}_2$  se procedió de la siguiente manera:

- a. En función de la potencia constante factible de generar con el conjunto microturbina generador, se determinó la energía eléctrica total anual a producir en un año (“ $E_A$ ”) medida en KWh. Se consideró producción constante de energía durante las 24 Hs. del día, (Sobrevila, et al., 2008), luego se multiplicará por la cantidad de días anuales que trabajará la microcentral, para esto se considerará un paro anual destinado al mantenimiento de la unidad por un lapso de 15 días, más un paro de 1 día completo (24 Hs.) mensual para inspección durante los 11 meses restantes, lo que suma un total de 339 días completos de producción de energía. Con el valor obtenido de potencia factible de generar (“ $P_g$ ”) obtenido por la expresión (II.19.a) o (II.19.b) según el tipo de turbina seleccionada, se multiplicó al valor obtenido por la cantidad de días y horas por día de generación, la expresión que da forma al parámetro de energía eléctrica total anual a producir denominado “ $E_A$ ” es:

$$E_A = 339.24.P_g (KWh) = 8136.P_g (KWh) \quad (II.21)$$

donde “ $P_g$ ” es el valor de potencia generada que viene dada por la expresión (II.19.a) o la (II.19.b) en función del tipo de turbina seleccionada, la constante 339 representa la cantidad de días anuales previstos de funcionamiento del conjunto turbina generador, la constante 24 representa la cantidad de horas diarias que funciona el conjunto turbina generador. Se sabe, además que 1 KWh es la energía producida de manera constante a lo largo de 1 hora por un equipo de generación de potencia de 1 KW, es decir que para trabajar en el Sistema Internacional de Unidades (**SI**), se multiplicó al valor obtenido de “ $E_A$ ” dado por la expresión (II.21) por 3600 (s/h), y de esta manera se obtuvo el resultado en Kilo Joule (**KJ**) (Sobrevila, Zanero Fidalgo., 2008), a este valor se lo denomina “ $E_{A_{kj}}$ ” es decir:

$$E_{A_{kj}} = 3600.8136.P_g.(KWh).\left(\frac{s}{h}\right) \quad (II.22.a)$$

donde 3600 es la cantidad de segundos existentes en una hora, la constante 8136 y el valor de “ $P_g$ ” son los valores definidos para la expresión (II.21), de esta manera resulta la expresión anterior de la siguiente manera:

$$E_{A_{kj}} = 29289600.P_g.(KJ) \quad (II.22.b)$$

donde 29289600 es la constante de transformación que se debe aplicar en nuestro caso para determinar la energía anual producida por la microcentral que funciona de manera constante a lo largo del año de la manera prevista, “ $P_g$ ” también fue definido anteriormente para la expresión (II.21).

- b. Se determinó la cantidad de calor producido por 1 kg de fuel oíl residual en condiciones de combustión completa, según la ecuación de poder calorífico

inferior (“**PCI**”). Para ello en primer lugar resultó necesario determinar el poder calorífico superior (“**PCS**”) del combustible en función de sus componentes químicos dado por Molanes en su obra “Compendio de Vapor y Máquinas Térmicas” en donde expresa el poder calorífico superior de un combustible en función de su composición química y las fracciones correspondientes a una muestra de 1Kg. de combustible, considerando los principales elementos que lo constituyen, siendo estos el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el azufre (Molanes, 2009), la ecuación del poder calorífico superior (“**PCS**”) de un hidrocarburo viene dada por:

$$PCS \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 8100 \cdot C + 34200 \cdot \left( H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2230 S \quad (II.23)$$

para esta ecuación, **C** es la fracción proporcional en masa de carbono presente en el combustible; **H<sub>2</sub>** es la fracción proporcional en masa de Hidrógeno molecular presente en el combustible; **O<sub>2</sub>** es la fracción proporcional en masa de oxígeno molecular presente en el combustible; y **S** es la fracción proporcional en masa de azufre presente en el combustible; se supone oxidación completa de cada uno de los elementos. Por otra parte, es necesario considerar que en el proceso de combustión de un hidrocarburo se presenta formación de agua por oxidación del Hidrógeno formando agua, además existe agua en el combustible en forma de humedad, toda esta agua (de formación más humedad existente) absorben calor del proceso de combustión, se evapora y escapa a la atmósfera, con la consecuente pérdida de calor latente (Molanes, 2009) del agua formada, con esto, el poder calorífico inferior “**PCI**” se encuentra definida por la siguiente expresión:



$$PCI \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = PCS - 597 \cdot (9H + H_2O) \quad (II.24)$$

en donde **“PCS”** es el valor determinado por la expresión II.23, **“H”** es la fracción en masa de hidrógeno disponible en el combustible que se combina con el oxígeno para darnos agua de formación en la combustión y **“H<sub>2</sub>O”** es la fracción en masa de humedad presente en el combustible (Molanes, 2009). En otras palabras, al **“PCS”** se le debe descontar el calor latente absorbido en la combustión por el agua presente en el combustible en forma de humedad y el agua de formación, resultante de la combinación del hidrógeno con el oxígeno durante el proceso de combustión, este calor no es aprovechado en el proceso y se emite el agua a la atmósfera en forma de vapor.

- c. Debemos transformar la energía producida anualmente **“E<sub>Akj</sub>”** expresada en KiloJoule (**KJ**) y determinada por la expresión (II.2.b) a Kilocalorías (**Kcal**), para ello, al valor obtenido de la energía anual producida (**E<sub>Akj</sub>**) se lo afectó del factor de conversión de unidades de KiloJoule a Kilocalorías, cuyo valor es 0,2388 Kcal/KJ, este valor lo denominaremos **“E’<sub>A</sub>”** y viene dado por la siguiente expresión:

$$E'_A(Kcal) = 0,2388 \left( \frac{Kcal}{KJ} \right) \cdot E_A(KJ) \quad (II.25)$$

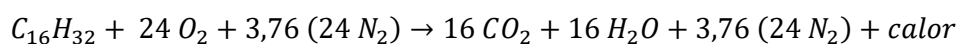
- d. Determinación de la cantidad (Kg) de combustible (fuel oil) a combustionar para generar la cantidad de energía eléctrica equivalente a la producida por la microcentral hidroeléctrica propuesta. Consideraremos que la energía se produciría en una central termoeléctrica de ciclo combinado, para ello se infirió un ciclo térmico de una central del tipo citado, con un rendimiento térmico cercano al 39% (Fernández, S.F.), es decir **“η<sub>t</sub>”** = 0,39. Además, los

generadores utilizados en estas centrales poseen un rendimiento elevado, generalmente en órdenes superiores al 90%, se utilizó “ $\eta_g$ ” = 0,91, de esta manera, teniendo en cuenta los rendimientos, la cantidad de energía anual producida y la cantidad de calor producida por 1Kg de fuel oil residual (**PCI**), se estimó la cantidad de Kg de combustible (“ $Q_f$ ”) necesarios combustionar para producir la energía anual equivalente de la microcentral hidroeléctrica planteada. Lo mencionado viene dada por la siguiente formula:

$$Q_f(\text{Kg Fuel Oil}) = \frac{E'_A(\text{Kcal})}{\eta_u \cdot \eta_g \cdot \text{PCI} \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)} \quad (\text{II.26})$$

donde “ $E'_A$ ” es la energía anual producida por la microcentral expresada en KiloJoule dada por la expresión (II.25), “ $\eta_u$ ” y “ $\eta_g$ ” son los valores de rendimiento de la turbina y del generador que fueron definidos para la expresión (II.16), “**PCI**” es el valor de poder calorífico inferior del combustible dada por la expresión (II.24) para la central térmica equivalente definida como comparación.

- e. Con el valor de la cantidad de combustible necesarios para producir la energía eléctrica equivalente y aplicando la ecuación química de la combustión perfecta de un fuel oil, se determinó la cantidad de “**CO<sub>2</sub>**” que se dejará de emitir a la atmósfera. El fuel oil viene representado por la fórmula química “**C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>**” y para el caso considerado combustionará con el oxígeno del aire, con esto, en el primer miembro de la ecuación estequiométrica aparecerá también el nitrógeno, en el segundo miembro figurarán los productos de la combustión como anhídridos, óxidos y vapor de agua (Mesny,1976). De lo expresado resulta la siguiente ecuación estequiométrica balanceada:





donde "**C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>**" es la fórmula química del fuel oíl compuesto por carbono ("**C**") e hidrógeno ("**H**"), "**O<sub>2</sub>**" es el oxígeno molecular presente en el aire de combustión, "**N<sub>2</sub>**" del primer miembro es el nitrógeno molecular presente en el aire de combustión, "**CO<sub>2</sub>**" es el dióxido de carbono formado en el proceso de combustión emanado en los gases de combustión, "**H<sub>2</sub>O**" es el agua presente en forma de vapor presente en los gases de combustión y "**N<sub>2</sub>**" del segundo miembro es el nitrógeno molecular presente en los gases de combustión. Por otra parte, debemos considerar que:

1 Mol de **C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>** requieren para combustionar:

- 24 moles de **O<sub>2</sub>** contenidos en 24 moles de aire
- que contendrán además 90,24 moles de **N<sub>2</sub>**  
para darnos como productos de combustión:

- 16 moles de **CO<sub>2</sub>**
- 16 moles de H<sub>2</sub>O
- 90,24 moles de **N<sub>2</sub>**

considerando ahora el peso molecular de **C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>** que viene dado por la sumatoria del peso molecular de cada átomo que componen la molécula, es decir 16 átomos de carbono de peso molecular 12 y 32 átomos de hidrógeno, tendremos un peso molecular del combustible considerado que vale 224. De igual manera para el **CO<sub>2</sub>** formado como producto de la combustión tendremos 1 átomo de **C** de peso molecular 12 y dos átomos de **O** de peso atómico 8, dando un peso molecular del dióxido de carbono de 28. Considerando que 1mol de **C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>** de peso molecular 224 forman 16 moles de **CO<sub>2</sub>**, podemos decir que 224 átomo gramos de **C<sub>16</sub>H<sub>32</sub>** al combustionar forman 28 x 16 (448) átomo gramos **CO<sub>2</sub>**, o sea que por cada

**“1 Kg de  $C_{16}H_{32}$  combustionado se forman 2 Kg de  $CO_2$  emitidos”.**

Entonces, con el valor de “ $Q_f$ ” que se obtuvo por medio de la expresión (II.26) y multiplicando por 2 se determinó los Kg de dióxido de carbono “ $Q_{CO_2}$ ” que se dejarán de emitir a la atmósfera por la combustión de fuel oil en una central térmica del tipo ciclo combinado que produzca la misma cantidad de energía anual que la microcentral hidroeléctrica planteada viene dado por la siguiente expresión:

$$Q_{CO_2} (Kg CO_2) = Q_f (Kg Fuel Oil) \cdot 2 \left( \frac{Kg CO_2}{Kg Fuel Oil} \right) \quad (II.28)$$

donde el valor de “ $Q_f$ ” viene dado por la expresión (II.26) y representa los Kg de combustible necesarios combustionar por la central térmica para producir la misma energía anual que la microcentral hidroeléctrica, por otra parte la constante **2** es la cantidad de kg de dióxido de carbono producidos al combustionar con aire un kilogramo de fuel oil.

#### **II.11.11. Selección básica del equipamiento a utilizar**

##### **Selección de la turbina**

Las máquinas fluidodinámicas o turbomáquinas motrices recogen la energía cedida por el fluido que las atraviesa transformándolas en energía mecánica en el eje, en forma de cupla y velocidad de rotación, constructivamente poseen una cámara del tipo espiral dotadas a continuación con una serie de álabes fijos que constituyen el distribuidor y otro conjunto con álabes móviles que conforman el rotor que se encuentra asociado al eje de salida que brinda potencia mecánica (Fernández Díez, S.F.). Por otra parte, el difusor forma parte esencial en algunos tipos de turbinas ya

que permiten recuperar la energía de la velocidad de salida del fluido y además aprovechar la altura de salida con respecto al lecho del río, es decir, aprovechamos por completo el salto disponible y la energía cinética del agua. En general las turbinas se clasifican en:

- Turbinas de acción o impulsión (tipo Pelton).
- Turbinas de reacción o sobrepresión (tipo Hélice, Kaplan, Francis).

En las turbinas de acción el agua sale del distribuidor a la presión atmosférica, transformando la energía potencial del agua en cinética, transformando el impulso del agua en empuje sobre los álabes del rodete tipo Pelton, son de flujo netamente tangencial, en este tipo de máquinas se transmite al rodete la energía cinética del agua.

En las turbinas de reacción el distribuidor y los álabes fijos comienzan el trabajo de transformación de energía de presión en energía cinética, una vez que ingresa a los álabes móviles del rodete, el agua cede su energía cinética y de presión a los álabes móviles saliendo de aquí con una presión generalmente negativa que es generada por el tubo difusor, elemento esencial destinado a recuperar energía cinética del agua (generando la presión negativa o de aspiración) y altura de descarga, que de otra manera se perderían. A este grupo de turbinas corresponden dos grandes divisiones, las de flujo axial (Kaplan, hélice, Bulbo) y las de flujo radial (Francis, Francis lenta; Francis rápida).

Otro tipo de turbina ampliamente utilizada en microcentrales es la turbina Michel o Banki, donde el agua pasa dos veces por los álabes del rodete, construido en forma de tambor; se utiliza para pequeños y grandes saltos (Fernández Díez, S.F.). Es importante resaltar que es de construcción muy sencilla pero no cuenta con tubo de

aspiración, por esta razón no resulta factible recuperar energía cinética del agua a la salida ni tampoco la altura de descarga. A los efectos de determinar el tipo de turbina a utilizar debió definir los siguientes parámetros:

- a. **Velocidad de rotación de la turbina**, en general la turbina va acoplada a un generador, este generador puede ser del tipo síncrono o asíncrono, en cualquiera de los dos casos la velocidad de rotación en RPM viene dado por la frecuencia de la red y del número de polos del generador, para nuestra red eléctrica la frecuencia es de 50 Hz o ciclos por segundo. La expresión que relaciona la frecuencia de red “  $f$  ” (Hz) con números pares de polos del generador y las revoluciones de rotación del conjunto turbina - generador (que se encuentran acoplados directamente en sus ejes) viene dada por: “ $n$ ” (RPM) vienen dadas por:

$$f = \frac{z \cdot n}{60} \quad (11.29)$$

siendo “ $n$ ” las revoluciones de rotación del conjunto turbina - generador dadas en RPM (revoluciones /minuto), “ $z$ ” los números de pares de polos del generador; es decir que para  $f = 50$  Hz las velocidades que cumplen la condición anterior se llaman velocidades sincrónicas (Fernández Díez, S.F.), de esta manera una turbina acoplada directamente a un generador ha de tener la velocidad requerida por el mismo, esto es para:

- $z = 1, n = 3.000$  RPM
- $z = 2, n = 1.500$  RPM
- $z = 3, n = 1.000$  RPM
- $z = 4, n = 750$  RPM

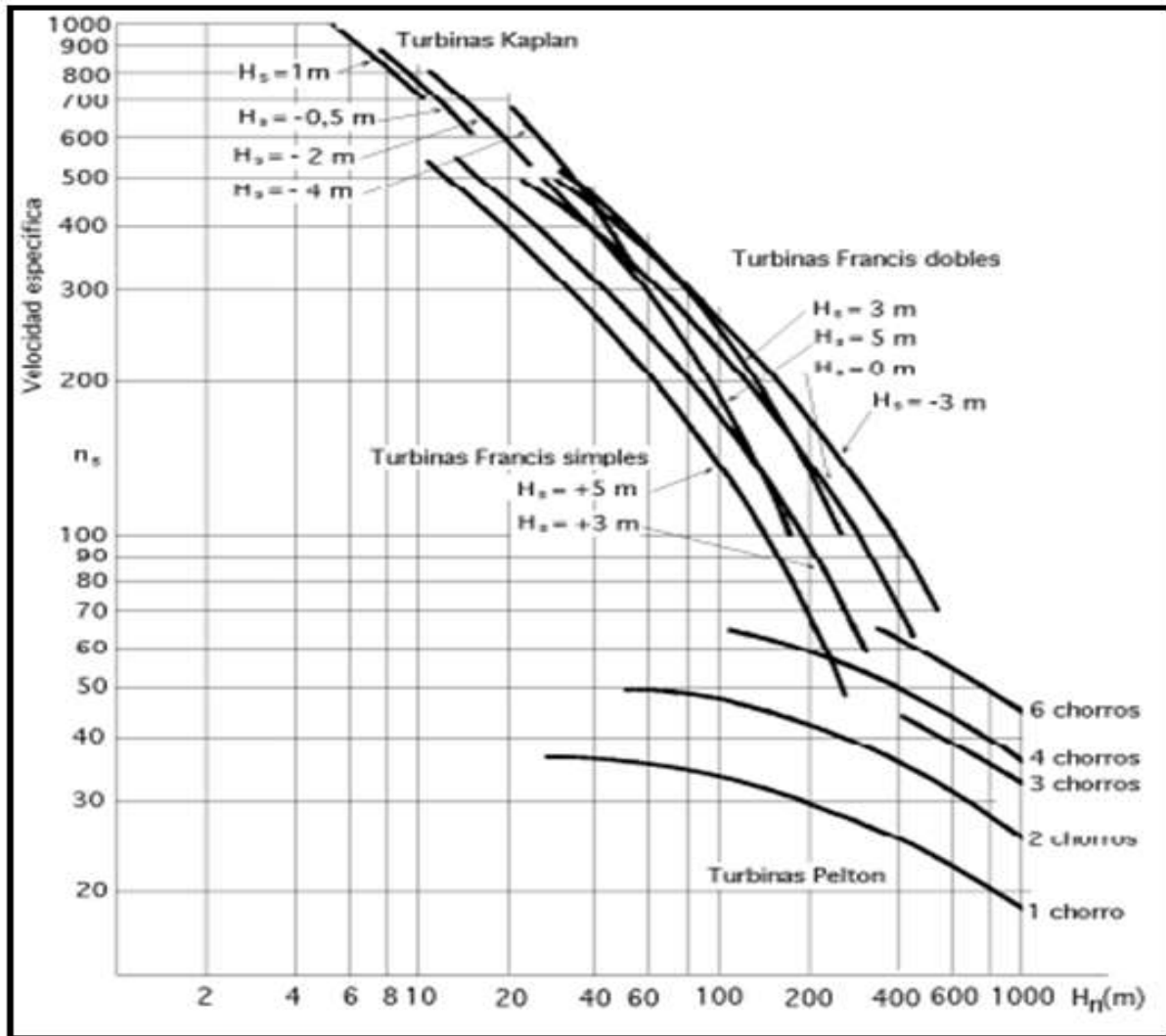
- b. **La velocidad específica de la turbina modelo**, esto es la velocidad de giro del rodete de la turbina modelo de una serie de turbinas semejantes que con un salto de 1 m es capaz de producir una potencia en el eje de 1 C.V.

El número específico “ $n_s$ ” de un conjunto de turbinas viene dado por la siguiente expresión del modelo:

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{N}}{H_n^{5/4}} \quad (11.30)$$

siendo “ $n$ ” las revoluciones por minuto (RPM) del conjunto turbina - generador, “ $N$ ” la potencia factible de generar expresada en Caballos Vapor (CV) y por último (“ $H_n$ ”) la altura neta medida en metros. Se determinó el número específico de la turbina y con este número, se obtuvo del ábaco de la **Figura 20** el tipo de turbina hidráulica a utilizar. En general, si en un mismo salto y para un mismo caudal se instalará una turbina lenta, esta rotaría a velocidades menores que una turbina rápida (Fernández Díez, S.F.), es decir:

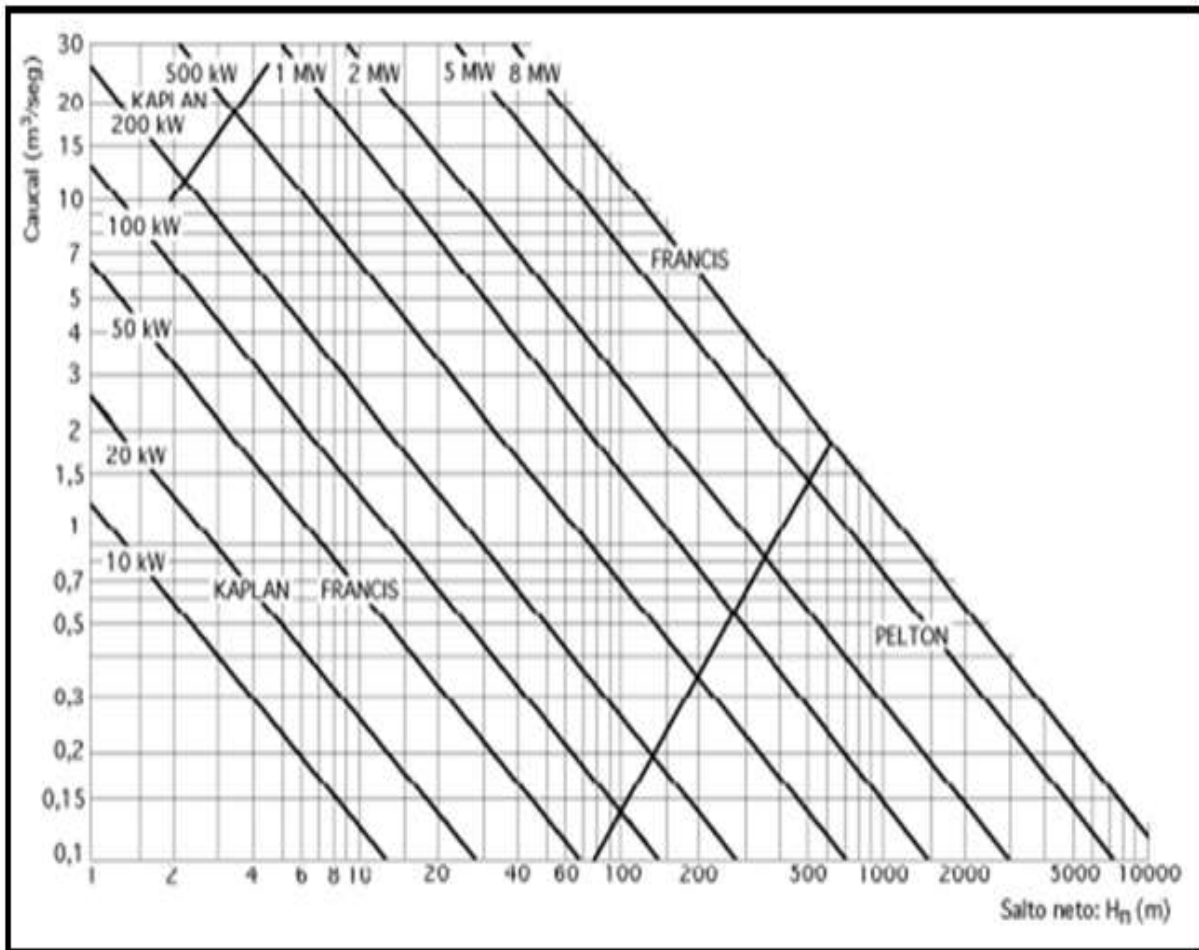
- Las turbinas Pelton tienen bajos “ $n_s$ ” (< 75), son para saltos de gran altura y bajo caudal, y tienen velocidades de rotación elevadas a pesar de poseer una velocidad específica baja.
- Las turbinas Francis tienen “ $n_s$ ” intermedios ( $70 < n_s < 600$ ) y se instalan en saltos medios y de caudales intermedios, en general giran más lentas que las Pelton a pesar de tener velocidades específicas más altas.
- Las turbinas Kaplan tienen “ $n_s$ ” mayores ( $500 < n_s < 1.000$ ) y se instalan en saltos bajos y de caudales más elevados, en general giran lentamente a pesar de tener velocidades específicas altas.



**Figura 20:** Clasificación de turbinas en función del número específico  $n_s$ . Adaptado de Fernández Díez (S.F.).

A modo orientativo también es posible utilizar el ábaco de la **Figura 21** aunque aquí no se considera el número de revoluciones de la turbina, siendo este un factor importante a tener en cuenta. En función del número específico se seleccionó el tipo de turbina a utilizar.





**Figura 21:** Clasificación de turbinas en función del salto neto. Adaptado de Fernández Díez (S.F.).

### Selección del generador:

En cuanto a la selección de este elemento, se consideró:

- Potencia a generar.
- Tensión de servicio, resulta factible generar en media tensión trifásica (13,2KV) o en baja tensión trifásica (380 V).
- Modo de trabajo como unidad autónoma o acoplada a la red.
- Sistema de excitación y regulación de tensión y frecuencia.
- Sistema de acoplamiento a la red.

- Velocidad de rotación, que deberá elegirse en función de las revoluciones de la turbina, cantidad de polos del generador (viabiles en función de su costo de construcción).
- Requerimiento de reductor o multiplicador de velocidad en función del punto anterior.
- Facilidad de operación y costo de mantenimiento.
- Costo de adquisición.

En función de esos puntos se definió si se utilizará un generador sincrónico o asincrónico.

#### **Selección de la tubería forzada:**

En cuanto a la selección de este elemento, se decidió si se utilizará tubería plástica o hierro, los factores considerados fueron:

- Presión de trabajo y rango de sobrepresiones.
- Resistencia a las condiciones ambientales, oxidación, degradación por exposición a los rayos ultravioletas, resistencia a golpes, etc.
- Facilidad de montaje y unión de piezas.
- Facilidad de anclaje.
- Peso y facilidad de traslado.
- Coeficiente de rugosidad (pérdida de cargas).
- Accesorios, como ser curvas.
- Vida útil.
- Costo.

### II.11.12. Estimación de “presupuestos y recuperación de la inversión”

Una vez que se determinó la posibilidad de generar energía y el equipamiento necesario (turbinas, generador, tubería), se evaluó adicionalmente otras obras necesarias como (accesos, tendido eléctrico, anclajes de hormigón, construcción de casa de máquinas, etc.), se estimó los costos de las instalaciones, mano de obra de montaje y equipos auxiliares necesarios para realizar las tareas, se estipuló el costo total estimado para la puesta en funcionamiento de la microcentral hidroeléctrica. Para esto se determinó los costos de tuberías, costos de construcción de la turbina, compra del generador, costo de la interconexión del sistema a la red de distribución. El costo de implementación de la microcentral hidroeléctrica viene dado por el parámetro “ $C_{im}$ ”, que surge de la siguiente expresión:

$$C_{im} (\$) = \sum_0^n C_i \quad (II.31)$$

siendo “ $C_i$ ” cada uno de los costos individuales de los “ $n$ ” elementos que componen la instalación o que sean necesarios para efectuar su montaje y puesta en funcionamiento, más adelante se determinarán los mismos.

Por otra parte, de la expresión (II.21) se obtuvo la energía (“ $KWh$ ”) que se generarían anualmente por la microcentral (“ $E_A$ ”), a este valor de energía se lo multiplica por el costo “ $C$ ” (\$/KWh) de la energía medida en KWh cobrada al usuario domiciliario por parte de la distribuidora, esto a los efectos de determinar el ingreso monetario anual presunto (“ $I_{map}$ ”), producto del cobro de la energía producida a los usuarios del Poblado de Huaco anualmente, la expresión que da forma a este parámetro es:

$$I_{map}(\$) = E_A (KWh) \cdot C \left( \frac{\$}{KWh} \right) \quad (II.32)$$

siendo “ $E_A$ ” la energía anual producida por la microcentral medida en KiloWatt hora (KWh) y “ $C$ ” el costo del KiloWatt hora (\$/KWh) que cobra la distribuidora de energía local a los usuarios.

Luego se determinó el egreso monetario anual presunto (“ $E_{map}$ ”), para ello se deberá descontar el salario anual promedio (“ $S_{ap}$ ”) de dos operadores de la microcentral y los presuntos gastos de mantenimiento (“ $G_{ma}$ ”). El salario estará dado por el sueldo anualizado de un operario calificado del área mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua y los gastos de mantenimiento anuales se estimó en función de la experiencia en mantenimiento de equipos que posee el autor del presente trabajo, por lo expresado anteriormente se deduce que las expresiones matemáticas que dan forma al Egreso monetario anual presunto (“ $E_{map}$ ”) es:

$$E_{map}(\$) = S_{ap}(\$) + G_{ma}(\$) \quad (II.33)$$

siendo “ $S_{ap}$ ” el salario anual promedio de dos operadores de la microcentral y “ $G_{ma}$ ” los presuntos gastos anuales de mantenimiento.

Por otra parte, el Ingreso neto anual (“ $I_{na}$ ”) vendrá dado por la diferencia entre la expresión (II.32) y la expresión (II.33), es decir:

$$I_{na}(\$) = I_{map}(\$) - E_{map}(\$) \quad (II.34)$$

siendo “ $I_{map}$ ” el Ingreso monetario anual presunto (“ $I_{map}$ ”) hallado mediante la expresión (II.32), y “ $E_{map}$ ” el valor de Egreso monetario anual presunto definido por la expresión (II.33).

Para hallar el tiempo de recuperación de la inversión (“ $T_{ri}$ ”) se realizó el cociente entre el valor obtenido por la expresión (II.31) denominado costo de implementación de la central y el valor obtenido por la expresión (II.34) denominado ingreso neto

anual, es decir que la expresión matemática que da forma al Tiempo de recupero de la inversión viene dado por la expresión (II.35):

$$T_{ri} = \frac{C_{im}(\$)}{I_{na}(\$)} \quad (II.35)$$

donde “ $C_{im}$ ” es el costo de implementación de la microcentral hidroeléctrica que surge de la siguiente expresión (II.31), e “ $I_{na}$ ” es el Ingreso neto anual que viene dado por la expresión (II.34)

### II.11.13. Verificación de la “hipótesis principal”.

A los efectos de determinar la validez o refutación de la **hipótesis principal** planteada, siendo esta:

*“No es bajo el impacto ambiental producido por un microemprendimiento hidroeléctrico sobre el Río Huaco destinado a autoabastecer de energía eléctrica al poblado homónimo”.*

Se evaluó todos los puntos anteriores analizados, verificándose el cumplimiento o incumplimiento de las siguientes premisas:

1. Existe un “*módulo mínimo*” de caudal del Río Huaco.
2. Se dispone de un “*módulo de caudal permanente a turbinar*”.
3. Existen posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas.
4. Se estime el régimen de crecientes anuales del río y el caudal máximo del mismo a los efectos de determinar que las casas de máquinas no se inunden permanentemente en las crecientes producidas.



5. Existan alturas de saltos aceptables en los posibles emplazamientos de casas de máquinas.
6. Se pueda determinar un sitio para emplazar la casa de máquinas y determinar la *“altura bruta de salto”*.
7. Se determine un valor de *“potencia teórica disponible”*.
8. Se halle un valor de *“potencia de generación factible”*.
9. El *“impacto ambiental”* sea aceptable y positivo.
10. Exista *“disminución de emisión de dióxido de carbono”*.

En caso de que no se cumplió alguna de las premisas pautadas anteriormente la **“hipótesis principal”** fue confirmada. En caso de que se cumplieron todas estas premisas la **“hipótesis principal”** resultó refutada.

#### **II.11.14. Determinación de la cantidad de viviendas, población permanente y temporal (fines de semana) del Poblado de Huaco. *“Determinación de la potencia máxima requerida y energía anual requerida”* por el Poblado de Huaco**

Para determinar la potencia máxima requerida por el poblado se realizó un relevamiento de viviendas, se determinó la habitabilidad circunstancial o permanente de las mismas y a partir de esto se aplicó la *“Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90364”*. Se procedió de la siguiente manera:



1. Se descargó una imagen satelital del Poblado de Huaco a los efectos de determinar la cantidad de viviendas existentes, enumerándolas de manera consecutiva a los efectos de contabilizarlas y asignarle una identificación. No se contabilizó aquellas viviendas y/o galpones correspondientes a fincas productivas.
2. Se efectuó una visita de campo a los efectos de corroborar la presencia de viviendas adicionales a las existentes y su superficie estimada. Además, se sumó aquellas viviendas construidas que no aparecieron en las imágenes satelitales.
3. Se efectuó un total de 5 relevamientos de campo a realizar en distintas fechas (Aleatorias) y en diferentes horarios, en donde se registró en una planilla si se observó residentes en cada vivienda al momento de la visita.
4. Una vez cumplidas todas las visitas de campo en donde se registró los datos, se consideró a aquellas viviendas con residentes permanentes a todas aquellas en que en 3 visitas o más hayan estado habitadas, todas aquellas en las cuales no hayan existido residentes o solamente hayan contado con residentes en 2 visitas o menos se contabilizó como habitadas temporalmente.
5. Una vez que se determinó cuáles son las viviendas con residentes que se consideró habitadas permanentemente se aplicó la clasificación establecida en la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles, quedó establecido el grado de electrificación por su superficie establecida por la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA 90364, 2006) para viviendas que establece:



- Viviendas con **grado de electrificación mínimo** son aquellas que cuentan con una superficie cubierta **hasta 60 m<sup>2</sup>** y poseen una **demanda de potencia máxima de hasta 3,7 KW.**
- Viviendas con **grado de electrificación medio** son aquellas que cuentan con una superficie cubierta **de más de 60 m<sup>2</sup> hasta 130 m<sup>2</sup>** y poseen una **demanda de potencia máxima de hasta 7 KW.**
- Viviendas con **grado de electrificación elevada** son aquellas que cuentan con una superficie cubierta **de más de 130 m<sup>2</sup> hasta 200 m<sup>2</sup>** y poseen una **demanda de potencia máxima de hasta 11 KW.**
- Viviendas con **grado de electrificación superior** son aquellas que cuentan con una superficie cubierta **de más de 200 m<sup>2</sup>** y poseen una **demanda de potencia máxima superior a 11 KW** (a criterio del proyectista).

Luego de aplicar esta clasificación se determinó:

- a. La potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación mínima, para esto se contabilizó la cantidad de viviendas ocupadas de manera permanente que poseían una superficie estimada menor a 60 m<sup>2</sup>, a este número de viviendas se lo multiplicó por el valor de la energía máxima requerida por el reglamento de la AEA 90364 y se multiplicó por un factor de simultaneidad para este tipo de viviendas estimado en 0,8; ya que se estimó que no todas las viviendas estén requiriendo la potencia máxima simultánea al mismo tiempo, es decir que la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación mínima ( $P_{Max. Viv. El. Min}$ ), también denominado **"A"** viene dado por la expresión:



$$P_{Max. Viv. El. Min.} = A = \sum(N^{\circ} Viv. elc. min) \cdot 3,7KVA \cdot 0,8 \quad (II.36)$$

donde “**3,7KVA**” es la demanda de potencia máxima de una vivienda de grado de electrificación mínima, y el factor “**0,8**” es el coeficiente de simultaneidad de todas las viviendas con el grado de electrificación mínima.

- b. La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación media, para esto se contabilizó la cantidad de viviendas ocupadas de manera permanente que cuenten con una superficie estimada comprendida entre 60 m<sup>2</sup> a 130 m<sup>2</sup>, a este número de viviendas se afectó del valor de la energía máxima requerida por el reglamento de la AEA 90364 y de un factor de simultaneidad para este tipo de viviendas estimado en 0,7; ya que no todas las casas consideradas requieren de la potencia máxima simultánea al mismo tiempo, es decir que la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación media (“ **$P_{Max. Viv. El. Med.}$** ”), también denominado “**B**” viene dado por la expresión:

$$P_{Max. Viv. El. Med.} = B = \sum(N^{\circ} Viv. elc. med.) \cdot 7KVA \cdot 0,7 \quad (II.37)$$

donde “**7KVA**” es la demanda de potencia máxima de una vivienda de grado de electrificación media, y el factor “**0,7**” es el coeficiente de simultaneidad de todas las viviendas con el grado de electrificación media.

- c. La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación elevada, para determinar este valor se contabilizó la cantidad de viviendas ocupadas de manera permanente que cuenten con una superficie estimada comprendida entre 130 m<sup>2</sup> y 200 m<sup>2</sup>, al total que se determinó para este

número de viviendas se multiplicó por el valor de la energía máxima requerida por el reglamento de la AEA 90364 y un factor de simultaneidad para este tipo de viviendas estimado en 0,6; ya que se estima que no todas las viviendas consideradas estén requiriendo la potencia máxima simultánea al mismo tiempo, es decir: Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación elevada (" $P_{Max. Viv. El. Elev.}$ "), también denominado " $C$ " viene dado por la expresión:

$$P_{Max. Viv. El. Elev.} = C = \sum(N^{\circ} Viv. elc. Elev.) \cdot 11KVA \cdot 0,6 \quad (II.38)$$

donde " $11KVA$ " es la demanda de potencia máxima de una vivienda de grado de electrificación elevada, y el factor " $0,6$ " es el coeficiente de simultaneidad de todas las viviendas con el grado de electrificación elevada.

- d. La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación superior, para esto se contabilizó la cantidad de viviendas ocupadas de manera permanente que cuenten con una superficie estimada superior a 200 m<sup>2</sup>, a este número de viviendas se afectó del valor de la energía máxima requerida por el reglamento de la AEA 90364 que establece 15 KW y de un factor de simultaneidad para este tipo de viviendas que se estimó en 0,4; ya que no todas las residencias consideradas estén requiriendo la potencia máxima simultánea al mismo tiempo, es decir: Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación superior (" $P_{Max. Viv. El. Min}$ "), también denominado " $D$ " viene dado por la expresión:

$$P_{Max. Viv. El. Sup.} = D = \sum(N^{\circ} Viv. elc. Sup.) \cdot 15KVA \cdot 0,4 \quad (II.39)$$

donde “**15KVA**” es la demanda de potencia máxima de una vivienda de grado de electrificación mínima, y el factor “**0,4**” es el coeficiente de simultaneidad de todas las viviendas con el grado de electrificación mínima.

- e. La potencia máxima requerida por el alumbrado público, para esto se contabilizó las lámparas de alumbrado público existentes y se efectuó la sumatoria de las mismas afectándolas del valor de potencia de 0,15 KW o 0,250 KW según el tipo de lámparas utilizadas, lo que se determinó por un relevamiento de campo, la Potencia máxima requerida por las lámparas de alumbrado público (“ **$P_{Al. Pub.}$** ”), también denominado “**E**” viene dado por la expresión:

$$P_{Al. Pub.} = E = \sum(N^{\circ} Lamp.) P_{Lam.} \quad (II.40)$$

donde “ **$P_{Lam.}$** ” es la demanda de potencia de una lámpara de alumbrado público.

- f. La potencia requerida por la bomba destinada a la extracción de agua potable, viene dada por: Potencia máxima requerida por la bomba (“ **$P_{Bomb.}$** ”), también denominado “**F**” viene dado por la expresión

$$P_{Bomb.} = F \quad (II.41)$$

- g. Para determinar la potencia máxima requerida (“ **$P_{Max. Req.}$** ”) se realizó la sumatoria de todas las potencias obtenidas anteriormente y se afectó de un coeficiente de simultaneidad general del poblado que se estableció en

función de la experiencia en 0,6, es decir que la potencia máxima requerida denominada “ $P_{Max. Req.}$ ” está dada por la expresión:

$$P_{Max Req.} = (A + B + C + D + E + F) \cdot 0,6 \quad (II.42)$$

donde los valores de “**A**” representa la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación mínima y viene dada por la expresión (II.36), “**B**” es la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación media y viene dada por la expresión (II.37), “**C**” constituye la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación elevada y viene dada por la expresión (II.38), “**D**” es la Potencia máxima requerida por las viviendas de grado de electrificación superior y viene dada por la expresión (II.39), “**E**” representa Potencia máxima requerida por las lámparas de alumbrado público y viene dada por la expresión (II.40), “**F**” es la Potencia requerida por la bomba de agua potable del Azud Paso de los Sauces y viene dada por la expresión (II.41) y la constante “**0,6**” es el factor de simultaneidad eléctrica general que se le asigna al poblado.

6. Para corroborar el valor de potencia máxima requerida obtenido de la expresión (II.42) con otro valor, se procedió a determinar la potencia de las sub estaciones transformadoras situadas en pórticos debajo de la línea de media tensión (13,2 KV) situados en el Poblado de Huaco, para esto se registró el valor de potencia aparente de cada unidad transformadora, dicho valor se localizó pintado sobre la cuba. Se efectuó la sumatoria de estas potencias y al valor obtenido se lo afectó de un factor de reducción de 0,75; ya que resulta válido considerar que la distribuidora local de energía prevé un remanente de al menos un 25% en la

capacidad instalada para poder abastecer de energía a la población circunstancial (turistas y población temporaria) en etapa veraniega y en fines de semanas, es decir que la Potencia máxima a suministrar por la distribuidora de energía EDELaR (“ $P_{Max.EDELaR}$ ”) viene dada por la expresión:

$$P_{Max.EDELaR} = \sum_{i=1}^{i=n} PT_i \cdot 0,75 \quad (II.43)$$

donde “ $PT_i$ ” es la potencia nominal de cada transformador que surgen del relevamiento de campo efectuado, “ $0.75$ ” es un factor de reducción que se explicó en los párrafos previos.

7. De la comparación de ambos valores obtenidos por (II.42) y (II.43) se asumió que el valor determinado aplicando el método establecido por la AEA es correcto por no presentar diferencias sustanciales, esto indicó un valor adecuado de potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco (población permanente) en horas pico.

Para determinar la energía anual requerida por el Poblado de Huaco, se consideró a la potencia máxima requerida como la energía máxima consumida en 1 hora en el horario pico (definición básica del kWh). Por otra parte, una fracción menor que se determinó como energía consumida en el horario de valle dentro de las horas que se consideró como valle. Otra fracción intermedia que se determinó como energía consumida en el horario de resto dentro de las horas de resto. A los efectos de comprender mejor esta situación, la potencia de pico se define como aquella que requiere el sistema eléctrico en la franja horaria de mayor consumo, según lo establece el Ministerio de Energía y Minería de la Presidencia de la Nación” en su documento “ENTENDIENDO LA FACTURA ELÉCTRICA” se desprende:

- El horario de pico o de mayor demanda de energía (o punta) se encuentra comprendido en general entre las 18:00 Hs. hasta las 23:00 Hs (Ministerio de Energía y Minería de la Presidencia de la Nación, S.F.)
- El horario de valle o menor consumo (o nocturnas) se encuentra comprendido en general de 23:00 Hs. a 06:00 Hs (Ministerio de Energía y Minería de la Presidencia de la Nación, S.F.)
- El Horario de resto o consumo medio se encuentra comprendido entre las 06:00 Hs. a 18:00 Hs (Ministerio de Energía y Minería de la Presidencia de la Nación, S.F.)

Por otra parte, de la **Figura 22** (curva de demanda típica de energía) extraída del documento “Curva de carga o de demanda” de la Cátedra Centrales Eléctricas de la Facultad de Ciencias Exactas de Tucumán (FaCET) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), se desprende que para el caso de la energía requerida en horario de punta responde al 100% de la energía calculada. Para el caso de la energía de valle (o mínima requerida), esta responde a aproximadamente un 50% de la energía de punta, para sistemas eléctricos con demanda industrial (caso que no corresponde al Poblado de Huaco), por lo tanto, adoptaremos un factor de carga del 30% (0,3) en la franja horaria comprendida al horario de valle. De manera análoga para la energía de resto, según la **Figura 22** la energía requerida por el sistema resulta aproximadamente el 80% de la energía de punta, nuevamente, considerando que el Poblado de Huaco no posee industrias se adoptará un factor de carga del 55% (0,55) para el horario de resto.

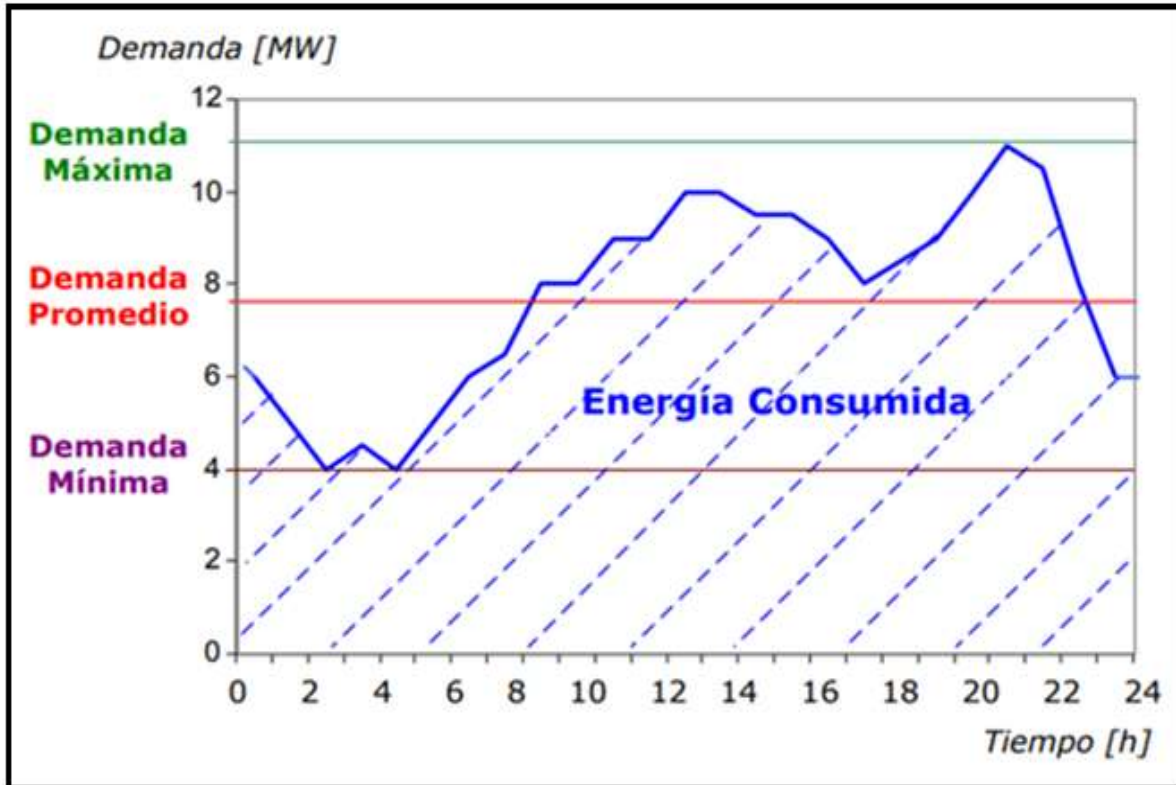


Figura N° 22: Curva de demanda de energía eléctrica típica. Adaptado de FaCET UNT, (S.F.)

Además, debemos comprender que el consumo de energía en invierno y verano es mayor que en otoño y primavera, se consideró una disminución de un 20% para las estaciones de otoño y primavera (factor de multiplicación de 0,8) debido a que en general en estas dos estaciones no se utilizan equipos de climatización. Por todo lo expuesto, para calcular la “energía anual requerida” por el Poblado de Huaco, se tomó al valor obtenido de potencia **máxima requerida** por medio de las expresiones (II.42) y/o (II.43) y se procedió de la siguiente manera:

- La energía requerida en horario de pico en temporada alta de consumo (invierno y verano) llamada “ $E_{An. Req. Pic. Al.}$ ” también denominada “ $A_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Pico Al.} = A_E = P_{Max. Req. (KW)} \cdot 5 (hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año) \quad (II.44)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “5” representa la cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda máxima de energía, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de invierno y tres meses de verano).

- La energía requerida en horario de pico en temporada baja de consumo (otoño y primavera) denominada “ $E_{An. Req. Pic. Ba.}$ ”, también denominada “ $B_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Pico Ba.} = B_E = P_{Max. Req.}(KW) \cdot 5 \left( \frac{Hs}{día} \right) \cdot 365 \left( \frac{días}{año} \right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,8 \quad (II.45)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “5” representa la cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda máxima de energía, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de otoño y tres meses de primavera), y el factor “0,8” representa la reducción de requerimiento de potencia en los meses de correspondientes a otoño y primavera.

- La energía requerida en horario de valle en temporada alta de consumo (invierno y verano) llamada “ $E_{An. Req. Vall. Al.}$ ” también denominada “ $C_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Valle Al.} = C_E = P_{Max. Req.}(KW) \cdot 7(Hs/día) \cdot 365 \left( \frac{días}{año} \right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,3 \quad (II.46)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “7” representa la



cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda mínima de energía o energía de valle, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de invierno y tres meses de verano), el factor “0,3” representa la reducción de requerimiento de potencia el horario de energía de valle.

- La energía requerida en horario de valle en temporada baja de consumo (otoño y primavera) llamada “ $E_{An. Req. Valle. Ba.}$ ” también denominada “ $D_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Valle Ba.} = D_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 7 \left( \frac{Hs}{día} \right) \cdot 365 \left( \frac{días}{año} \right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,3 \cdot 0,8 \quad (II.47)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “7” representa la cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda máxima de energía, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de otoño y tres meses de primavera), el factor “0,3” representa la reducción de requerimiento de potencia el horario de energía de valle y el factor “0,8” representa la reducción de requerimiento de potencia en los meses de correspondientes a otoño y primavera.

- La energía requerida en horario de resto en temporada alta de consumo (invierno y verano) llamada “ $E_{An. Req. Resto. Al.}$ ” también denominada “ $E_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Resto Al.} = E_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 12 \left( \frac{Hs}{día} \right) \cdot 365 \left( \frac{días}{año} \right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,55 \quad (II.48)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “12” representa la

cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda media de energía o energía de resto, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de invierno y tres meses de verano), y el factor “0,55” representa la reducción de requerimiento de potencia en el horario que corresponde a la energía de resto.

- La energía requerida en horario de valle en temporada baja de consumo (otoño y primavera) llamada “ $E_{An. Req. Resto. Ba.}$ ” también denominada “ $F_E$ ” se aplicó la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Resto Ba.} = F_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 12 \left( \frac{Hs}{día} \right) \cdot 365 \left( \frac{días}{año} \right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,55 \cdot 0,8 \quad (II.49)$$

donde “ $P_{Max. Req.}$ ” es la Potencia máxima requerida por el Poblado de Huaco dadas por las expresiones (II.42) y/o (II.43), la constante “12” representa la cantidad de hs. diarias en que se produce la demanda media de energía o energía de resto, la constante “365” son la cantidad de días del año, la constante “0,5” representa la mitad del año en que existiría demanda máxima (tres meses de otoño y tres meses de primavera), el factor 0,55 representa la reducción de requerimiento de potencia en el horario que corresponde a la energía de resto y el factor “0,8” representa la reducción de requerimiento de potencia en los meses de correspondientes a otoño y primavera.

De la suma de todas estas energías calculadas, surge el valor de energía anual requerida por el Poblado de Huaco, es decir:

$$E_{Anual Req.} = A_E + B_E + C_E + D_E + E_E + F_E \quad (II.50)$$

Siendo “ $A_E$ ” la Energía requerida en horario de pico en temporada alta de consumo determinada por la expresión (II.44), “ $B_E$ ” es la Energía requerida en horario de pico

en temporada baja de consumo que se calcula por la expresión (II.45), “ $C_E$ ” es la Energía requerida en horario de valle en temporada alta de consumo dada por la expresión (II.46), “ $D_E$ ” es la Energía requerida en horario de valle en temporada baja de consumo que se obtiene por medio de la expresión (II.47), “ $E_E$ ” es la Energía requerida en horario de resto en temporada alta de consumo suministrada por la expresión (II.48) y “ $F_E$ ” es la energía requerida en horario de valle en temporada baja de consumo proporcionada por la expresión (II.49).

#### II.11.15. Evaluación y demostración de la “hipótesis secundaria” planteada.

A los efectos de determinar la validez o refutación de la **hipótesis secundaria** planteada, siendo esta:

*“No es posible autoabastecer de energía eléctrica sustentable a la Localidad de Huaco aprovechando el potencial hídrico del Río Huaco”.*

Para esto se procedió a realizar la comparación de las potencias máximas demandadas por el poblado con las potencias constante factible de generar con la microcentral hidroeléctrica propuesta, como así también la energía anual producida por la microcentral hidroeléctrica con la energía anual requerida por el Poblado de Huaco, los criterios a tomar serán los siguientes:

11. Existe o es factible construir un equipo de turbinado y generación de energía hidroeléctrica.
12. Es factible estimar un presupuesto y recuperar la inversión en un período razonable (15 a 25 años).



13. La microcentral debe abastecer al menos el 70% de la potencia de pico requerida por el Poblado de Huaco, considerando que el faltante es entregado por la red en este horario.
14. La microcentral debe abastecer el 100% de la potencia de resto requerida por el Poblado de Huaco, considerando que el excedente (si lo hubiera) es destinado a entregar al sistema eléctrico o red eléctrica a modo de compensación de la energía tomada del sistema en el horario de punta (30% faltante en las 6 horas de pico).
15. La microcentral debe abastecer el 100% de la potencia de valle requerida por el Poblado de Huaco, considerando que el excedente es destinado a entregar al sistema eléctrico o red eléctrica como compensación de la energía tomada del sistema en el horario de punta (30% faltante en las 6 horas de pico).
16. La energía producida anualmente por la central " $E_A$ " dada por la expresión (21) debe ser similar o mayor que energía anual requerida " $E_{An. Req.}$  por la expresión (50).

En caso de que una o más de estas premisas no se cumple se consideró que será válida la hipótesis secundaria. En caso de que se cumplió estas seis condiciones resultó refutada la hipótesis secundaria.



# Desarrollo de las actividades

*Mediciones*

*Relevamientos de campo*

*Encuestas*

*Criterios y estimaciones*

*Cálculos y resultados*

*Verificación de hipótesis y conclusiones*



## CAPÍTULO III

### DETERMINACIÓN DEL MÓDULO

#### MÍNIMO DEL CAUDAL DEL RÍO. ACTIVIDAD N° 3

##### III.1. Introducción

Debido a la pandemia COVID 19 se incurrió en un gran demora para iniciar las mediciones del caudal sobre el Río Huaco, situación que se extendió desde marzo del año 2020 y gran parte del 2021, la razón principal por la que no se podía iniciar las mediciones fueron las siguientes, en primer lugar debido a la imposibilidad de circular dentro de la Ciudad de La Rioja, la segunda de ellas radicaba en la imposibilidad de acceder a la instrumentación de medición ocasionada por el cierre de los laboratorios de la Facultad Regional La Rioja, y la tercera por el cierre de rutas, cierre a los accesos a los poblados del interior de la Provincia de La Rioja y específicamente al Departamento Sanagasta y al Poblado de Huaco.

A los efectos de iniciar el trabajo, en Septiembre del año 2021 fue posible acceder a la biblioteca de la Secretaría del Agua del Ministerio de Agua y Energía de la Provincia de La Rioja, precedentemente denominado Instituto Provincial del Agua (antiguamente IPALaR) en donde se localiza el documento “Evaluación del Recurso Hídrico Superficial y Subterráneo en Huaco y Sanagasta” (Frontera, et al., 1998) realizado por la empresa Hidromediterránea S.R.L a solicitud de la Asociación Provincial del Agua (Posteriormente IPALaR), documento del cual se pudo efectuar una estimación del módulo mínimo del caudal del Río Huaco en el tramo del emplazamiento del Azud Paso de los Sauces, donde se indica que, mediante la campaña de aforos realizados por dicha empresa en el mes de abril del año 1998 se

determinó un caudal de 340 l/s (Frontera, et al., 1998) indicando además que, existen otras mediciones realizadas por la Dirección de Aguas Subterráneas en Octubre de 1980 estableciéndose un caudal instantáneo de 405 l/s (Frontera, et al., 1998), además el documento hace referencia a la información obtenida de otros autores es escasa y contradictoria ya que indican caudales medios anuales superficiales para estiaje (época de menor caudal) que se encuentran alrededor de los 600 l/s y en otros casos indican caudales que rondan los 590 a 650 l/s sin indicar si se contemplan o no crecientes (Frontera, et al., 1998) .

A los efectos de verificar estos valores se procede a efectuar mediciones destinadas a verificar estos datos, para esto en el mes de octubre del 2021 fue posible acceder al Río Huaco en el Azud Paso de los Sauces en un viaje autorizado por la Secretaría del Agua para realizar tareas de reparaciones en la planta de bombeo de agua potable, en dicha ocasión se aprovechó la oportunidad para efectuar el 1° aforo del río, al no disponer del caudalímetro que se iba a utilizar, se realizó la primer medición de manera algo rudimentaria, pero no por esto menos válida, se procedió de la siguiente manera:

### **III. 2. Medición N° 1**

Se realizó el día 5 de octubre del 2021, resulta importante destacar que al momento de realizar la medición no existían precipitaciones desde el mes de febrero de ese año, ni en la zona baja de Huaco ni en la cuenca alta; el día era soleado y cálido; no fue posible utilizar el caudalímetro Global Water ya que por la pandemia COVID 19 no se pudo retirar el instrumento de las instalaciones de la Facultad Regional La Rioja por encontrarse cerrada, se procedió de la manera que se detalla a continuación, aguas arriba de la toma del Azud Paso de los Sauces

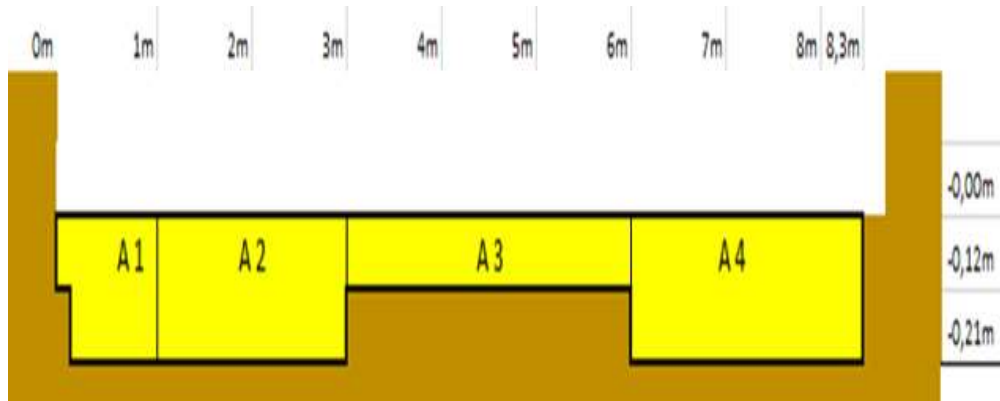


(aproximadamente a unos 70 m) se determinó la sección transversal del cauce del río de sección aproximadamente rectangular y a lo largo de un tramo recto de 10,6 m de longitud, se esquematizó y dividió en secciones transversales (cuadrículas) y se determinó la velocidad media del caudal de agua por medio de un flotante parcialmente sumergido (hasta una profundidad ligeramente superior al fondo del río), para cada sección considerada se procedió a determinar el tiempo que tardaba el flotante en recorrer los 10,6 metros considerados, se efectuó una serie de 5 mediciones por cada cuadrícula a los efectos de promediar los tiempos para cada área y de esta manera minimizar el error de medición del tiempo, con la sección transversal del río relevada subdividido en “ $A_i$ ” consideradas, y las velocidades promedio del agua en cada área se calculó el caudal del río. En la **figura 23** se observa una secuencia de imágenes tomadas al momento de efectuar las mediciones.



**Figura 23:** Tareas de 1° aforo sobre el Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 05 de octubre del año 2021.

La **Figura 24** Indica la sección transversal relevada del Río Huaco en el punto donde se efectuó la medición del caudal el día 05 de octubre del 2021 y las secciones transversales consideradas.



**Figura 24:** Sección transversal del Río Huaco para el 1° aforo, subdivisión de áreas “ $A_i$ ”. 05 de octubre del año 2021.

En la **Tabla 1** se vislumbran los valores obtenidos y los cálculos considerados. Para cada una de las cuadrículas se comprobó el tiempo que tardaba el flotante en recorrer los 10,6 metros de longitud aguas abajo, a continuación, se determinó el caudal del río “ $Q_r$ ” aplicando la fórmula que se detalla a continuación:

$$Q_r = Q_i = \sum_{i=1}^n A_i \cdot V_i \quad (II.1)$$

dónde: “ $A_i$ ” representa las “ $n$ ” áreas individuales de la sección transversal del río en la zona de medición, “ $V_i$ ” corresponde a los valores de velocidad del agua de cada cuadrícula en cada área individual “ $A_i$ ”, con estos datos y mediante la expresión (II.1) se determinó el caudal del río “ $Q_r$ ”. En la **Tabla 1** se puede observar el caudal que se determinó en el Río Huaco a la altura del Azud Paso de los Sauces correspondiente al día 5 de octubre del año 2021, determinándose un caudal aproximado de 389 l/s.

**Tabla 1:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco. 1° aforo. 05 de octubre del año 2021.

Ai	L(m)	T1(s)	T2(s)	T3(s)	T4(s)	T5(s)	Tm (s)	Vm Ai (m/seg)	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Sup. (m2)	Vm Ai (m/seg)	Caudal Ai (m3/seg)
A1	10,60	45,00	41,00	43,00	42,00	43,00	42,80	0,25	0	1	0	0,21	0,21	0,25	0,05
A2	10,60	36,00	34,00	32,00	34,00	35,00	34,20	0,31	1	3	0	0,21	0,42	0,31	0,13
A3	10,60	53,00	54,00	52,00	55,00	52,00	53,20	0,20	3	6	0	0,12	0,36	0,20	0,07
A4	10,60	41,00	36,00	37,00	36,00	39,00	37,80	0,28	6	8,3	0	0,21	0,483	0,28	0,14
														Qttotal (m/seg)	0,389358552
														Qttotal (lts/seg)	389

Se consideró posibles errores de medición de un 5% en la toma de tiempos, y un 2% en las longitudes, y además se estimó la posible propagación de errores de medición de tal modo que se combinen todas solamente en exceso o en defecto, con esto se obtuvo los resultados de las **Tablas 2 y 3**.

**Tabla 2:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 1° aforo. 05 de octubre del año 2021.

Errores Sustractivos      ± 2% ΔL    ± 5% Δt

Ai	L(m) -2%	T1(s) +5%	T2(s) +5%	T3(s) +5%	T4(s) +5%	T5(s) +5%	Tm (s)	Vm Ai (m/seg)	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup.	Prof. Inf. 2%	Sup. (m2)	Vm Ai (m/seg)	Caudal Ai (m3/seg)
A1	10,39	47,25	43,05	45,15	44,10	45,15	44,94	0,23	0	0,98	0	0,2058	0,2017	0,23	0,05
A2	10,39	37,80	35,70	33,60	35,70	36,75	35,91	0,29	0,98	2,94	0	0,2058	0,4034	0,29	0,12
A3	10,39	55,65	56,70	54,60	57,75	54,60	55,86	0,19	2,94	5,88	0	0,1176	0,3457	0,19	0,06
A4	10,39	43,05	37,80	38,85	37,80	40,95	39,69	0,26	5,88	8,134	0	0,2058	0,4639	0,26	0,12
														Qttotal (m/seg)	0,349077818
														Qttotal (lts/seg)	349
														ΔQ (%)	-10,28

**Tabla 3:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos, 1° aforo. 05 de octubre del año 2021.

Errores Aditivos		±2% Δ		±5% Δ											
Ai	L(m)	T1(s)	T2(s)	T3(s)	T4(s)	T5(s)	Tm(s)	Vm Ai (m/seg)	Ancho izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup.	Prof. Inf. +2%	Sup. (m2)	Vm Ai (m/seg)	Caudal Ai (m3/seg)
A1	10,81	42,75	38,95	40,85	39,90	40,85	40,66	0,27	0	1,02	0	0,2142	0,2185	0,27	0,06
A2	10,81	34,20	32,30	30,40	32,30	33,25	32,49	0,33	1,02	3,06	0	0,2142	0,437	0,33	0,15
A3	10,81	50,35	51,30	49,40	52,25	49,40	50,54	0,21	3,06	6,12	0	0,1224	0,3745	0,21	0,08
A4	10,81	38,95	34,20	35,15	34,20	37,05	35,91	0,30	6,12	8,466	0	0,2142	0,5025	0,30	0,15
														Qtotal (m/seg)	0,434867566
														Qtotal (lts/seg)	434
														ΔQ (%)	11,57

Se observa que el valor de caudal puede variar entre 349 a 434 l/s, que corresponde a  $\pm 11\%$  aproximadamente.

Previendo este posible error de medición, se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total, de esta manera se derivó todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición, donde se midió una altura “*h*” de 0,19 m y un valor de “*P*” de 0,5 m, ya que el valor máximo de “*P*” de 0,6 m se encontraba disminuido por acumulación de arena en el desarenadero, luego, se aplicó la ecuación para el cálculo de caudal sobre vertedero de pared delgada sin contracción lateral vista en el capítulo 2 dada por la expresión (II.4) y se estableció un caudal estimado “*Q*” = 323 l/s. Se adoptó como valor de **caudal 1**:

$$Q_1 = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$$



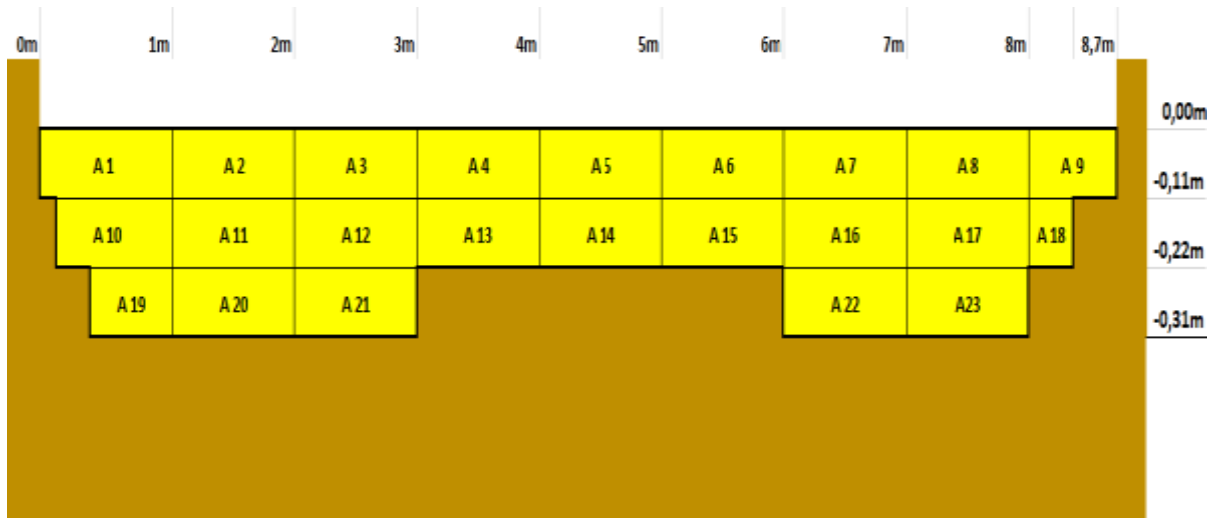
### III.3. Medición N° 2

Se realizó el día 20 de febrero del 2022, resulta importante destacar que al momento de realizar la medición existieron bajas precipitaciones en la cuenca alta del Río Huaco, el día se encontraba nublado y fresco, se procedió de manera similar a la medición N° 1 pero esta vez se utilizó el caudalímetro de turbina Global Water, se accedió aguas arriba de la toma del Azud Paso de los Sauces (en el mismo sitio donde se efectuó la Medición N° 1) se determinó la sección transversal del cauce del río aproximadamente rectangular, se lo dividió en secciones transversales (cuadrículas) y se determinó la velocidad media del caudal de agua mediante el caudalímetro de turbina para aforo de ríos, tipo Global Water 800-876-1172, modelo FP211 (N° Serie 1409001210), se relevó la sección transversal del río y se dividió en las respectivas áreas “*A<sub>i</sub>*” consideradas. En la **Figura 25** se observa una secuencia de imágenes tomadas al momento en que se tomaron las mediciones.



**Figura 25:** Tareas de 2° aforo sobre el Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 20 de febrero del año 2022.

La **Figura 26** indica la sección transversal relevada del Río Huaco en el punto donde se efectuó la medición de caudal el día 20 de febrero del 2022 y las secciones transversales consideradas.



**Figura 26:** Sección transversal del Río Huaco para el 2° aforo, subdivisión de áreas “ $A_i$ ”. 20 de febrero del año 2022.

En la **Tabla 4** se muestran los valores obtenidos y los cálculos realizados. Para cada una de las cuadrículas se determinó la velocidad con el caudalímetro indicado, se tomó la velocidad en el punto medio de cada cuadrícula, luego se determinó el caudal aplicando la fórmula (II.1) definida anteriormente, recordando la misma:

$$Q_r = Q_i = \sum_{i=1}^n A_i \cdot V_i \quad (\text{II.1})$$

donde: “ $A_i$ ” representa las “ $n$ ” áreas individuales de la sección transversal del río en la zona de medición, “ $V_i$ ” corresponde a los valores de velocidad del agua de cada cuadrícula en cada área individual “ $A_i$ ”, con estos datos y mediante la expresión (II.1) se determinó el caudal del río “ $Q_r$ ”. En la **Figura 26** se observa el corte transversal del Río Huaco en la zona de medición y las secciones transversales que se consideró,



en la **Tabla 4** se puede observar el caudal que se determinó del Río Huaco correspondiente al día 20 de febrero del año 2022, siendo de 1.741 l/s. Resulta importante destacar que el día en que se efectuó la medición el río se encontraba creciendo, producto de las suaves precipitaciones en la cuenca alta de Huaco, aunque las mismas fueron escasas constituían un aporte importante al caudal del río.

**Tabla 4:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco 1° aforo. 20 de febrero de 2022.

AI	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup	Prof. Inf.	Superficie (m2)	Velocidad AI (m/seg)	Caudal AI (m3/seg)
A1	0	1	0	0,11	0,11	0,9	0,099
A2	1	2	0	0,11	0,11	0,9	0,099
A3	2	3	0	0,11	0,11	0,4	0,044
A4	3	4	0	0,11	0,11	1,1	0,121
A5	4	5	0	0,11	0,11	1,1	0,121
A6	5	6	0	0,11	0,11	0,4	0,044
A7	6	7	0	0,11	0,11	1,1	0,121
A8	7	8	0	0,11	0,11	1,1	0,121
A9	8	8,7	0	0,11	0,077	0,3	0,0231
A10	0,1	1	0,11	0,22	0,099	1,1	0,1089
A11	1	2	0,11	0,22	0,11	0,8	0,088
A12	2	3	0,11	0,22	0,11	1	0,11
A13	3	4	0,11	0,22	0,11	0,8	0,088
A14	4	5	0,11	0,22	0,11	0,6	0,066
A15	5	6	0,11	0,22	0,11	0,6	0,066
A16	6	7	0,11	0,22	0,11	1	0,11
A17	7	8	0,11	0,22	0,11	1,1	0,121
A18	8	8,5	0,11	0,22	0,055	0,4	0,022
A19	0,3	1	0,22	0,31	0,063	0,4	0,0252
A20	1	2	0,22	0,31	0,09	0,4	0,036
A21	2	3	0,22	0,31	0,09	0,4	0,036
A22	6	7	0,22	0,31	0,09	0,4	0,036
A23	7	8	0,22	0,31	0,09	0,4	0,036
						<b>Qtotal (m/seg)</b>	<b>1,7422</b>
						<b>Qtotal (lts./seg)</b>	<b>1.742,20</b>

Considerando posibles errores de medición de un 2% a fondo de escala del instrumento, errores que se pueden producir al realizar la toma de velocidades,



básicamente son producidos por la falta de resolución del instrumento en el segundo dígito decimal inexistente en la pantalla del equipo, además por estar midiendo muy por debajo de su rango máximo, también consideraremos errores de un 2% en la toma de las longitudes, estimando que se produjeron las propagaciones de error de tal modo que se combinan para que todas den solamente en exceso o en defecto, al efectuar el cálculo correspondiente, tendremos los resultados que indican las **Tablas 5 y 6**. Esto nos muestra que un valor de caudal medido puede variar en su módulo hallado a causa de la propagación de errores, el caudal puede tomar valores comprendidos entre 1269 y 2292 l/s, que corresponden a  $\pm 28\%$  de variación aproximadamente.

En este caso, no se pudo corroborar por medio de una medición de contraste derivando el caudal del río por el vertedero de medición, ya que cuando se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total no resultó posible derivar todo el caudal hacia el mismo.





**Tabla 5:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 2° aforo. 20 de febrero de 2022.

Errores Sustractivos

± 2% # ±2% AV

AI	Ancho Izqu. - 2%	Ancho Der. - 2%	Prof. Sup. - 2%	Prof. Inf. - 2%	Superficie (m2)	Velocidad Ai (m/seg) - 2% Fondo de escala	Caudal Ai (m3/seg)
A1	0	0,98	0	0,1078	0,1056	0,7000	0,0740
A2	0,98	1,96	0	0,11	0,1078	0,7000	0,0755
A3	1,96	2,94	0	0,11	0,1078	0,2000	0,0216
A4	2,94	3,92	0	0,11	0,1078	0,9000	0,0970
A5	3,92	4,9	0	0,11	0,1078	0,9000	0,0970
A6	4,9	5,88	0	0,11	0,1078	0,2000	0,0216
A7	5,88	6,86	0	0,11	0,1078	0,9000	0,0970
A8	6,86	7,84	0	0,11	0,1078	0,9000	0,0970
A9	7,84	8,526	0	0,11	0,0755	0,1000	0,0075
A10	0,098	0,98	0,1078	0,22	0,0990	0,9000	0,0891
A11	0,98	1,96	0,1078	0,22	0,1100	0,6000	0,0660
A12	1,96	2,94	0,1078	0,22	0,1100	0,8000	0,0880
A13	2,94	3,92	0,1078	0,22	0,1100	0,6000	0,0660
A14	3,92	4,9	0,1078	0,22	0,1100	0,4000	0,0440
A15	4,9	5,88	0,1078	0,22	0,1100	0,4000	0,0440
A16	5,88	6,86	0,1078	0,22	0,1100	0,8000	0,0880
A17	6,86	7,84	0,1078	0,22	0,1100	0,9000	0,0990
A18	7,84	8,33	0,1078	0,22	0,0550	0,2000	0,0110
A19	0,294	0,98	0,2156	0,31	0,0648	0,2000	0,0130
A20	0,98	1,96	0,2156	0,31	0,0925	0,2000	0,0185
A21	1,96	2,94	0,2156	0,31	0,0925	0,2000	0,0185
A22	5,88	6,86	0,2156	0,31	0,0925	0,2000	0,0185
A23	6,86	7,84	0,2156	0,31	0,0925	0,2000	0,0185
						Qttotal (m/seg)	1,26998004
						Qttotal (lts./seg)	1.269,98
						ΔQ (%)	-27,10



**Tabla 6:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos 2° aforo. 20 de febrero de 2022.

Errores Aditivos

±2% ΔL ±2% ΔV

Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m2)	Velocidad Ai (m/seg) +2% Fondo de escala	Caudal Ai (m3/seg)
A1	0	1,02	0,0000	0,1122	0,1144	1,1000	0,1259
A2	1,02	2,04	0,0000	0,1122	0,1144	1,1000	0,1259
A3	2,04	3,06	0,0000	0,1122	0,1144	0,6000	0,0687
A4	3,06	4,08	0,0000	0,1122	0,1144	1,3000	0,1488
A5	4,08	5,1	0,0000	0,1122	0,1144	1,3000	0,1488
A6	5,1	6,12	0,0000	0,1122	0,1144	0,6000	0,0687
A7	6,12	7,14	0,0000	0,1122	0,1144	1,3000	0,1488
A8	7,14	8,16	0,0000	0,1122	0,1144	1,3000	0,1488
A9	8,16	8,874	0,0000	0,1122	0,0801	0,5000	0,0401
A10	0,102	1,02	0,1122	0,2244	0,1030	1,3000	0,1339
A11	1,02	2,04	0,1122	0,2244	0,1144	1,0000	0,1144
A12	2,04	3,06	0,1122	0,2244	0,1144	1,2000	0,1373
A13	3,06	4,08	0,1122	0,2244	0,1144	1,0000	0,1144
A14	4,08	5,1	0,1122	0,2244	0,1144	0,8000	0,0916
A15	5,1	6,12	0,1122	0,2244	0,1144	0,8000	0,0916
A16	6,12	7,14	0,1122	0,2244	0,1144	1,2000	0,1373
A17	7,14	8,16	0,1122	0,2244	0,1144	1,3000	0,1488
A18	8,16	8,67	0,1122	0,2244	0,0572	0,6000	0,0343
A19	0,306	1,02	0,2244	0,3162	0,0655	0,6000	0,0393
A20	1,02	2,04	0,2244	0,3162	0,0936	0,6000	0,0562
A21	2,04	3,06	0,2244	0,3162	0,0936	0,6000	0,0562
A22	6,12	7,14	0,2244	0,3162	0,0936	0,6000	0,0562
A23	7,14	8,16	0,2244	0,3162	0,0936	0,6000	0,0562
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>2,2920012</b>
<b>Qtotal (lts./seg)</b>							<b>2.292,00</b>
<b>ΔQ (%)</b>							<b>31,56</b>

Ante la imposibilidad de corroborar la medición derivando el caudal hacia el vertedero de medición, se adoptó el caudal hallado considerando el error máximo sustractivo, además para este valor el caudal se encuentra muy por encima del caudal normal observado y obtenido en la medición anterior, como así también respecto a los indicados por los estudios realizados por Frontera y otros, esto se debió a que la medición se realizó en temporada de lluvias, para este día determinó un caudal estimado de “Q” = 1,269 l/s. Es decir:

$$Q_2 = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

### III.4. Medición N° 3

Se efectuó el día 15 de agosto del 2022, al momento en que se realizó la medición no se registraban precipitaciones en la región desde fines del mes de febrero, el día se encontraba soleado y fresco, se procedió de manera similar a la medición N° 2. No fue posible realizarlas en el mismo sector en que se efectuó las dos mediciones anteriores, ya que en dicha zona se había formado un banco de arena, encontrándose modificado por completo el lecho del río. En la **Figura 27** se puede vislumbrar esta situación.



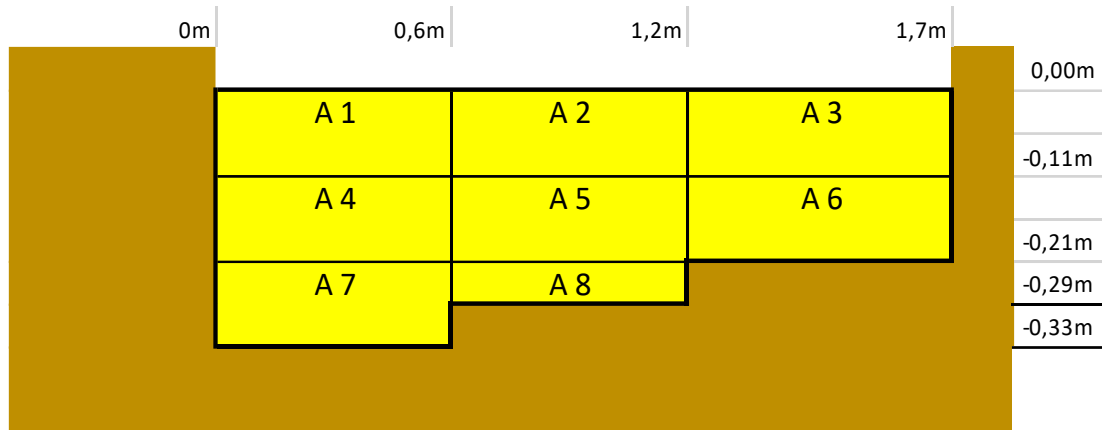
**Figura 27:** Tareas del 3° aforo sobre el Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 15 de agosto del año 2022.

Se accedió a otro sector más próximo al vertedero del azud, y dado el bajo caudal del río, en la nueva zona de medición todo el caudal fluye por la sección transversal seleccionada, en la **Figura 28** se observa una imagen del nuevo sector de medición.



**Figura 28:** Nueva zona de realización de aforos, Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 15 de agosto del año 2022.

En la **Figura 29** se indica la sección transversal de la nueva zona de aforo y su respectiva subdivisión de áreas “ $A_i$ ” consideradas. Las velocidades “ $V_i$ ” y el caudal “ $Q$ ” con su cálculo de propagación de error respectivo se encuentran en la **Tabla 7**, **Tabla 8** y **Tabla 9**.



**Figura 29:** Sección transversal del Río Huaco para el 3° aforo, subdivisión de áreas “A<sub>i</sub>”.  
15 de agosto del año 2022.

**Tabla 7:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco. 3° aforo. 15 de agosto de 2022.

A <sub>i</sub>	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup	Prof. Inf.	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad A <sub>i</sub> (m/seg)	Caudal A <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0	0,6	0	0,11	0,066	0,8	0,0528
A2	0,6	1,2	0	0,11	0,066	0,9	0,0594
A3	1,2	1,7	0	0,11	0,055	0,7	0,0385
A4	0	0,6	0,11	0,21	0,06	0,8	0,048
A5	0,6	1,2	0,11	0,21	0,06	0,9	0,054
A6	1,2	1,7	0,11	0,21	0,05	0,5	0,025
A7	0	0,6	0,21	0,33	0,072	0,6	0,0432
A8	0,6	1,2	0,21	0,29	0,048	0,5	0,024
<b>Q<sub>total</sub> (m/seg)</b>							<b>0,3449</b>
<b>Q<sub>total</sub> (l/s./seg)</b>							<b>344</b>



**Tabla 8:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 3° aforo.

15 de agosto de 2022.

Errores Sustractivos  $\pm 2\% \Delta$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup. -2%	Prof. Inf. 2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,5880	0,0000	0,1078	0,0634	0,6000	0,0380
A2	0,5880	1,1760	0,0000	0,1078	0,0634	0,7000	0,0444
A3	1,1760	1,6660	0,0000	0,1078	0,0528	0,5000	0,0264
A4	0,0000	0,5880	0,1078	0,2058	0,0576	0,6000	0,0346
A5	0,5880	1,1760	0,1078	0,2058	0,0576	0,7000	0,0403
A6	1,1760	1,6660	0,1078	0,2058	0,0480	0,3000	0,0144
A7	0,0000	0,5880	0,2058	0,3234	0,0691	0,4000	0,0277
A8	0,5880	1,1760	0,2058	0,2842	0,0461	0,3000	0,0138
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>0,2396</b>
<b>Qtotal (lts./seg)</b>							<b>239,0000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>-30,5233</b>

**Tabla 9:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 3° aforo.

15 de agosto de 2022.

Errores aditivos  $\pm 2\% \Delta$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup. +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,6120	0,0000	0,1122	0,0687	1,0000	0,0687
A2	0,6120	1,2240	0,0000	0,1122	0,0687	1,1000	0,0755
A3	1,2240	1,7340	0,0000	0,1122	0,0572	0,9000	0,0515
A4	0,0000	0,6120	0,1122	0,2142	0,0624	1,0000	0,0624
A5	0,6120	1,2240	0,1122	0,2142	0,0624	1,1000	0,0687
A6	1,2240	1,7340	0,1122	0,2142	0,0520	0,7000	0,0364
A7	0,0000	0,6120	0,2142	0,3366	0,0749	0,8000	0,0599
A8	0,6120	1,2240	0,2142	0,2958	0,0499	0,7000	0,0350
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>0,4581</b>
<b>Qtotal (lts./seg)</b>							<b>458,0000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>33,1395</b>

Mediante la utilización del caudalímetro Global Water, se determinó un caudal de 344 litros por segundo el día 15 de agosto del 2022.-

Debido al posible error de medición ocasionado por la falta de resolución del instrumento, se procedió a contrastar la medición en el vertedero de medición del azud, para ello se abrió la compuerta de ingreso de manera total, se derivó todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición, se determinó una altura “ $h$ ” sobre el vertedero de 0,19 m, con valor de “ $P$ ” que ascendía a 0,4 m; disminuido de su máximo valor de 0,6 m ocasionado por la acumulación de arena en el desarenadero. Aplicando la ecuación para el cálculo de caudal sobre vertedero de pared delgada sin contracción lateral vista en el capítulo 2 y que viene dada por la expresión (II.4) determinamos un caudal estimado de “ $Q$ ” = 328 l/s.

A los efectos de realizar una segunda corroboración de respaldo, se midió con el caudalímetro la velocidad del agua sobre el vertedero y se determinó la altura de la cresta de agua sobre el vertedero siendo esta la altura “ $h_2$ ” (diferente y menor que la altura “ $h$ ” utilizada para la corroboración anterior), se multiplicó el valor promedio de velocidad “ $V_v$ ” por la sección transversal del vertedero y se afectó al resultado de un factor de reducción de 0,9 debido a la disminución de velocidad del agua en los bordes muy cercanos a las paredes laterales e inferior por donde pasa el agua a menor velocidad, que además el caudalímetro no pudo medir la velocidad en estos extremos debido a cuestiones constructivas. Se obtuvo los siguientes resultados:

$$V_v = 1,1 \text{ m/s}; \quad h_2 = 0,17 \text{ m}; \quad L = 2 \text{ m}$$

$$Q = 0,9 \times 1,1 \text{ m/s} \times 0,17 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 0,336 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se Adoptó:

$$Q_3 = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

### III.5. Medición N° 4

Se realizó el día 22 de septiembre del 2022, en esta fecha, como factor importante a considerar fue la nevada producida en días previos sobre la cuenca alta del Río Huaco, se estimó que esto pudo repercutir en un aumento del caudal. En la **Figura 30** se observa una imagen de la nevada producida sobre los cerros de la cuenca alta del Río Huaco. Al momento de realizar la medición el día se encontraba soleado y fresco.



**Figura 30:** *Nevada producida sobre la cuenca alta del Río Huaco. Septiembre del año 2022.*

Por otra parte, debido a fallas que se produjeron en la pantalla del caudalímetro que se utilizó en las mediciones anteriores, fue reemplazado por otro de similares características suministrado por la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja, (ver **ANEXO II**) las características del mismo son las siguientes, marca: Global Water,



modelo: FP111, número de serie: 21M102888. A los efectos de consumar las mediciones se procedió de manera similar a la medición N° 3, se realizaron las mediciones en el mismo sector, pero las dimensiones de la sección transversal se encontraron levemente modificadas con respecto a la medición anterior, esto fue ocasionado por el constante arrastre de arenas y ripio producto de la erosión del río. En la **Figura 31** se observan las nuevas dimensiones y su respectiva subdivisión de áreas " $A_i$ " que se consideró. Se procedió a realizar las mediciones de las velocidades " $V_i$ " correspondientes a cada área. En la **Figura 32** se observa una imagen de esta tarea.



**Figura 31:** Sección transversal del Río Huaco para el 4° aforo, subdivisión de áreas " $A_i$ ".  
 22 de septiembre del año 2022.



**Figura 32:** Tareas del 4° aforo sobre el Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 22 de septiembre del año 2022.

Luego se volcó los datos a la planilla Excel respectiva y se determinó el caudal “Q” con su respectivo cálculo de propagación de error. Los datos y resultados obtenidos se encuentran en las **Tablas 10, Tabla 11 y Tabla 12.**

**Tabla 10:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco 4° aforo. 22 de septiembre de 2022.

Ai	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup	Prof. Inf.	Superficie (m2)	Velocidad Ai (m/seg)	Caudal Ai (m3/seg)
A1	0	0,6	0	0,11	0,066	0,8	0,0528
A2	0,6	1,2	0	0,11	0,066	1	0,066
A3	1,2	1,7	0	0,11	0,055	0,7	0,0385
A4	0	0,6	0,11	0,21	0,06	0,8	0,048
A5	0,6	1,2	0,11	0,21	0,06	1,1	0,066
A6	1,2	1,7	0,11	0,21	0,05	0,6	0,03
A7	0	0,6	0,21	0,35	0,084	0,7	0,0588
A8	0,6	1,2	0,21	0,3	0,054	0,6	0,0324
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>0,3925</b>
<b>Qtotal (lis./seg)</b>							<b>392,5</b>



**Tabla N° 11:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 5° aforo. 22 de septiembre 2022.

Errores Sustractivos  $\pm 2\% \Delta$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup. -2%	Prof. Inf. 2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,5880	0,0000	0,1078	0,0634	0,6000	0,0380
A2	0,5880	1,1760	0,0000	0,1078	0,0634	0,8000	0,0507
A3	1,1760	1,6660	0,0000	0,1078	0,0528	0,5000	0,0264
A4	0,0000	0,5880	0,1078	0,2058	0,0576	0,6000	0,0346
A5	0,5880	1,1760	0,1078	0,2058	0,0576	0,9000	0,0519
A6	1,1760	1,6660	0,1078	0,2058	0,0480	0,4000	0,0192
A7	0,0000	0,5880	0,2058	0,3430	0,0807	0,5000	0,0403
A8	0,5880	1,1760	0,2058	0,2940	0,0519	0,4000	0,0207
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>0,2819</b>
<b>Qttotal (lts./seg)</b>							<b>281,9000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>-28,1783</b>

**Tabla 12:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos 4° aforo. 22 de septiembre 2022.

Errores aditivos  $\pm 2\% \Delta$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup. +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,6120	0,0000	0,1122	0,0687	1,0000	0,0687
A2	0,6120	1,2240	0,0000	0,1122	0,0687	1,2000	0,0824
A3	1,2240	1,7340	0,0000	0,1122	0,0572	0,9000	0,0515
A4	0,0000	0,6120	0,1122	0,2142	0,0624	1,0000	0,0624
A5	0,6120	1,2240	0,1122	0,2142	0,0624	1,3000	0,0812
A6	1,2240	1,7340	0,1122	0,2142	0,0520	0,8000	0,0416
A7	0,0000	0,6120	0,2142	0,3570	0,0874	0,9000	0,0787
A8	0,6120	1,2240	0,2142	0,3060	0,0562	0,8000	0,0449
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>0,5114</b>
<b>Qttotal (lts./seg)</b>							<b>514,4000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>31,0573</b>

Mediante la utilización del caudalímetro Global Water, se determinó un caudal de 392 litros por segundo correspondiente al día 22 de septiembre del 2022.

Previendo el error de medición se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total, se derivó todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición, de esta manera se determinó una altura “ $h$ ” de 0,21 m sobre el vertedero de medición y un valor de “ $P$ ” que corresponde a 0,5 m, el valor máximo de “ $P$ ” de 0,6 m se encontró disminuido por acumulación de arena en el desarenadero. Se aplicó la ecuación para el cálculo de caudal sobre vertedero de pared delgada sin contracción lateral vista en el marco teórico y que viene dada por la expresión (II.4) y se determinó un caudal estimado de “ $Q$ ” = 378 l/s.

Se corroboró la medición de manera aún más precisa, para ello se midió con el caudalímetro la velocidad promedio del agua sobre el vertedero “ $V_v$ ”, por otra parte se midió la altura de la cresta de agua sobre el vertedero siendo esta la altura “ $h_2$ ” (diferente y menor que la altura “ $h$ ”), multiplicando el valor promedio de velocidad “ $V_v$ ” por la sección transversal del vertedero y afectando al resultado de un factor de reducción de 0,9 debido a la disminución de velocidad del agua en los bordes muy cercanos a las paredes laterales e inferior por donde pasa el agua y que además el caudalímetro es incapaz de medir o promediar el caudal en estos extremos debido a cuestiones constructivas. Se obtuvo los siguientes resultados:

$$V_v = 1,1 \text{ m/s}; \quad h_2 = 0,19 \text{ m}; \quad L = 2 \text{ m}$$

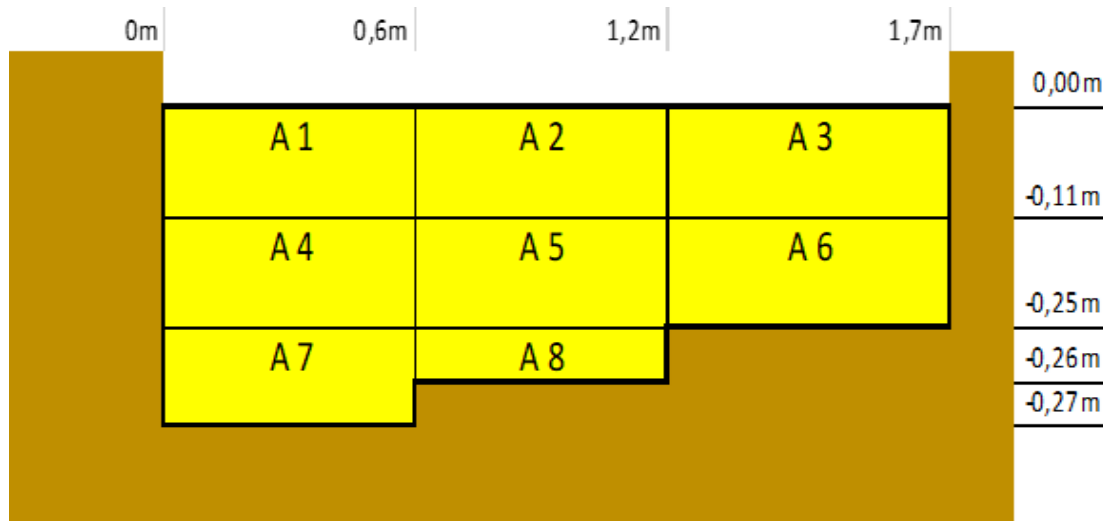
$$Q = 0,9 \times 1,1 \text{ m/s} \times 0,19 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 0,376 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se adoptó el siguiente valor de caudal:

$$Q_4 = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$$

### III.6. Medición N° 5

Se realizó el día 14 de noviembre del 2022, el día se encontraba caluroso y soleado. No se registraron lluvias o nevadas desde mediados de septiembre. Se procedió de manera análoga a las mediciones realizadas anteriormente, se utilizó el caudalímetro suministrado por la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja, las características del mismo fueron citadas en el apartado anterior. La medición se realizó en el mismo sector, pero las dimensiones se vieron levemente modificadas con respecto a la medición anterior. En la **Figura 33** se observan las nuevas dimensiones y su respectiva subdivisión de áreas “ $A_i$ ” que se consideró. A continuación, se realizó las mediciones de las velocidades “ $V_i$ ”. Luego se volcó los datos a la planilla Excel respectiva y se determinó el caudal “ $Q$ ” con su respectivo cálculo de propagación de error que se encuentran en las **Tablas 13, Tabla 14 y Tabla 15**.



**Figura 33:** Sección transversal del Río Huaco para el 5° aforo, subdivisión de áreas “ $A_i$ ”. 14 de noviembre del año 2022.



**Tabla 13:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco 5° aforo. 14 de noviembre de 2022.

Ai	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg)	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0	0,6	0	0,11	0,066	0,8	0,0528
A2	0,6	1,2	0	0,11	0,066	0,7	0,0462
A3	1,2	1,7	0	0,11	0,055	0,7	0,0385
A4	0	0,6	0,11	0,25	0,084	0,8	0,0672
A5	0,6	1,2	0,11	0,25	0,084	0,7	0,0588
A6	1,2	1,7	0,11	0,25	0,07	0,5	0,035
A7	0	0,6	0,25	0,27	0,012	0,4	0,0048
A8	0,6	1,2	0,25	0,26	0,006	0,2	0,0012
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>0,3045</b>
<b>Qtotal (lis./seg)</b>							<b>304</b>

**Tabla 14:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 5° aforo. 14 de noviembre de 2022.

Errores Sustractivos

 $\pm 2\% \Delta$  -  $\pm 2\% \Delta V$ 

Ai	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup. -2%	Prof. Inf. 2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,5880	0,0000	0,1078	0,0634	0,6000	0,0380
A2	0,5880	1,1760	0,0000	0,1078	0,0634	0,5000	0,0317
A3	1,1760	1,6660	0,0000	0,1078	0,0528	0,5000	0,0264
A4	0,0000	0,5880	0,1078	0,2450	0,0807	0,6000	0,0484
A5	0,5880	1,1760	0,1078	0,2450	0,0807	0,5000	0,0403
A6	1,1760	1,6660	0,1078	0,2450	0,0672	0,3000	0,0202
A7	0,0000	0,5880	0,2450	0,2646	0,0115	0,2000	0,0023
A8	0,5880	1,1760	0,2450	0,2548	0,0058	0,0000	0,0000
<b>Qtotal (m/seg)</b>							<b>0,2074</b>
<b>Qtotal (lis./seg)</b>							<b>207,0000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>-31,9079</b>

**Tabla 15:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos 5° aforo. 14 de noviembre de 2022.

Errores aditivos		$\pm 2\% \Delta$	$\pm 2\% \Delta V$				
Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup. +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,6120	0,0000	0,1122	0,0687	1,0000	0,0687
A2	0,6120	1,2240	0,0000	0,1122	0,0687	0,9000	0,0618
A3	1,2240	1,7340	0,0000	0,1122	0,0572	0,9000	0,0515
A4	0,0000	0,6120	0,1122	0,2550	0,0874	1,0000	0,0874
A5	0,6120	1,2240	0,1122	0,2550	0,0874	0,9000	0,0787
A6	1,2240	1,7340	0,1122	0,2550	0,0728	0,7000	0,0510
A7	0,0000	0,6120	0,2550	0,2754	0,0125	0,6000	0,0075
A8	0,6120	1,2240	0,2550	0,2652	0,0062	0,4000	0,0025
						<b>Qttotal (m/seg)</b>	<b>0,4090</b>
						<b>Qttotal (l/s./seg)</b>	<b>409,0000</b>
						<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>	<b>34,5395</b>

Mediante la utilización del caudalímetro Global Water, se determinó un caudal de 304 litros por segundo el día 14 de noviembre del 2022.

Previendo el error de medición se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total derivando todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición, se determinó nuevamente una altura “*h*” de 0,17 m y un valor de “*P*” de 0,25 m, el valor máximo de “*P*” de 0,6 m se encontraba disminuido por acumulación de arena en el desarenadero. Se aplicó la ecuación para el cálculo de caudal sobre vertedero de pared delgada sin contracción lateral vista en el capítulo 2 y que viene dada por la expresión (II.4), se determinó un caudal estimado de “*Q*” = 285 l/s.

A los efectos de corroborar con mayor mesura el valor obtenido en la medición, nuevamente se corroboró con el caudalímetro la velocidad promedio del agua sobre el vertedero por un período de 60 segundos, por medio del caudalímetro se obtuvo la velocidad promedio del agua “*V<sub>v</sub>*”, por otra parte se midió la altura de la cresta de agua sobre el vertedero siendo esta la altura “*h<sub>2</sub>*” (diferente y menor que la altura

“ $h$ ”), se multiplicó el valor promedio de velocidad “ $V_v$ ” por la sección transversal del vertedero y se afectó al resultado de un factor de reducción de 0,9 debido a la disminución de velocidad del agua en los bordes muy cercanos a las paredes laterales e inferior por donde pasa el agua y que además el caudalímetro fue incapaz de medir en estos extremos debido a cuestiones constructivas. En la **Figura 34** se observan una secuencia de imágenes de los dos métodos de medición efectuados en la fecha citada sobre el vertedero de medición del Azud Paso de los Sauces.



**Figura 34:** Mediciones sobre el vertedero de medición del Azud Paso de los Sauces. 14 de noviembre del año 2022.

Se obtuvo los siguientes resultados:

$$V_v = 1,0 \text{ m/s}; \quad h_2 = 0,155 \text{ m}; \quad L = 2\text{m}$$

$$Q = 0,9 \times 1,0 \text{ m/s} \times 0,155 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 0,279 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se adoptó como caudal medido al valor:

$$Q_5 = 0,280 \text{ m}^3/\text{s}$$



En función de los caudales que se determinó hasta la fecha, se consideró que la temporada de lluvias normalmente se inicia en la primera quincena de diciembre y por encontrarnos próximos a la citada temporada, se adoptó a este valor **como módulo mínimo permanente de caudal del río, siendo “ $Q_5$ ” = 0,280 m<sup>3</sup>/s**. Por esto, además se verificó de manera práctica el “módulo de caudal permanente a turbinar”, como se detalló en **Capítulo N° II** (Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación), **Apartado II.11.2** (Determinación del “*módulo de caudal permanente a turbinar*” disponible en la toma de captación destinada a turbinar). Para esto se abrió las compuertas de ingreso de agua a la cámara desarenadora hasta que se observó que al menos 1/3 (aproximadamente) del caudal continuó circulando por el cauce normal del río y 2/3 (aproximadamente) ingresó al azud. El tercio del caudal que se dejó circulando por el cauce del río se encontraba destinado a minimizar el impacto sobre la flora y fauna ictícola que habita el tramo afectado aguas abajo, condición estrictamente necesaria adoptar en caso de implementarse la microcentral hidroeléctrica, los 2/3 que ingresan al azud será el caudal destinado a captación de agua potable, riego de parques de las viviendas del poblado y caudal destinado a turbinar para generación de energía eléctrica. Luego se midió la altura de la vena de fluido que franquea sobre el vertedero de medición del azud, se logró una altura sobre el vertedero de 0,13 y 0,14 cm; se aplicó la fórmula de cálculo (II.3) y se obtuvo un caudal de ingreso al azud que se encontraba entre valores de 0,18 m<sup>3</sup>/s y 0,20 m<sup>3</sup>/s, se consideró que la extracción de agua del azud destinada a agua potable y riego de parques y jardines resultaría insignificante frente a este caudal, razón por la cual se estimó que el caudal disponible para turbinar se encontraría próximo a esos valores que se determinaron. Esto se corroborará más adelante. Resulta importante aclarar que se mantuvo la condición de circulación de agua a través del río (aproximadamente

1/3 del caudal del río) durante una hora con el objeto de observar que se establezca el régimen de ingreso de agua al azud y el caudal de mantenimiento en el tramo afectado, verificando visualmente que el mismo se mantenga estable y manteniéndose en circulación.

### III.7. Medición N° 6

Se realizó el día 21 de diciembre del 2022, el día se encontraba caluroso, soleado y sin lluvias o nevadas desde mediados de septiembre. Se procedió de manera análoga a las mediciones realizadas anteriormente, pero por encontrarse muy irregular el lecho del río en la zona que se midió anteriormente, se procedió a determinar las velocidades del agua a unos 5 metros más río arriba, donde se halló una zona más regular del lecho, se relevó el mismo y se lo dividió en las áreas respectivas, esto se observa en la **Figura 35**. Mediante la utilización del caudalímetro suministrado por la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja se determinó las velocidades del agua " $V_i$ " en cada área transversal " $A_i$ " que se consideró. Luego se volcaron los datos a la planilla Excel respectiva y se determinó el caudal " $Q$ " con su respectivo cálculo de propagación de error que se encuentran en las **Tablas 16, Tabla 17 y Tabla 18**.



**Figura 35:** Sección transversal del Río Huaco para el 6° aforo, subdivisión de áreas “A<sub>i</sub>”.  
21 de diciembre del año 2022.

**Tabla 16:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco 6° aforo. 21 de diciembre de 2022.

Ai	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup	Prof. Inf.	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg)	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0	0,8	0	0,15	0,12	0,2	0,024
A2	0,8	1,6	0	0,15	0,12	0,4	0,048
A3	1,6	2,4	0	0,15	0,12	0,4	0,048
A4	0	0,8	0,15	0,3	0,12	0,2	0,024
A5	0,8	1,6	0,15	0,3	0,12	0,4	0,048
A6	1,6	2,4	0,15	0,3	0,12	0,4	0,048
A7	0,8	1,6	0,3	0,37	0,056	0,2	0,0112
A8	1,6	2,4	0,3	0,46	0,128	0,3	0,0384
<b>Qtot (m/seg)</b>							<b>0,2896</b>
<b>Qtot (lis./seg)</b>							<b>289,6</b>



**Tabla 17:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 6° aforo. 21 de diciembre de 2022.

Errores Sustractivos  $\pm 2\% \Delta L$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup. -2%	Prof. Inf. 2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,7840	0,0000	0,1470	0,1152	0,0000	0,0000
A2	0,7840	1,5680	0,0000	0,1470	0,1152	0,2000	0,0230
A3	1,5680	2,3520	0,0000	0,1470	0,1152	0,2000	0,0230
A4	0,0000	0,7840	0,1470	0,2940	0,1152	0,0000	0,0000
A5	0,7840	1,5680	0,1470	0,2940	0,1152	0,2000	0,0230
A6	1,5680	2,3520	0,1470	0,2940	0,1152	0,2000	0,0230
A7	0,7840	1,5680	0,2940	0,3626	0,0538	0,0000	0,0000
A8	1,5680	2,3520	0,2940	0,4508	0,1229	0,1000	0,0123
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>0,1045</b>
<b>Qttotal (lts./seg)</b>							<b>104,5000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>-63,9157</b>

**Tabla 18:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos 6° aforo. 21 de diciembre de 2022.

Errores aditivos  $\pm 2\% \Delta L$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup. +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,8160	0,0000	0,1530	0,1248	0,4000	0,0499
A2	0,8160	1,6320	0,0000	0,1530	0,1248	0,6000	0,0749
A3	1,6320	2,4480	0,0000	0,1530	0,1248	0,6000	0,0749
A4	0,0000	0,8160	0,1530	0,3060	0,1248	0,4000	0,0499
A5	0,8160	1,6320	0,1530	0,3060	0,1248	0,6000	0,0749
A6	1,6320	2,4480	0,1530	0,3060	0,1248	0,6000	0,0749
A7	0,8160	1,6320	0,3060	0,3774	0,0583	0,4000	0,0233
A8	1,6320	2,4480	0,3060	0,4692	0,1332	0,5000	0,0666
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>0,4894</b>
<b>Qttotal (lts./seg)</b>							<b>489,4000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>68,9917</b>

Mediante la utilización del caudalímetro Global Water, se determinó un caudal de 289 litros por segundo el día 21 de diciembre del 2022.

Previendo el error de medición se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total y se derivó de esta manera todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición, se determinó nuevamente una altura “*h*” de 18 cm y un valor de “*P*” de 0,6 m. Luego se aplicó la ecuación para el cálculo de caudal sobre vertedero de pared delgada sin contracción lateral vista en el capítulo 2 y que viene dada por la expresión (II.4) y se determinó un caudal estimado de:

$$Q_6 = 0,295 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### III.8. Medición N° 7

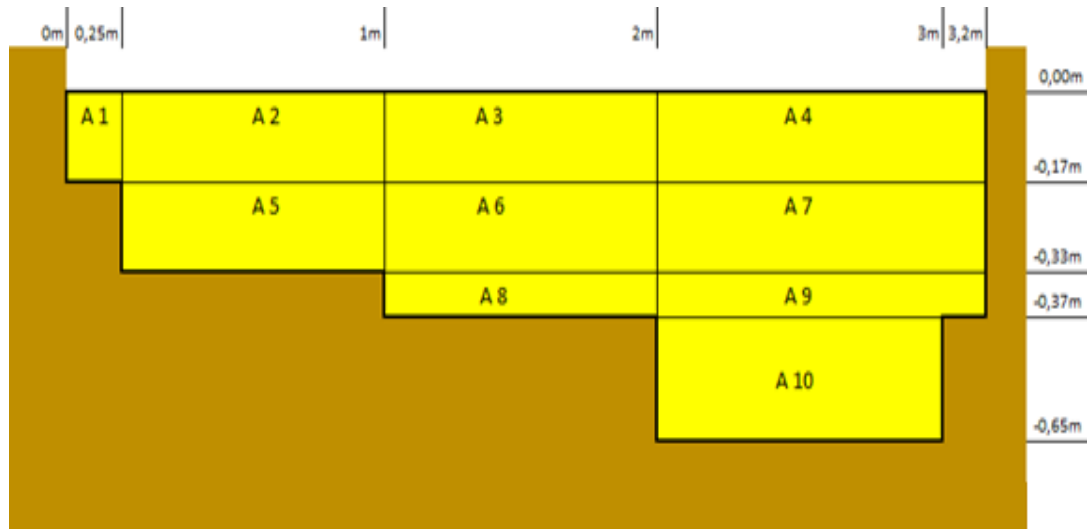
Se efectuó el día 18 de marzo del 2023, el día se encontraba templado y soleado, las últimas precipitaciones abundantes se registraron entre los días 17 al 21 de febrero del 2023, se produjo una creciente muy significativa del río que en que las aguas alcanzaron niveles cercanos a 1,3 metros sobre el vertedero de cimacio del Azud de Paso de los Sauces. Al momento en que se efectuó la medición de caudal, no fue posible derivar completamente el mismo hacia la toma de captación, sobrepasando gran cantidad de agua por sobre el vertedero de cimacio, razón por la cual, fue necesario buscar otra zona de medición del caudal del río. Aproximadamente unos 50 metros más arriba se localizó un punto de medición por donde circulaba todo el caudal en un área relativamente pequeña. En la **figura 36** se observa la nueva zona de medición de caudales.



**Figura 36:** Nueva zona de realización de aforos y tareas del 7° aforo sobre el Río Huaco. Azud Paso de los Sauces. 18 de marzo del año 2023.

Se procedió de manera análoga a las mediciones realizadas anteriormente utilizando el caudalímetro suministrado por la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja. En la **Figura 37** se observan las nuevas dimensiones y su respectiva subdivisión de áreas “ $A_i$ ” consideradas. Se realizó las mediciones de las velocidades “ $V_i$ ”.





**Figura 37:** Sección transversal del Río Huaco para el 7° aforo, subdivisión de áreas “ $A_i$ ”.  
18 de marzo del año 2023.

Luego se volcó los datos a la planilla Excel respectiva y se determinó el caudal “ $Q$ ” y se efectuó el respectivo cálculo de propagación de error respectivo se encuentran en las **Tablas 19, Tabla 20 y Tabla 21.**

**Tabla 19:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco 7° aforo. 14 de noviembre de 2022.

$A_i$	Ancho Izqu.	Ancho Der.	Prof. Sup	Prof. Inf.	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad $A_i$ (m/seg)	Caudal $A_i$ (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0	0,25	0	0,17	0,0425	0,4	0,017
A2	0,25	1	0	0,17	0,1275	1	0,1275
A3	1	2	0	0,17	0,17	1,1	0,187
A4	2	3,2	0	0,17	0,204	1,1	0,2244
A5	0,25	1	0,17	0,33	0,12	0,7	0,084
A6	1	2	0,17	0,33	0,16	0,9	0,144
A7	2	3,2	0,17	0,33	0,192	1,1	0,2112
A8	1	2	0,33	0,37	0,04	0,6	0,024
A9	2	3,2	0,33	0,37	0,048	1,1	0,0528
A10	2	3	0,37	0,65	0,28	0,9	0,252
<b>Qtotál (m/seg)</b>							<b>1,3239</b>
<b>Qtotál (lis./seg)</b>							<b>1324</b>



**Tabla 20:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores sustractivos 7° aforo. 14 de noviembre de 2022.

Errores Sustractivos  $\pm 2\% \Delta L$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. -2%	Ancho Der. 2%	Prof. Sup. -2%	Prof. Inf. 2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,2450	0,0000	0,1666	0,0408	0,2000	0,0082
A2	0,2450	0,9800	0,0000	0,1666	0,1225	0,8000	0,0980
A3	0,9800	1,9600	0,0000	0,1666	0,1633	0,9000	0,1469
A4	1,9600	3,1360	0,0000	0,1666	0,1959	0,9000	0,1763
A5	0,2450	0,9800	0,1666	0,3234	0,1152	0,5000	0,0576
A6	0,9800	1,9600	0,1666	0,3234	0,1537	0,7000	0,1076
A7	1,9600	3,1360	0,1666	0,3234	0,1844	0,9000	0,1660
A8	0,9800	1,9600	0,3234	0,3626	0,0384	0,4000	0,0154
A8	1,9600	3,1360	0,3234	0,3626	0,0461	0,9000	0,0415
A8	1,9600	2,9400	0,3626	0,6370	0,2689	0,7000	0,1882
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>1,0056</b>
<b>Qttotal (lis./seg)</b>							<b>1005,0000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>-24,0937</b>

**Tabla 21:** Planilla de cálculo del caudal del Río Huaco con errores aditivos 7° aforo. 14 de noviembre de 2022.

Errores aditivos  $\pm 2\% \Delta L$   $\pm 2\% \Delta V$

Ai	Ancho Izqu. +2%	Ancho Der. +2%	Prof. Sup. +2%	Prof. Inf. +2%	Superficie (m <sup>2</sup> )	Velocidad Ai (m/seg) -2% Fondo de escala	Caudal Ai (m <sup>3</sup> /seg)
A1	0,0000	0,2550	0,0000	0,1734	0,0442	0,6000	0,0265
A2	0,2550	1,0200	0,0000	0,1734	0,1327	1,2000	0,1592
A3	1,0200	2,0400	0,0000	0,1734	0,1769	1,3000	0,2299
A4	2,0400	3,2640	0,0000	0,1734	0,2122	1,3000	0,2759
A5	0,2550	1,0200	0,1734	0,3366	0,1248	0,9000	0,1124
A6	1,0200	2,0400	0,1734	0,3366	0,1665	1,1000	0,1831
A7	2,0400	3,2640	0,1734	0,3366	0,1998	1,3000	0,2597
A8	1,0200	2,0400	0,3366	0,3774	0,0416	0,8000	0,0333
A8	2,0400	3,2640	0,3366	0,3774	0,0499	1,3000	0,0649
A8	2,0400	3,0600	0,3774	0,6630	0,2913	1,1000	0,3204
<b>Qttotal (m/seg)</b>							<b>1,6654</b>
<b>Qttotal (lis./seg)</b>							<b>1665,0000</b>
<b><math>\Delta Q</math> (%)</b>							<b>25,7553</b>



Mediante la utilización del caudalímetro Global Water, se determinó un caudal de 1323 l/s el día 14 de noviembre del 2022 con un posible error de medición de  $\pm 25\%$ .

No resultó posible minimizar el error midiendo el caudal en el vertedero de medición ya que cuando se abrió la compuerta de ingreso al azud de manera total, no fue viable derivar todo el caudal hacia el vertedero rectangular de medición. Se adoptó para este caso, un caudal de:

$$Q_7 = 1,30 \text{ m}^3/\text{s}.$$

### III.9. Adopción del módulo mínimo de caudal

A continuación, se indican los caudales obtenidos en las siete mediciones realizadas:

05/marzo/21	$Q_1 = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$
20/febrero/22	$Q_2 = 1,27 \text{ m}^3/\text{s}$
15/agosto/22	$Q_3 = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$
22/septiembre/22	$Q_4 = 0,38 \text{ m}^3/\text{s}$
14/noviembre/22	$Q_5 = 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$
21/diciembre/22	$Q_6 = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$
18/marzo/23	$Q_7 = 1,30 \text{ m}^3/\text{s}$

Se adoptó como **módulo mínimo de caudal** (" $Q_{Min.}$ ") al que corresponde a los meses de noviembre y diciembre, es el caudal de fin de primavera e inicio de la temporada de verano o estiaje del río, ya que la temporada de lluvias intensas generalmente inician con el comienzo del verano, es decir a fines del mes de diciembre.



Por lo expresado anteriormente, el **módulo de caudal mínimo adoptado es:**

$$Q_{Min} = 0,280 \text{ m}^3/\text{s}$$

## CAPÍTULO IV

### DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA Y ENERGÍA ANUAL REQUERIDA POR EL POBLADO DE HUACO, PROVINCIA DE LA RIOJA. ACTIVIDAD N° 4

#### IV.1. Introducción

A los efectos de determinar la potencia máxima requerida por la población permanente del Poblado de Huaco se procedió a realizar las actividades descritas en el marco teórico, en particular en el **Capítulo II**; apartado **II.11.14.** denominado “Determinación de la cantidad de viviendas, población permanente y temporal (fines de semana) del Poblado de Huaco. *“Determinación de la potencia máxima requerida y energía anual requerida”* por el Poblado de Huaco”.

#### IV.2. Determinación de cantidad y tipo de viviendas

Con el fin de realizar esta actividad se descargó la imagen satelital del poblado que observa en la **Figura 38**, vista aérea (satelital) del Poblado de Huaco, se delimitan sectores para efectuar el relevamiento dando origen a 7 sectores correspondientes al área de Huaco que pueden vislumbrarse en las **Figuras 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42**, esto es:

- Sector 0                      **Figura 39**
- Sector 1                      **Figura 40**
- Sector 2                      **Figura 40**

- Sector 3 Sur **Figura 41**
- Sector 4 Sur **Figura 41**
- Sector 3 Norte **Figura 42**
- Sector 4 Norte **Figura 42**

A cada una de ellas se asignó un número de vivienda y en el relevamiento de campo, aquellas que simplemente eran pequeñas pérgolas techadas con caña (ramaditas) o pequeños quinchos fueron descartadas, además se agregaron nuevas viviendas que no aparecían en las imágenes satelitales. A cada una de ellas se le asignó un número de vivienda, los que encuentran indicadas en las **Figuras 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42**, en el primer relevamiento se determinó su tamaño y se las clasificó según el reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA , 2006), por otra parte se determinó y registró si las mismas estaban habitadas o no en los distintos relevamientos realizados, los cuales se hicieron entre los días 22 de septiembre del 2022 y 21 de diciembre del 2022. Estos 5 relevamientos de campo se realizaron de modo aleatorio, tanto el día como el horario. Una vez que se realizaron todas las visitas, se consideró a las viviendas con residentes permanentes todas aquellas en las que durante los 5 relevamientos efectuados en al menos 3 de estos se observó que se encontraban habitadas. En aquellas que se contabilizaron con residentes en 2 visitas o menos se las consideró como habitadas de manera temporal.

En la **Figura 43 A; 43 B y 43 C** se observan edificaciones típicas del Poblado de Huaco.

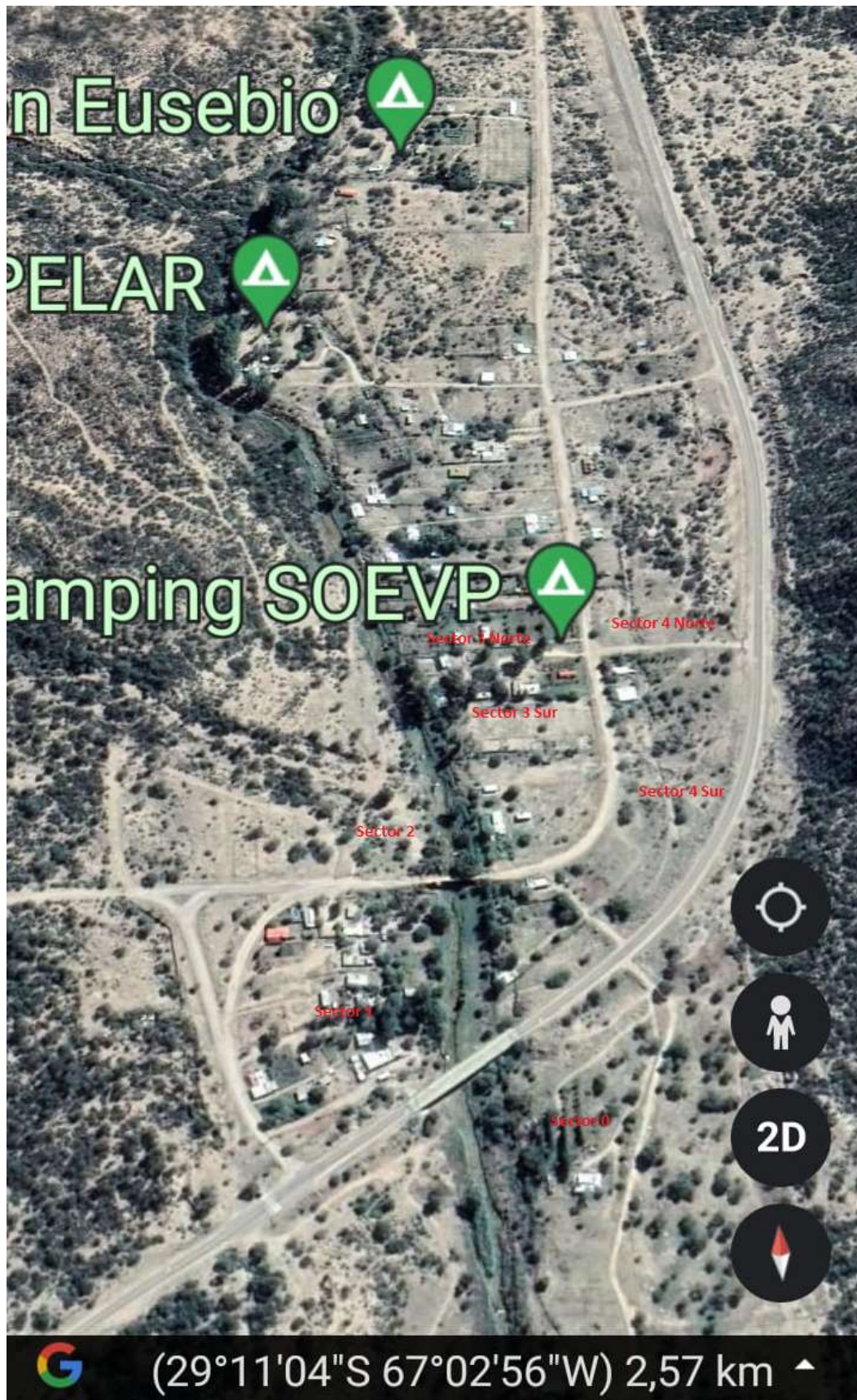
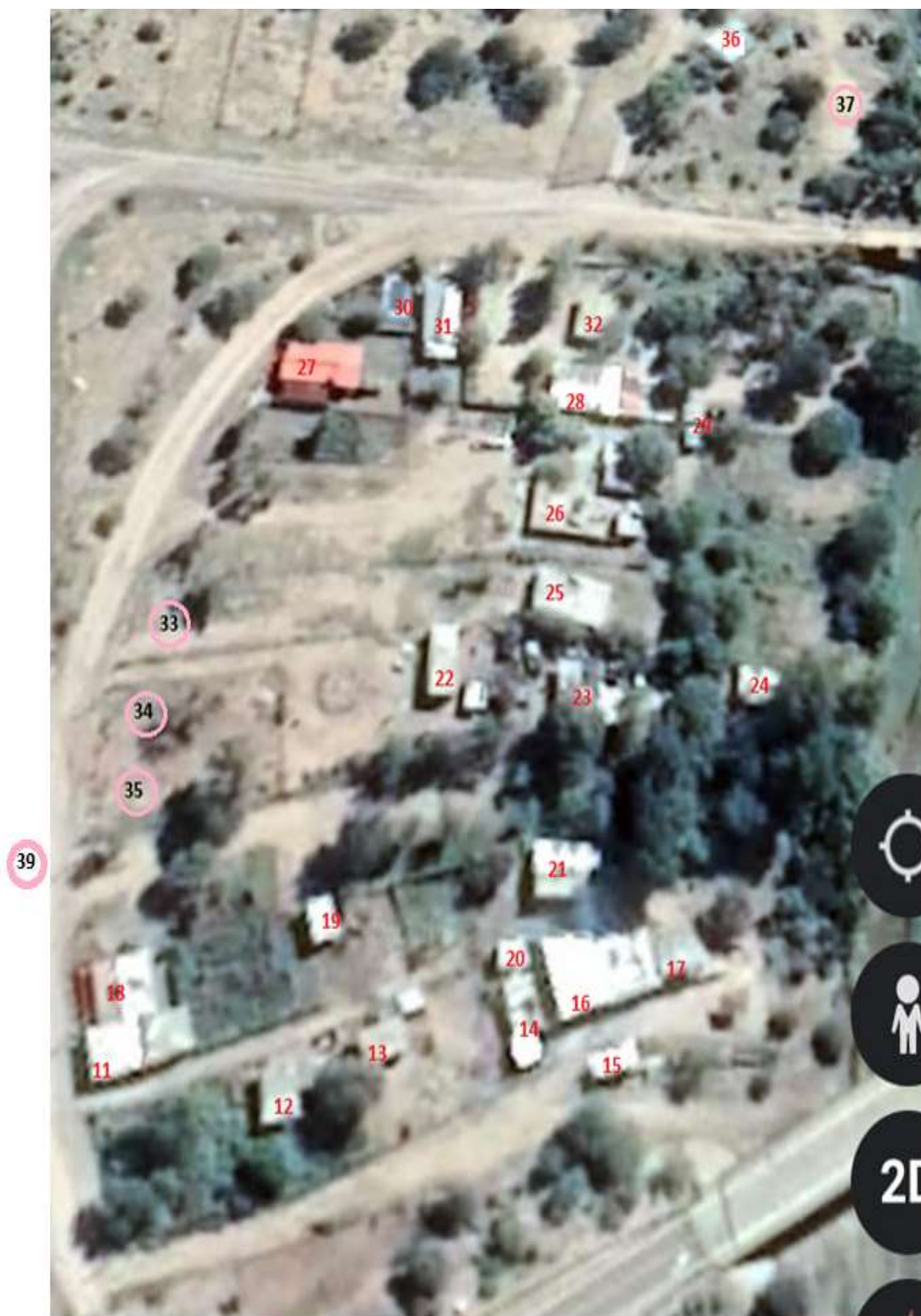


Figura 38: Vista aérea (satelital) del Poblado de Huaco. Adaptado del Google Earth Pro (2023).



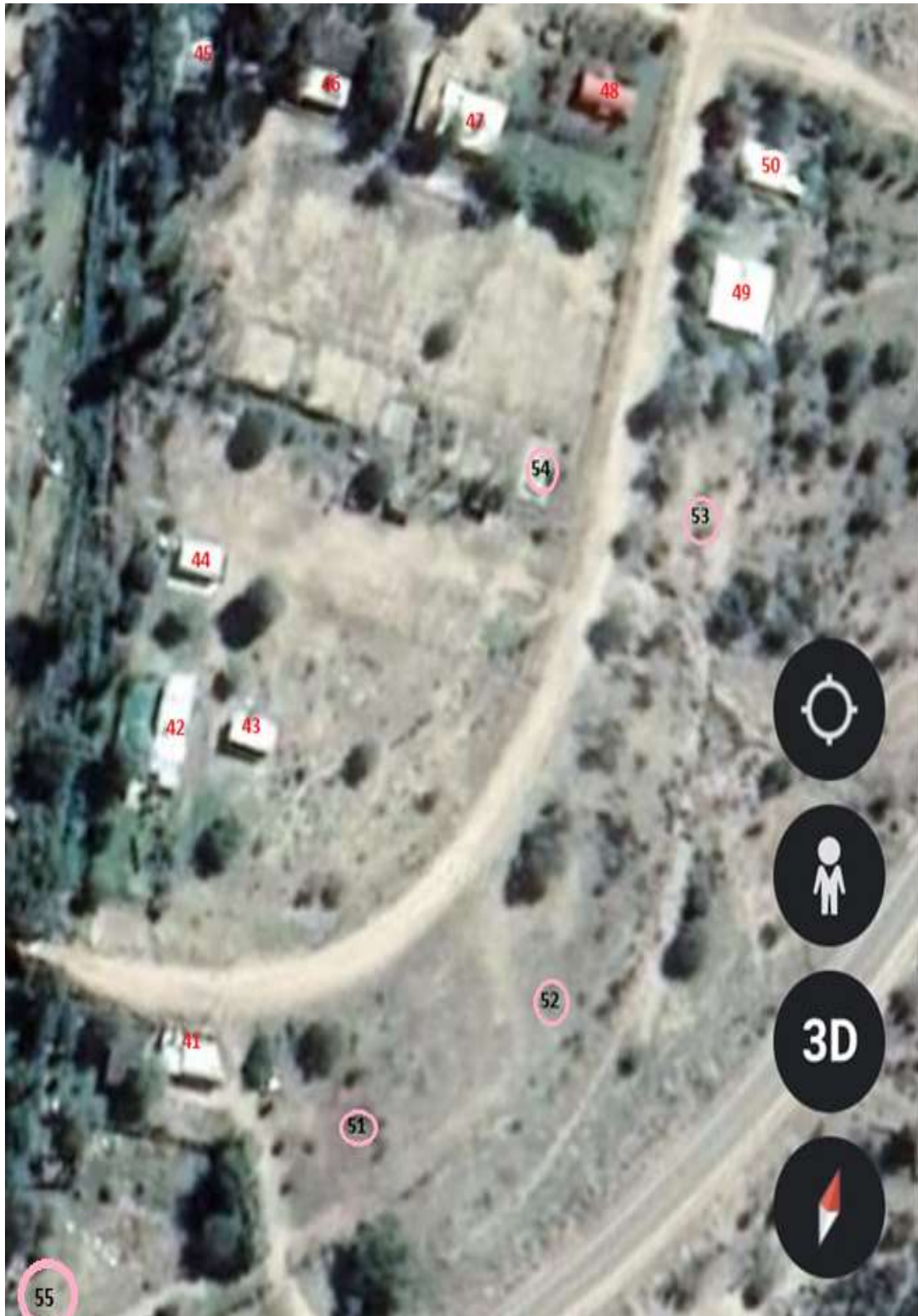


**Figura 39:** Sector 0. Relevamiento de viviendas del Poblado de Huaco. Adaptado del Google Earth Pro (2023).

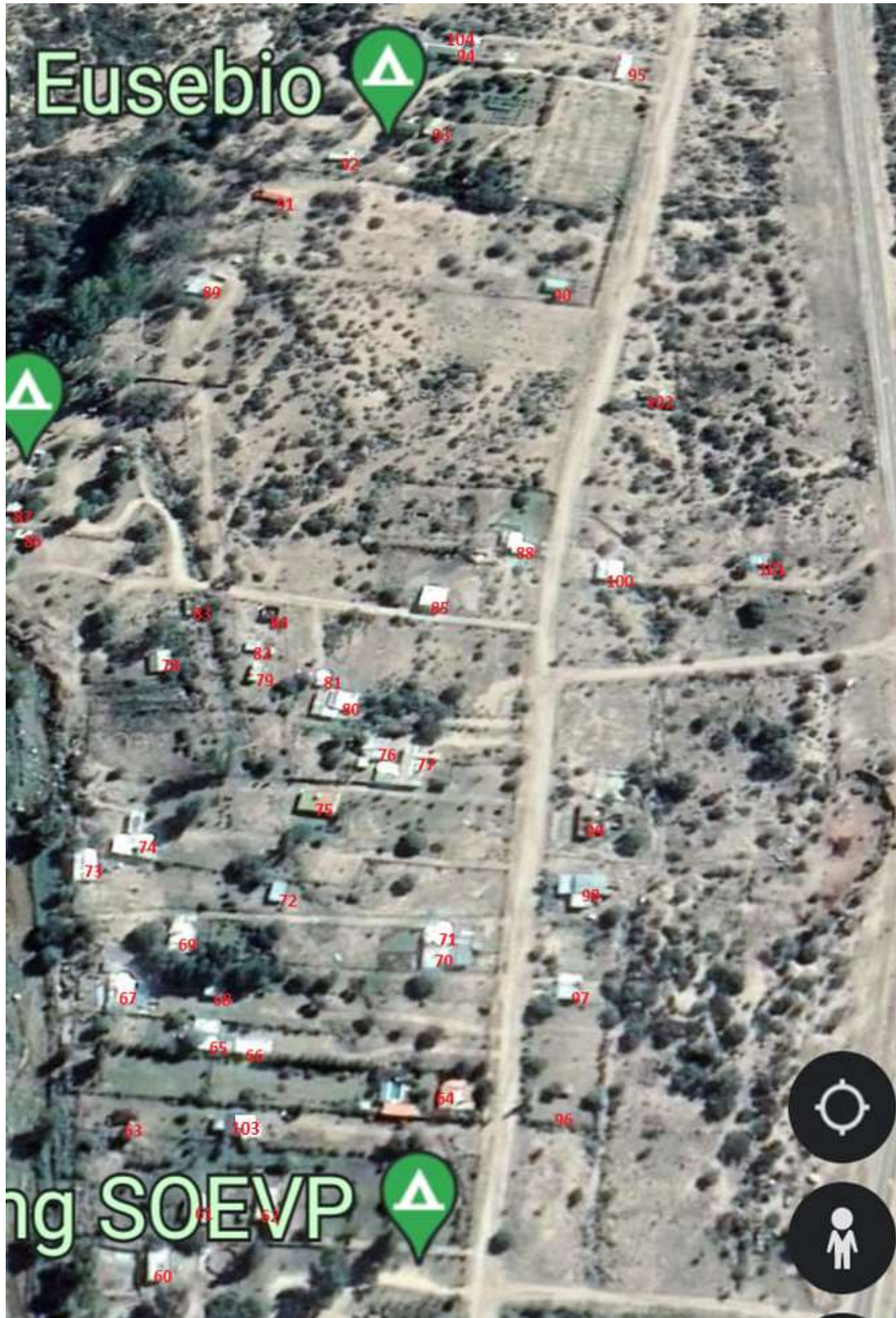


**Figura 40:** Sectores 1 y 2. Relevamiento de viviendas del Poblado de Huaco. Adaptado del Google Earth Pro (2023).





**Figura 41:** Sectores 3 Sur y 4 Sur. Relevamiento de viviendas del Poblado de Huaco. Adaptado del Google Earth Pro (2023).



**Figura 42:** Sectores 3 Norte y 4 Norte. Relevamiento de viviendas Poblado de Huaco. Adaptado del Google Earth Pro (2023).





**Figura 43 A:** *Vivienda típica del Poblado de Huaco.*



**Figura 43 B:** *Vivienda típica del Poblado de Huaco.*



**Figura N° 43 C:** *Vivienda típica del Poblado de Huaco.*

En **Tabla 22**, **Tabla 23**, **Tabla 24** y **Tabla 25** se pueden observar los resultados que se obtuvo del relevamiento inicial de viviendas y los posteriores resultados que se obtuvieron respecto a su ocupación permanente.

En la **Tabla 26** se puede observar la cantidad total de viviendas existentes en el Poblado de Huaco y también se determinó la cantidad que se encuentran habitadas de manera permanente, además se diferenció por tipo de vivienda según su superficie estimada a los efectos de poder aplicar el Reglamento de electrificación de edificios de la AEA .



**Tabla 22:** Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 0. Poblado de Huaco. Período septiembre – noviembre de 2022.

Unid. Viv.	N° asig.	≤ 60m2	Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11	Total Viv. Hab. Perman.	60m2 a 130m2	Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11	Total Viv. Hab. Perman.
1	1	1			x										
1	2	1			x										
1	3								1						
1	4								1	x	x		x	x	1
1	5	1	x												
1	6	1	x	x		x	x	1							
1	7	1	x	x	x	x	x	1							
1	8	1													
1	9				x				1	x					
9		6						2	3						1



**Tabla 23:** Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 1 y 2. Poblado de Huaco. Período septiembre – noviembre de 2022.

Unid. Viv.	N° asig.	≤ 60m2						Total Viv. Hab. Perman.	60m2 a 130m2						Total Viv. Hab. Perman.	130m2 a 200m2						Total Viv. Hab. Perman.			
		Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11			Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier. 30/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11			Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier. 30/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11					
1	11							1	x	x		x	x	1											
1	12	1	x	x	x		x	1																	
0	13 Ram.																								
1	14	1	x		x	x		1																	
0	15 Ram.																								
1	16																								
1	17	1	x	x		x	x	1																	
1	18								1			x													
1	19	1			x																				
0	20 Ram.																								
1	21								1	x		x													
1	22								1	x	x	x		x	1										
1	23								1	x															
1	24	1	x																						
1	25								1			x													
1	26								1	x		x													
1	27								1	x	x	x		x	1										
1	28	1										x													
1	29	1	x		x	x		1																	
1	30	1					x																		
1	31 Cap.								1					x											
0	32 Inex.																								
0	33 Cons.																								
0	34 Cons.																								
0	35 Cons.																								
1	36	1																							
0	37 Ram.																								
0	38 Ram.																								
1	39	1	x	x	x	x	x	1																	
20		10						5	9	0				3	1										0



**Tabla 24:** Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 3 Sur y 4 Sur. Poblado de Huaco. Período septiembre – noviembre de 2022.

Unid. Viv.	N° asig.	≤ 60m <sup>2</sup>	Ocup. Sab.	Ocup. Vier.3	Ocup. Vier.	Ocup. Mart.	Ocup. Juev.	Total Viv. Hab. Perman.	60m <sup>2</sup> a 130m <sup>2</sup>	Ocup. Sab.	Ocup. Vier.3	Ocup. Vier.	Ocup. Mart.	Ocup. Juev.	Total Viv. Hab. Perman.
			24/09	0/09	07/10	25/10	24/11			24/09	0/09	07/10	25/10	24/11	
1	41	1		x	x	x		1							
1	42	1			x										
1	43	1													
1	44	1													
1	45	1		x											
1	46	1			x										
1	47								1	x					
1	48								1	x			x		
1	49								1	x			x		
1	50		x						1	x		x	x	x	1
0	51 Cons.														
0	52 Cons.														
0	53 Cons.														
0	54 Ram.														
1	55	1	x	x	x	x	x	1							
11		7						2	4						1





**Tabla 25:** Relevamiento de cantidad, superficie y ocupación de viviendas. Sector 3 Norte y 4 Norte. Poblado de Huaco. Período septiembre – noviembre de 2022.

Unid. Viv.	N° asig.	s 60m2	Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11	Total Viv. Hab.	60m2 a 130m2	Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11	Total Viv. Hab.	130m2 a 200m2	Ocup. Sab. 24/09	Ocup. Vier.3 0/09	Ocup. Vier. 07/10	Ocup. Mart. 25/10	Ocup. Juev. 24/11	Total Viv. Hab.	
1	60	1	x		x																		
1	61	1			x																		
1	62	1	x			x	x	x	1														
1	63	1																					
1	103	1	x																				
1	64	1				x																	
1	65	1	x	x	x			x	1														
1	66	1	x																				
1	67	1				x																	
1	68	1	x	x	x				1														
1	69	1	x																				
1	70	1																					
1	71	1																					
1	72	1	x	x	x	x	x		1														
1	73	1				x																	
1	74								1														
1	75								1	x													
1	76	1																					
1	77	1	x			x																	
1	78	1	x	x	x			x	1														
1	79	1																					
1	80								1	x		x											
1	81	1				x																	
0	82 Rem.																						
1	83	1	x			x																	
1	84	1																					
1	85	1	x			x																	
1	86	1	x	x	x	x	x		1														
1	87	1																					
1	88	1																					
1	89	1	x																				
0	90 Ad. Derr.																						
1	91	1	x	x	x	x	x		1														
1	92	1	x	x	x			x	1														
1	93	1	x																				
1	94															1	x	x	x	x	x	x	1
1	95 Pos. San.	1							1														
1	104	1	x	x	x	x	x		1														
1	96 Pos. Pol.	1																					
1	97	1	x	x	x	x	x		1														
1	98								1	x	x	x	x	x		1							
0	99 Ad. Ab.																						
1	100	1	x																				
1	101	1	x	x	x	x	x		1														
1	102	1	x			x																	
42		37						13	4						1	1							1



En la **Tabla 26**, se efectuó un resumen de los resultados obtenidos del relevamiento, en donde se determinó que existe un total de 85 viviendas construidas de las cuales:

- 63 viviendas poseen una superficie menor a 60 m<sup>2</sup>,  
22 de ellas se encuentran habitadas de manera permanente;
- 20 viviendas poseen una superficie comprendida entre 60 a 130 m<sup>2</sup>,  
6 de ellas se encuentran habitadas de manera permanente
- 2 viviendas poseen una superficie comprendida entre 130 a 200 m<sup>2</sup>,  
1 de ellas se encuentran habitadas de manera permanente.

Totalizando 29 viviendas habitadas de manera permanente al momento de culminar el relevamiento a finales del mes de noviembre del año 2022.

**Tabla 26:** Resultados del relevamiento de viviendas por su superficie y ocupación. Poblado de Huaco. Período septiembre – noviembre de 2022.

	Sector 0 Totales	Sector 0 Habitadas	Sector 1 y 2 Totales	Sector 1 y 2 Habitadas	Sec. 3 y 4 (Sur) Totales	Sec. 3 y 4 (Sur) Habitadas	Sec. 3 y 4 (Nor.) Totales	Sec. 3 y 4 (Norte) Habitadas	Totales Tipo Vivienda	Totales Tipo Viviendas Habitadas
≤ 60m <sup>2</sup>	9		10		7		37		63	
Habitadas		2		5		2		13		22
60m <sup>2</sup> a 130m <sup>2</sup>	3		9		4		4		20	
Habitadas		1		3		1		1		6
130m <sup>2</sup> a 200m <sup>2</sup>	0		1		0		1		2	
Habitadas		0		0		0		1		1
>a 200m <sup>2</sup>	0		0		0		0		0	
Habitadas		0		0		0		0		0
Totales Sector	12		20		11		42		85	
Totales Ocup. Sector.		3		8		3		15		29

### IV.3. Determinación de la potencia máxima requerida

En función de lo expresado en el marco teórico del presente trabajo se determinó la potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación mínima en función de la expresión (II.36)

$$P_{Max. Viv. El. Min.} = A = \sum(N^{\circ} Viv. elc. min) \cdot 3,7KVA \cdot 0,8$$

$$P_{Max. Viv. El. Min.} = A = 20 \times 3.7 KVA \times 0,8$$

$$A = 59,2KVA$$

La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación media viene dada por la expresión (II.37)

$$P_{Max. Viv. El. Med.} = B = \sum(N^{\circ} Viv. elc. med.) \cdot 7KVA \cdot 0,7$$

$$P_{Max. Viv. El. Med.} = B = 6 \times 7KVA \times 0,7$$

$$B = 29,4 KVA$$

La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación elevada viene dada por la expresión (II.38)

$$P_{Max. Viv. El. Elev.} = C = \sum(N^{\circ} Viv. elc. Elev.) \cdot 11KVA \cdot 0,6$$

$$P_{Max. Viv. El. Elev.} = C = 1 \times 11KVA \times 0,6$$

$$C = 6,6 KVA$$

La potencia máxima requerida para viviendas de grado de electrificación superior será 0 (cero), ya que al momento en que se realizó el trabajo de investigación no existieron este tipo de viviendas en el poblado. Por lo tanto, la expresión (II.39) será igual a "0".

$$P_{Max. Viv. El. Sup.} = D = 0$$

La potencia máxima requerida por el alumbrado público existentes al momento en que se efectuó el relevamiento, estas fueron 11 lámparas del tipo mezcla de gases de 150 W, aplicando la expresión (II.40)

$$P_{Al. Pub.} = E = \sum(N^{\circ} Lamp.) \cdot Plam.$$

$$P_{Al. Pub.} = E = 11 \times 150$$

$$E = 1,65KVA$$

La potencia requerida por la bomba destinada a la extracción de agua potable según informaron las autoridades de la Secretaría del Agua de la Provincia y viene dada por la expresión (II.41)

$$P_{Bomb.} = F$$

$$F = 4 KW$$

La **potencia máxima requerida** ( $P_{Max. Req.}$ ) se determinó mediante la aplicación de la expresión (II.42)

$$P_{Max Req.} = (A + B + C + D + E + F) \cdot 0,6$$

$$P_{Max Req.} = (59,8 + 29,4 + 6,6 + 0 + 1,6 + 4) \cdot 0,6$$

$$P_{Max Req.} = 60,84 KVA$$

Se corroboró este valor de potencia máxima requerida mediante la sumatoria de las potencias de los transformadores existentes. Se determinó la existencia de 4 subestaciones transformadoras de EDELaR, las tres primeras alimentan al caserío de Huaco, la cuarta subestación solamente alimenta la bomba de agua de extracción de agua potable montada en el azud, razón por la cual no se consideró la potencia del transformador sino solamente la potencia requerida por la bomba.

Las potencias en cuestión son:

- Primera subestación 16 KVA
- Segunda subestación 25 KVA
- Tercera subestación 40 KVA
- Cuarta subestación 25 KVA (consideraremos solamente 5 KVA, resultante de afectar a los 4KW requeridos por la bomba de la planta de agua potable del factor de potencia 0.8, es decir 4KW / 0,8)

Aplicando la expresión (II.43), obtendremos:

$$P_{Max.EDELaR} = \sum_{i=1}^{i=n} PT_i \cdot 0,75$$

$$P_{Max.EDELaR} = (16 + 25 + 40 + 5) \cdot 0,75$$

$$P_{Max.EDELaR} = 64,5 KVA$$

De la comparación de ambos valores obtenidos por (II.42) y (II.43) podemos asumir que el valor determinado aplicando el método establecido por la AEA es correcto, si además se supone que en un proceso de optimización del consumo de energía

eléctrica el proceso de bombeo se realizará fuera del horario pico, la potencia máxima que se obtuvo por potencia máxima de suministro de las estaciones transformadoras de EDELaR es:

$$P_{Max.EDELaR} = (16 + 25 + 40) \cdot 0,75$$

$$P_{Max.EDELaR} = 60,75 \text{ KVA}$$

Si consideramos un factor de potencia unitario, tendremos que la **potencia máxima requerida** por el Poblado de Huaco será aproximadamente:

$$P_{Max Req.} = 61 \text{ KW}$$

En la **Figura 44** podemos observar las cuatro subestaciones transformadoras existentes en el Poblado de Huaco, en dos de ellas es posible observar el valor de potencia aparente de los respectivos transformadores que se encuentran montados.



**Figura 44:** *Subestaciones transformadoras aéreas en el Poblado de Huaco.* Fotografía superior izquierda: 1° estación transformadora de 16 KVA al ingresar al Poblado de Huaco desde el extremo sur; Fotografía superior derecha: 2° estación transformadora de 25 KVA situada sobre calle principal; Fotografía inferior izquierda: 3° de estación transformadora de 40 KVA situada sobre calle principal; Fotografía inferior derecha: 4° estación transformadora de 25 KVA situada al norte del poblado. Fotografías tomadas en el mes de marzo del año 2023.



#### IV. 4. Determinación de la energía anual requerida

A continuación, determinaremos la **energía anual requerida** por el Poblado de Huaco, para ello nuevamente procederemos como se indica en el marco teórico.

- De la expresión (II.44) se obtuvo la energía requerida en horario de pico en temporada alta de consumo (invierno y verano)

$$E_{An. Req. Pico Al.} = A_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 5 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año)$$

$$E_{An. Req. Pico Al.} = A_E = 61 (KW) \cdot 5 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año)$$

$$A_E = 55.662,5 \text{ KWh}$$

- De la expresión (II.45) se obtuvo la energía requerida en horario de pico en temporada baja de consumo (otoño y primavera), vendrá dada por la siguiente ecuación

$$E_{An. Req. Pico Ba.} = B_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 5 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,8$$

$$E_{An. Req. Pico Ba.} = B_E = 61 (KW) \cdot 5 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,8$$

$$B_E = 44.530 \text{ KWh}$$

- De la expresión (II.46) se obtuvo la energía requerida en horario de valle en temporada alta de consumo (invierno y verano), vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Valle Al.} = C_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 7 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,3$$

$$E_{An. Req. Valle Al.} = C_E = 61 (KW) \cdot 7 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5 (Año) \cdot 0,3$$

$$C_E = 23.378,25 \text{ KWh}$$

- De la expresión (II.47) se obtuvo la energía requerida en horario de valle en temporada baja de consumo (otoño y primavera), vendrá dada por la siguiente ecuación:



$$E_{An. Req. Valle Ba.} = D_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 7 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,3 \cdot 0,8$$

$$E_{An. Req. Valle Ba.} = D_E = 61(KW) \cdot 7 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,3 \cdot 0,8$$

$$D_E = 18.702 KWh$$

- De la expresión (II.48) se obtuvo la energía requerida en horario de resto en temporada alta de consumo (invierno y verano), vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Resto Al.} = E_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 12 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,55$$

$$E_{An. Req. Resto Al.} = E_E = 61(KW) \cdot 12 (Hs/día) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,55$$

$$E_E = 73.474,5 KWh$$

- De la expresión (II.49) se obtuvo la energía requerida en horario de resto en temporada baja de consumo (otoño y primavera) vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$E_{An. Req. Resto Ba.} = F_E = P_{Max. Req.} (KW) \cdot 12 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,55 \cdot 0,8$$

$$E_{An. Req. Resto Ba.} = F_E = 61(KW) \cdot 12 \left(\frac{Hs}{día}\right) \cdot 365 \left(\frac{días}{año}\right) \cdot 0,5(Año) \cdot 0,55 \cdot 0,8$$

$$F_E = 58.779,6 KWh$$

Se sumó las energías calculadas aplicando la expresión (II.50), surgió el valor de energía anual requerida por el Poblado de Huaco:

$$E_{Anual Req.} = (55662,5 + 44530 + 23378,25 + 18702,6 + 73474,5 + 58779,6) KWh$$

$$E_{Anual Req.} = 274.527,45 KWh$$



#### IV.5. Adopción de valores de Potencia Máxima y Energía anual Requerida

Se determinó que la **Potencia Máxima Requerida** por el Poblado de Huaco es de:

$$P_{Max Req.} = 61 KW$$

Se determinó que la **Energía Anual Requerida** por el Poblado de Huaco es de:

$$E_{Anual Req.} = 274.527,45 KWh$$

## CAPÍTULO V

### ESTIMACIÓN DEL RÉGIMEN DE CRECIENTES ANUALES DEL RÍO HUACO Y ESTIMACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO DEL RÍO. ACTIVIDAD N° 5

#### V.I. Introducción

El régimen de lluvias torrenciales en la Provincia de La Rioja se encuentra comprendido entre los meses de diciembre, enero y febrero, las crecientes de los ríos se relaciona estrechamente con intensas precipitaciones, resultando coincidentes. Como se describió en el marco teórico del presente trabajo, resulta importante conocer el régimen de crecientes y el caudal máximo estimado con el objeto de definir la altura de posicionamiento de la casa de máquinas buscando evitar inundaciones de las instalaciones y también para determinar las posibles salidas de servicio de la microturbina en caso de crecientes, situaciones en las cuales se debe evitar ingresar las aguas a la toma de captación, a los efectos de evitar el atascamiento de toda la instalación con el material sólido arrastrado por el río en estas circunstancias. Resulta importante también estimar estas fechas de crecientes para hacer coincidir esas salidas de servicio de la microturbina con el mantenimiento anual de la misma, con el fin de optimizar la producción de energía hidroeléctrica.

## V.2. Desarrollo de tareas para determinar el régimen de crecientes

### V.2.1. Encuestas a pobladores

A los efectos de determinar éstos datos, se encuestó a tres personas vinculadas al Poblado de Huaco, un residente del lugar (Sr. Clemente Aguilar), al encargado de producción y distribución de agua potable del municipio de Sanagasta (Sr. Raúl Cortes) y a un trabajador de la Municipalidad de Sanagasta que reside en el Poblado de Huaco (quien no desea dar a conocer su nombre y reside en la vivienda identificada en el presente trabajo con el N° 98), además se entrevista al Coordinador del Agua con destino productivo de la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja (Ing. Mauro Bravo), de estas encuestas (ver **ANEXO III**) se desglosó la siguiente información:

- a. El régimen normal de crecientes del río se inicia entre el 20 al 31 de diciembre y culmina entre el 15 al 28 de febrero, normalmente son tres a cuatro crecientes moderadas y una intensa y una vez culminadas las lluvias en su cuenca, el río demora unas 48 horas en volver a su caudal normal.
- b. La altura que normalmente ascienden las crecientes moderadas por sobre el vertedero de cimacio del Azud de Paso de los Sauces es de aproximadamente 0,5 m, y la creciente intensa suele alcanzar entre los 0,8 m a 1 m de altura. En la **Figura 45** se puede observar una creciente pequeña producida el 24 de enero del 2021, en esta oportunidad el agua apenas habría alcanzado unos 30 cm sobre el vertedero de cimacio, esto se observa en parte superior de la figura, en la parte inferior se denota que aguas arriba el río no se desbordó del cauce normal, razón por la cual se puede caratular como una creciente pequeña o débil.



**Figura 45:** *Creciente Río Huaco*. Creciente del 24 de enero del año 2021.

### V.2.2. Relevamiento de campo posterior a una crecien

A mediados del mes de febrero del 2022 y en días posteriores se produjeron intensas lluvias en la Provincia de La Rioja, produciéndose una crecien importante del Río Huaco, no fue posible acceder al lugar por estar prohibido el acceso a la zona del río por razones de seguridad. Pero unas semanas después se accedió al lugar y se encontraron claros signos y marcas de la altura a la que llegó en una zona que se encuentra a algunos metros aguas arriba del vertedero de cimacio, se determinó la altura a la que llegó el agua sobre el vertedero de cimacio y que alcanzó 1,30 m aproximadamente, esto se observa en la **Figura 46**, de igual manera aguas abajo en donde el cauce del río se encuentra más encajonado por las formaciones graníticas



se observó que el agua ascendió a alturas significativas, donde alcanzó los 3 m de altura de acuerdo a lo que se denota en la **Figura 47**.



**Figura N° 46:** *Nivel de creciente sobre el vertedero de cimacio.* Determinación de la altura aparente alcanzado por el agua en la creciente del 19 y 20 de febrero en el vertedero de cimacio del Azud Paso de los Sauces.





**Figura N° 47:** Nivel de creciente aguas abajo en el cauce del Río Huaco. Determinación de la altura alcanzado por el agua en la creciente del 19 y 20 de febrero aguas abajo del Azud Paso de los Sauces.

Con la información recabada y con el ancho del vertedero de cimacio se procedió a determinar de manera aproximada el caudal de las crecientes del Río Huaco que fluye sobre el vertedero de cimacio, expresado como “ $Q_c$ ” (Estrada Gutiérrez G., S.F.) y viene dado por la expresión (II.7) vista en el Capítulo II:

$$Q_c = C_o L H_o^{1,5}$$

recordando que “ $C_o$ ” el coeficiente de gasto, “ $L$ ” la longitud de la cresta medida en metros, “ $H_o$ ” la altura total medida con respecto al punto más alto de la cresta del vertedor. Para determinar el valor de “ $C_o$ ”, esto ya fue indicado en el Capítulo II, respecto al ancho del vertedero se determinó un valor de 62 m, los caudales calculados en función de las alturas obtenidas sobre el vertedero de cimacio para distintos tipos de crecientes son:



- $H_o = 0,3$  m o crecientes chicas, se calculó  $C_o$  de la **Figura 18** y se adoptó un valor de  $P = 0,3$  m (altura anterior desde el fondo del río hasta el borde superior del vertedero), se obtuvo un caudal de crecientes pequeñas

$$Q_{CP} = 22 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $H_o = 0,8$  m o crecientes medianas, se calculó  $C_o$  de la **Figura 18** y se adoptó un valor de  $P = 0,3$  m (altura anterior desde el fondo del río hasta el borde superior del vertedero), se obtuvo un caudal de crecientes medianas

$$Q_{CM} = 90 \text{ m}^3/\text{s}$$

- $H_o = 1,3$  m o crecientes grandes, se calculó  $C_o$  de la **Figura 18** y se adoptó un valor de  $P = 0,3$  m (altura anterior desde el fondo del río hasta el borde superior del vertedero), se obtuvo un caudal de crecientes grandes

$$Q_{CG} = 182 \text{ m}^3/\text{s}$$

### V.2.3. Valores determinados del régimen de crecientes

Se determinó que los regímenes de crecientes anuales del Río Huaco transcurren normalmente entre el **20 de diciembre al 28 de febrero** y raramente se extienden por un pequeño período adicional.

Ocurren entre **4 a 6 veces en ese período** y tardan aproximadamente dos días en bajar una vez culminadas las lluvias en su cuenca.

Toman valores máximos de caudal

$$Q_{CG} = 182 \text{ m}^3/\text{s}.$$

## CAPÍTULO VI

### DETERMINACIÓN DEL “MÓDULO DE CAUDAL PERMANENTE A TURBINAR” DISPONIBLE EN LA TOMA DE CAPTACIÓN. ACTIVIDAD N° 6

#### VI.1. Introducción

El Río Huaco exhibe un régimen de caudal anual permanente cuyas características son las típicas que presenta un río de montaña, ante fuertes precipitaciones en las zonas altas de su cuenca se producen fuertes crecientes del río en la zona estudiada, ofreciendo picos de crecientes muy abruptas y elevado caudal. Normalmente estas lluvias en las zonas altas suelen producirse de manera anual entre los meses de diciembre, enero y febrero; durante los meses de junio, julio y agosto suelen producirse nevadas en la cuenca alta, pero esto no repercute en el régimen de crecientes, ya que el agua se acumula en las cumbres en forma de hielo, esto garantiza que el río presente un caudal permanente en los meses subsiguientes, esto como producto del deshielo que se ocasiona a partir de los meses de septiembre en adelante. En el presente Capítulo se intenta dilucidar el caudal constante disponible para turbinar del Río Huaco a la altura del Azud Paso de Los Sauces, para el caso se consideró el caudal de mantenimiento que debe continuar circulando a través del vertedero de cimacio. Se debe tener presente que en los períodos de crecientes resulta necesario cerrar las compuertas de ingreso al Azud Paso de Los Sauces con

el objeto de evitar el ingreso y acumulación de materiales sueltos en el azud, estos materiales normalmente son arrastrados por el río al producirse las crecientes. durante estos períodos en que no se debe permitir el ingreso de agua al azud, no se podrá generar energía, circunstancias en las cuales la microcentral se encontrará fuera de servicio.

## VI.2. Cálculo del módulo de caudal permanente a turbinar

Habiéndose determinado el “Módulo de caudal mínimo del Río Huaco” a la altura del Azud de Paso de los Sauces, valorado en  $Q_{Min} = 0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ , se procedió a determinar el “Módulo de caudal permanente a turbinar ( $Q_t$ )” dado por la siguiente expresión, donde:

$$Q_t = Q_v - 2 \cdot Q_e$$

(II.5)

Donde “ $Q_v$ ” resulta ser el caudal disponible en el vertedero (“ $Q_v$ ”) y que básicamente deberá ser  $2/3$  del caudal mínimo que se determinó para el río Huaco (“ $Q_{mín}$ ”), es decir:

$$Q_v = \frac{2}{3} \cdot 0,28 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 0,1866 \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

Por otra parte, el Director del Área de Mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua, Técnico Jorge Quintero informó que el caudal que se extrae del azud por medio del sistema de bombeo de agua potable (“ $Q_e$ ”) es de  $9 \text{ m}^3/\text{H}$ , (ver ANEXO II) este valor de “ $Q_e$ ” debe convertirse a  $\text{m}^3/\text{s}$ , lo que nos dio un valor de:

$$Q_e = \frac{9 \left( \frac{m^3}{H} \right)}{3600 \frac{s}{H}} = 2,5 \times 10^{-3} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q_e = 2,5 \times 10^{-3} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

Con lo que el caudal destinado a turbinar resulta de aplicar la ecuación (II.5) y que dio por resultado:

$$Q_t = 0,1866 \left( \frac{m^3}{s} \right) - 2 \cdot 2,5 \times 10^{-3} \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

$$Q_t = 0,1816 \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

Se adoptó como módulo permanente del caudal a turbinar "**Qt**" al valor:

$$\mathbf{Q_t = 0,182 \left( \frac{m^3}{s} \right)}$$

En el mes de marzo del 2023 se culminaron las mediciones del caudal del río, con esto se determinó el caudal mínimo.

### VI.3. Determinación de la altura "**h**" sobre el vertedero de medición para el caudal permanente a turbinar

Se consideró útil conocer la altura del agua sobre el vertedero de medición en la toma de captación a los efectos de no exceder el módulo de agua a extraer, para ello se determinó por medio de la expresión (II.3) el valor de "**h**" sobre el vertedero con un valor de "**P**" intermedio en que se consideró a dicho valor disminuido a causa de la acumulación de arena en el desarenador, para esto se recurrió a la expresión (II.3):

$$Q = \left[ 0,425 + 0,212 \left( \frac{h}{h+P} \right)^2 \right] bh \sqrt{2gh}$$



Con esta expresión se construyó la **Tabla 27** en la que se asignó valores a “**h**” para con los que se calculó el valor de “**Q**”, considerando tres valores diferentes de “**P**” que se observaron en las distintas mediciones de caudal realizados sobre el vertedero de medición del azud.

**Tabla 27:** Determinación de la altura sobre el vertedero de medición para “**Q**” constante.

Calculo para vertederos rectangulares sin contracción lateral

Ecuación de Bazin (para  $Q \leq h \leq 0,3m$ )  $\Delta E = \pm 3\%$

P	b	h	$h/(h+P)$	$(h/(h+P))^2$	$0,212 \times (h/(h+P))^2$	$0,425 + 0,212 \times (h/(h+P))^2$	$b^2 \cdot h$	$\sqrt{2gh}$	Ecuación de Bazin modificada para vertederos sin contracciones laterales $Q = (0,425 + 0,212 \times (h/(h+P))^2) \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$	Litros /seg	$\Delta E (+3\%)$	$\Delta E (-3\%)$
0,3	2	0,11	0,26829	0,071980964	0,015259964	0,440259964	0,22	1,468332387	0,142238552	142	146	138
0,3	2	0,12	0,28571	0,081632653	0,017306122	0,442306122	0,24	1,533623161	0,162799419	163	168	158
0,3	2	0,13	0,30233	0,091400757	0,019376961	0,444376961	0,26	1,596245595	0,184427039	184	190	179
0,3	2	0,14	0,31818	0,101239669	0,02146281	0,44646281	0,28	1,656502339	0,207078673	207	213	201
0,3	2	0,15	0,33333	0,111111111	0,023555556	0,448555556	0,3	1,71464282	0,230733769	231	238	224
0,5	2	0,11	0,18033	0,03251814	0,006893846	0,481893846	0,22	1,468332387	0,139516019	140	144	135
0,5	2	0,12	0,19355	0,037460978	0,007941727	0,482941727	0,24	1,533623161	0,159352671	159	164	155
0,5	2	0,13	0,20635	0,042579995	0,009026959	0,484026959	0,26	1,596245595	0,180131542	180	186	175
0,5	2	0,14	0,21875	0,047851563	0,010144531	0,485144531	0,28	1,656502339	0,201829022	202	208	196
0,5	2	0,15	0,23077	0,053254438	0,011289941	0,486289941	0,3	1,71464282	0,224424424	224	231	218
0,8	2	0,11	0,12088	0,014611762	0,003097694	0,48097694	0,22	1,468332387	0,138289736	138	142	134
0,8	2	0,12	0,13043	0,017013233	0,003606805	0,482606805	0,24	1,533623161	0,157757118	158	162	153
0,8	2	0,13	0,13978	0,019539831	0,004142444	0,484142444	0,26	1,596245595	0,178104351	178	183	173
0,8	2	0,14	0,14894	0,022181983	0,00470258	0,42970258	0,28	1,656502339	0,199304932	199	205	193
0,8	2	0,15	0,15789	0,024930748	0,005285319	0,480285319	0,3	1,71464282	0,22133569	221	228	215

Se observa que en general si debe mantener una altura comprendida entre 0,13 m a 0,135 m sobre la cresta del vertedero de medición, y de esta manera se obtendrá el valor de “**Q<sub>t</sub>**”, aunque este tiende a aumentar cuando disminuye la altura “**P**” por



acumulación de arena. Cabe señalar que con este valor de caudal circulando sobre el vertedero se mantiene un caudal mínimo de mantenimiento en el tramo afectado del río en la época de estiaje del mismo, y fue verificado al realizar la medición de caudal N° 5 el día 14 de noviembre del año 2022.

#### **VI.4. Adopción del módulo de caudal permanente a turbinar**

Por todo lo expuesto:

Se determinó como módulo permanente del caudal a turbinar “ **$Qt$** ” al valor:

$$Qt = 0,182 \left( \frac{m^3}{s} \right)$$

con una altura sobre la cresta del vertedero de medición de:

$$h = 13 \text{ cm}$$





## CAPÍTULO VII

### DETERMINACIÓN DE POSIBLES PUNTOS DE EMPLAZAMIENTO DE CASA DE MÁQUINAS. ACTIVIDAD N° 7

#### VII.1. Introducción

Con el objeto de determinar los posibles puntos de emplazamientos de casas de máquinas para la microturbina que se propone, se procedió a recorrer los márgenes del río aguas abajo del punto de descarga de la toma de captación, y se efectuaron relevamientos de campo, observando los posibles puntos en que sea posible asentar casas de máquinas y puntos de descarga del agua turbinada.

#### VII.2. Resultados de los relevamientos realizados

En función de los relevamientos de campo realizados, se determinó el punto de abastecimiento a la tubería forzada, o punto de entrada del fluido, a este sitio lo designaremos **Punto 1**, que se observa en la **Figura 48**, y se corresponde con el punto de descarga del excedente de agua que ingresa al Azud Paso de los Sauces.



**Figura 48:** Descarga del excedente de agua en obra de toma de captación de agua en Azud Paso de los Sauces (**Punto 1**). Imagen tomada en marzo del año 2019 al momento de construir pasarelas de acceso a compuertas del sistema de filtrado de agua.

Del relevamiento realizado surge además los siguientes posibles emplazamientos de las Casas de Máquinas y sus respectivos puntos de descarga, estos son:

- **Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1:** a unos 65 metros aguas abajo de la descarga del azud y sobre el margen este (E) se localizó un espacio adecuado para ubicar la Casa de Máquinas, posee un desnivel que se estimó inicialmente entre 3 a 4 metros por debajo del **Punto 1**, presenta suelo de tierra y que según se observó no aparenta ser un área propensa a inundarse, ya que no se apreció arrastre de material vegetal ni marcas en la vegetación aledaña, a éste lugar en que resulta posible emplazar la Casa de Máquinas lo denominamos **Punto 2**, en la **Figura 49** se vislumbra el lugar mencionado. Además, a una distancia aproximada de 40 metros hacia el sur oeste se

encuentra la descarga al río del excedente de agua del azud que denominaremos **Punto 3** y se localiza a unos 3 ó 4 metros por debajo del nivel de emplazamiento de la Casa de Máquinas, con lo que se cuenta con un desnivel total ( $\Delta H_1$ ) comprendido entre 6 a 8 m de altura. El sector mencionado permite el acceso de una pequeña retroexcavadora a los efectos de efectuar las tareas y excavaciones destinados a enterrar la tubería de aspiración (descarga) de la turbina que permitirá descargar el agua turbinada en el lateral del lecho del río en el punto actual de descarga.



**Figura 49:** Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1. Imagen tomada en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de alturas de saltos.

- **Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2:** a unos 320 metros, aguas abajo de la descarga del azud y sobre el margen este (E) hacia el sur, se localizó un espacio adecuado para situar la Casa de Máquinas, posee un desnivel que se estimó inicialmente en unos 4 a 6 metros por debajo del **Punto 1** y se encuentra situada sobre un antiguo canal destinado a transporte de agua para riego, este canal se encuentra en desuso, está construido de hormigón y cubierto también por el mismo material. El sitio presenta suelo de piedra granítica y según se observa el sector no es inundable, ya que la zona se encuentra en la parte superior del cañón, por encima del cauce del río a unos 7 a 9 metros por sobre el lecho del mismo. Es digno destacar que en este punto se deberá considerar que la turbina que se utilice trabajará en su interior con una presión relativa negativa cercana al punto de vaporización del agua a temperatura ambiente, lo que representa una posible limitación técnica del equipo. Esta posible localización de la Casa de Máquinas se denominó **Punto 4**, en la **Figura 50** se aprecia el lugar mencionado. El punto de descarga se encuentra unos 4 metros hacia el oeste y a unos 7 a 9 metros hacia abajo y de manera vertical, adecuadamente protegido de las crecientes grandes, esto gracias a que es posible alojar la tubería de descarga entre las rocas, no permite el acceso de una retroexcavadora, razón por la cual si se desea embutir la tubería por debajo del nivel del río será necesario realizar esta tarea de manera manual, a este punto de descarga lo denominamos **Punto 5**. Para este emplazamiento de la Casa de Máquinas se podrá contar con un desnivel total ( $\Delta H_2$ ) que se estimó inicialmente entre 10 a 14 m de altura.





**Figura 50:** Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2, denominado **Punto 4**. Imagen tomada en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.

- **Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3:** a unos 370 metros, aguas abajo de la descarga del azud y sobre el margen este (E) hacia el sur, se encontró un espacio adecuado para localizar la Casa de Máquinas, posee un desnivel que se estimó inicialmente en unos 4 a 6 metros por debajo del Punto 1 y al igual que en el caso anterior, se encuentra situada sobre el antiguo canal destinado a transporte de agua para riego, presenta también suelo de piedra granítica y según se observó no es un área inundable, ya que la zona se encuentra en la parte superior del cañón y al menos por sobre 8 a 11 metros arriba del lecho del río. A diferencia del caso anterior, se determinó que existen dos desniveles adicionales claramente notorios en el río que ocasiona que la altura de aspiración se incremente en un metro más que en el

caso anterior, lo que representa una limitación técnica aun mayor, ya que la turbina utilizada trabajará en su interior con una presión relativa negativa cercana al punto de vaporización del agua a temperatura ambiente. Esta posible localización de la Casa de Máquinas lo denominaremos **Punto 6**, en la **Figura 51** se aprecia el lugar mencionado. El punto de descarga se determinó a unos 4 metros hacia el oeste y entre 9 a 11 metros hacia abajo de manera vertical, adecuadamente protegido de las crecientes grandes por poder alojar la tubería de descarga entre las rocas, tampoco permite el acceso de una retroexcavadora, razón por la cual si se deseara embutir la tubería por debajo del nivel del río será necesario realizar esta tarea de manera manual, a este punto de descarga se lo denominó **Punto 7**. Para este emplazamiento de la Casa de Máquinas se podrá contar con un desnivel total ( $\Delta H_3$ ) estimado que estaría comprendido entre 11 a 15 m de altura.





**Figura 51:** Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3 denominado **Punto 6**. Imagen tomada en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.

- Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4:** a unos 430 metros, aguas abajo de la descarga del azud y sobre el margen este (E) y hacia el sur, se localizó un espacio adecuado para ubicar la Casa de Máquinas, posee un desnivel que se estimó inicialmente en unos 6 a 8 metros por debajo del Punto 1, se encuentra situada sobre una explanada de roca granítica maciza y a unos 8 metros hacia el sur del desvío del antiguo canal destinado a transporte de agua para riego. El suelo es de piedra granítica y según se observó no es un

área inundable, ya que la zona se encuentra en la parte superior cañón del río en su tramo final, entre unos 7 a 10 metros por sobre el lecho del río. En este punto se deberá considerar que la turbina utilizada trabajará en su interior con una presión relativa negativa al punto de vaporización del agua que resultará técnicamente adecuada para el funcionamiento de la turbina, situación que resulta más conveniente que en los dos casos anteriores, esto surge a consecuencia de que es menor la altura de aspiración, en caso de ser necesario se podrá localizar la Casa de Máquinas unos metros al sur y a más baja altura, aun estando fuera de la zona inundable, con lo que se disminuiría aún más la altura de aspiración. Esta posible localización de la Casa de Máquinas lo denominamos **Punto 8**, en la **Figura 52** se aprecia la zona mencionada. El punto de descarga se encuentra unos 10 metros hacia el oeste, a unos 6 a 8 metros hacia abajo y de manera vertical, el suelo es de tierra y arena no se encuentra tan protegido de las crecientes, pero resulta factible ingresar fácilmente a la zona con una retroexcavadora pequeña para poder alojar la tubería de descarga por debajo del nivel del río y retirada hacia el costado este (E), al punto de descarga propuesto lo denominaremos **Punto 9**. Para este emplazamiento de la Casa de Máquinas se podrá contar con un desnivel total ( $\Delta H_4$ ) estimado que estaría comprendido entre 12 a 16 m de altura.



**Figura 52:** Zona propuesta para posible emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4 denominado **Punto 8**. Imagen tomada en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.



## CAPÍTULO VIII

### DETERMINACIÓN DE LAS ALTURAS NETAS DISPONIBLES DE SALTOS. ACTIVIDAD N° 8

#### VIII.1. Introducción

A los efectos de determinar las alturas netas disponibles de salto para los posibles emplazamientos de Casas de Máquinas, se procedió de acuerdo a lo descripto en el Capítulo II, Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación Apartado II.11.5., denominado Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de la Casa de Máquinas.

#### VIII.2. Descripción de los relevamientos realizadas

En el mes de octubre del año 2022 se accedió a la zona con el GPS marca Garmin propiedad de la Secretaría del Agua de la Provincia de La Rioja acompañado de la persona responsable de operar el citado instrumento, se georreferenció por este método todos los puntos en los que fue posible acceder de los que citados en el capítulo anterior. A continuación, se indican éstos puntos georreferenciados por este método, además se determinó su altura sobre el nivel del mar, en la **Figura 53** se observan imágenes de este proceso de georreferenciación. Se determinó los siguientes datos:

- Punto 1. Descarga Azud Paso de los Sauces.

S 29°09'23,83"      O 67°03'02,95"      1228 msnm



- Punto 2. Localización de Casa de Máquinas N° 1  
S 29°09'23,83"      O 67°03'03,29"      1223 msnm
- Punto 3. Descarga de Casa de Máquinas N° 1  
S 29°09'26,28"      O 67°03'02,95"      1221 msnm
- Punto 4. Localización de Casa de Máquinas N° 2  
S 29°09'34,86"      O 67°03'02,12"      1226 msnm
- Punto 6. Localización de Casa de Máquinas N° 3  
S 29°09'36,20"      O 67°03'01,84"      1226 msnm
- Punto 8. Localización de Casa de Máquinas N° 4  
S 29°09'38,18"      O 67°03'00,51"      1223 msnm
- Punto 10. Nivel del Río Huaco debajo del puente sobre la Ruta Nacional N° 75  
S 29°10'34,48"      O 67°02'54,34"      1182 msnm

A los Puntos 5 y Punto 7 no se pudo acceder, ya que para llegar a los mismos resulta necesario acceder a través del cauce del río, acción que ponía en riesgo la seguridad personal y del instrumento. Los mismos se georreferenciarán más adelante por otro método.





**Figura 53 A:** *Proceso de georreferenciación de puntos de emplazamiento de propuesta de Casas de Máquinas y puntos de descarga. Imágenes tomadas en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de alturas de saltos para posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.*



**Figura 53 B:** *Imagen aérea de los puntos de emplazamiento de propuesta de Casas de Máquinas y puntos de descarga. Imágenes tomadas en el mes de mayo del año 2024. Adaptado de Google Earth Pro.*



En la **Figura 54** se observa el proceso de toma de niveles de descarga de una de las Casas de Máquinas, también a los efectos de corroborar los desniveles obtenidos por el proceso de georreferenciación por GPS y posteriormente con el Google Earth.



**Figura N° 54:** *Corroboración de niveles con manguera de nivel y reglas verticales.* Imagen tomada en el mes de junio del año 2023 al momento de realizar relevamientos de alturas de saltos para posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.

No fue posible georreferenciar y determinar las alturas del Punto 5 (descarga Casa de Máquinas N° 2) y Punto 7 (descarga Casa de Máquinas N° 3), ya que se requería descender unos 8 a 10 metros por la pared vertical del cañón del río o en su defecto recorrer por el cauce irregular del río a través del agua unos 300 a 400 m hacia dichos puntos, lo que pondría en riesgo la seguridad del instrumento (posibilidad de que se caiga al agua) e incluso nuestra seguridad física debido a que existen en dicho trayecto varios desniveles importantes en el cauce, pequeñas cascadas y “ollas de agua” de relativa profundidad, como estos dos puntos de descarga se encuentran a unos pocos metros al oeste (3 a 4 m) se georreferenciaron por el Google Earth Pro y se obtuvo sus diferencias de altura mediante una medición con cinta métrica y

contrapeso, donde se deslizó hacia abajo el extremo inicial de la cinta con un contrapeso de manera vertical por el acantilado hasta que alcanzó el borde del río, luego se descontó esa medida de la altura de casa de máquina respectiva. En la **Figura 55** se observa una de estas mediciones. Se obtuvieron los siguientes datos:

- Punto 5. Descarga de Casa de Máquinas N° 2  
 S 29°09'34,73"      O 67°03'02.46"      1215 msnm
  
- Punto 7. Descarga de Casa de Máquinas N° 3  
 S 29°09'36,24"      O 67°03'01.84"      1214,4 msnm



**Figura 55:** *Corroboración de niveles con cinta métrica y contrapeso en acantilado vertical.* Imagen tomada en el mes de agosto del año 2023 al momento de realizar relevamientos de alturas de saltos para posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.



Como medida complementaria se corroboraron los datos georreferenciados con el Google Earth, obteniéndose importantes diferencias en las medidas de alturas sobre el nivel del mar respecto a las obtenidas con el GPS, lo que conllevó a tener que efectuar un nuevo relevamiento in situ utilizando mangueras plásticas transparentes de nivel y reglas verticales graduadas, con esto se determinó adecuadamente las diferencias de alturas (" $\Delta H$ ") de los **Puntos 2 al 9** respecto al **Punto 1**. Finalmente, se combinó los datos hallados por los tres métodos y se obtuvo los resultados de la **Tabla 28**, que además mediante una de las herramientas del Google Earth Pro, fue posible determinar las distancias en línea recta a cada uno de las Casas de Máquinas y sus respectivos desagotes lo que fue útil para determinar la longitud estimada de cañerías, necesarios posteriormente para realizar el presupuesto, también se determinó que el antiguo canal de riego posee una pendiente de 1%, que es un valor recomendado en hidráulica de canales para canales a cielo abierto (o a presión atmosférica).

**Tabla 28:** Georreferenciación de puntos, determinación de diferencias de alturas y longitudes totales.

Punto	Designación	Coordenadas	Altura según GPS	$\Delta H$ GPS	$\Delta H$ salto GPS	Altura según G. Earth	$\Delta H$ Earth	$\Delta H$ salto Google Earth	Manguera de Nivel + cinta + contrapeso	$\Delta H$ Manguera Nivel + Cinta métrica	Longitud Casa de Máquina; Longitud Descarga	Long Descarga Azud a Descarga Turbina.
Punto 1	Descarga Azud	5 29°09'23,83" O 67°03'02,95"	1228			1237			0			
Punto 2	Casa de Máquinas 1	5 29°09'23,83" O 67°03'03,29"	1223	-5	-7	1233	-4	-6	-4		73	
Punto 3	Desc. Casa de Máq. 1	5 29°09'26,28" O 67°03'02,95"	1221	-2		1231	-2		-6,8	-6,8	42,5	115,5
Punto 4	Casa de Máquinas 2	5 29°09'34,86" O 67°03'02,12"	1225	-3	-13	1231	-6	-16	-3,4		343	
Punto 5	Desc. Casa de Máq. 2	5 29°09'34,73" O 67°03'02,46"	1215	-10		1221	-10		-11	-14,4	16	359
Punto 6	Casa de Máquinas 3	5 29°09'36,20" O 67°03'01,84"	1225	-3	-13,6	1230	-7	-18,6	-3,9		383	
Punto 7	Desc. Casa de Máq. 3	5 29°09'36,24" O 67°03'01,84"	1214,4	-11		1218,4	-11,6		-11,6	-15,5	16	399
Punto 8	Casa de Máquinas 4	5 29°09'38,18" O 67°03'00,51"	1221	-7	-16	1228	-9	-18	-7,6		452	
Punto 9	Desc. Casa de Máq. 4	5 29°09'38,28" O 67°03'02,95"	1212	-9		1219	-9		-9,3	-16,9	30	482
Punto 10	Puente sobre Ruta	5 29°10'34,48" O 67°02'54,34"	1182	-45		1195	-42				2250	

### VIII.3. Propuestas de localización de Casas de Máquinas y puntos de descarga

De la **Tabla 28** se extrajo la siguiente información importante:

- Casa de Máquinas N° 1**, presenta una diferencia de altura bruta total de 6,8 m y una distancia total desde la descarga del azud al punto de descarga de la casa de Máquinas N° 1 de 115,5 m. En la **Figura 56 A** se aprecia composición de imágenes, en la parte superior de la misma se vislumbra una imagen satelital obtenida del Google Earth Pro de la posición de la descarga del excedente de agua del Azud de Paso de los Sauces, de la Casa de Máquina N° 1 y su



respectiva descarga, en la parte inferior izquierda se divisa el espacio disponible para localizar la Casa de Máquinas propuesta y en la parte inferior derecha se observa el punto de descarga propuesto. En la **Figura 56 B** se aprecia otra imagen satelital con foco a menor altura de los puntos de localización de Casa de Máquinas N° 1 y su respectiva descarga.





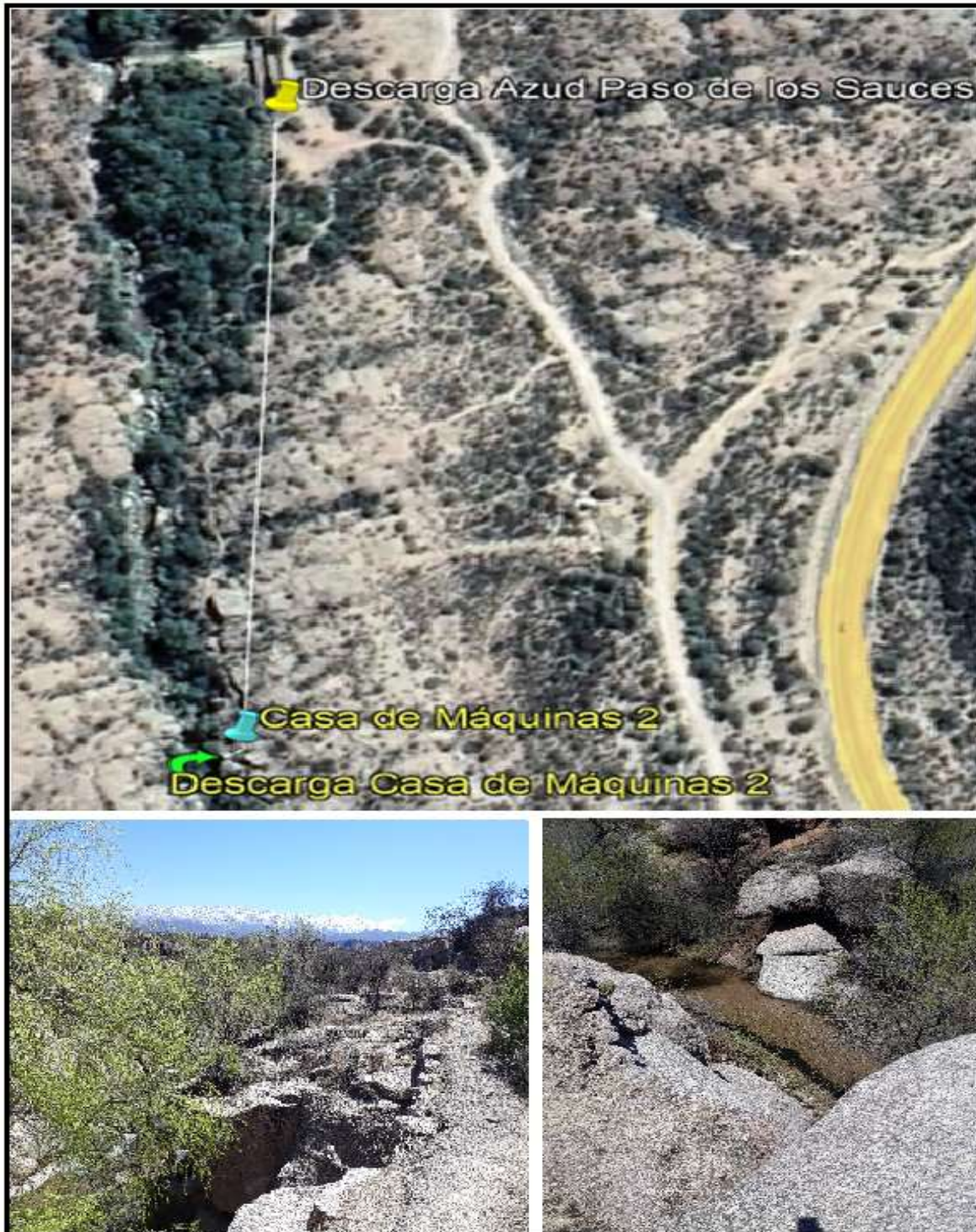
**Figura 56 A:** Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1 y punto de descarga respectivo. Imagen superior: vista satelital con los puntos de emplazamiento y descarga N° 1. Imagen inferior izquierda: sitio de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1. Imagen inferior derecha: fotografía del punto de descarga N°1. Combinación de imágenes realizadas en Google Earth Pro (Modificada) e Imágenes propias.



**Figura 56 B:** Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 1 y punto de descarga respectivo. (1) Propuesta de localización de Casa de Máquinas N° 1; (2) Propuesta de punto de descarga N° 1. (Google Earth Pro, Modificado).

- **Casa de Máquinas N° 2**, presenta una diferencia de altura bruta total de 14,4 m y una distancia desde la descarga total del azud al punto de descarga de la Casa de Máquinas N° 2 de 359 m. **En la Figura 57 A** se aprecia composición de imágenes, en la parte superior de la misma se vislumbra una imagen satelital obtenida del Google Earth Pro de la posición de la descarga del excedente de agua del Azud de Paso de los Sauces, de la Casa de Máquina N° 2 y su respectiva descarga, en la parte inferior izquierda se divisa el espacio disponible para localizar la Casa de Máquinas propuesta y en la parte inferior derecha se observa el punto de descarga propuesto. **En la Figura 57 B** se aprecia otra imagen satelital con foco a menor altura de los puntos de localización de Casa de Máquinas N° 2 y su respectiva descarga.





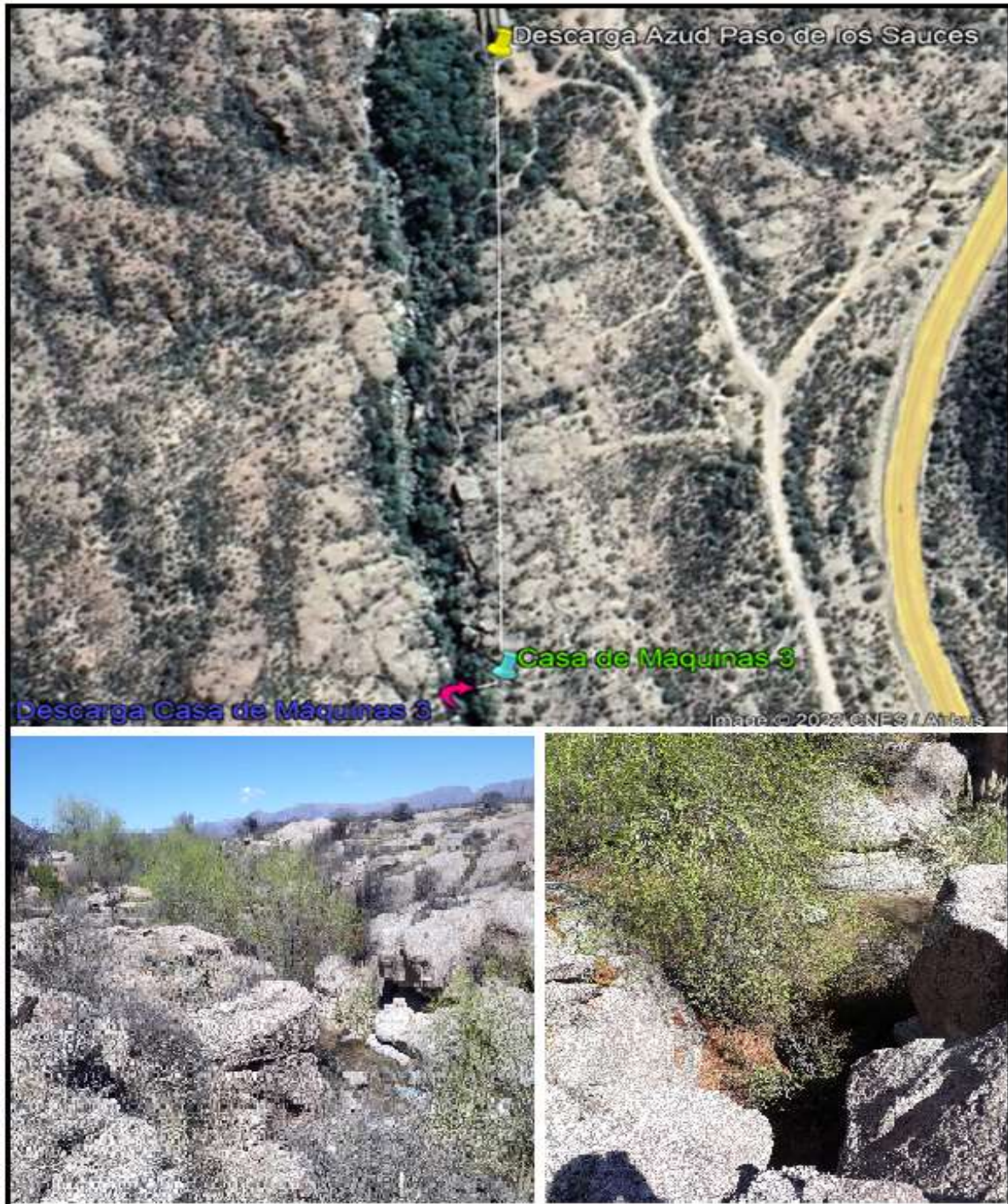
**Figura 57 A:** *Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2 y punto de descarga respectivo.* Imagen superior: vista satelital con los puntos de emplazamiento y descarga N° 2. Imagen inferior izquierda: sitio de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2. Imagen inferior derecha: fotografía del punto de descarga N° 2. Combinación de imágenes realizadas en Google Earth Pro (Modificada) e Imágenes propias.



**Figura 57 B:** *Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 2 y punto de descarga respectivo. (1) Propuesta de localización de Casa de Máquinas N° 2; (2) Propuesta de punto de descarga N° 2. (Google Earth Pro, Modificado).*

- Casa de Máquinas N° 3**, presenta una diferencia de altura bruta total de 15,5 m y una distancia desde la descarga total del azud al punto de descarga de la casa de máquinas N° 3 de 399 m. En la **Figura 58 A** se aprecia composición de imágenes, en la parte superior de la misma se vislumbra una imagen satelital obtenida del Google Earth Pro de la posición de la descarga del excedente de agua del Azud de Paso de los Sauces, de la Casa de Máquina N° 3 y su respectiva descarga, en la parte inferior izquierda se divide el espacio disponible para localizar la Casa de Máquinas propuesta y en la parte inferior derecha se observa el punto de descarga propuesto. En la **Figura 58 B** se aprecia otra imagen satelital con foco a menor altura de los puntos de localización de Casa de Máquinas N° 3 y su respectiva descarga.





**Figura 58 A:** Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3 y punto de descarga respectivo. Imagen superior: vista satelital con los puntos de emplazamiento y descarga N° 3. Imagen inferior izquierda: sitio de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3. Imagen inferior derecha: fotografía del punto de descarga N°3. Combinación de imágenes realizadas en Google Earth Pro (Modificada) e Imágenes propias.





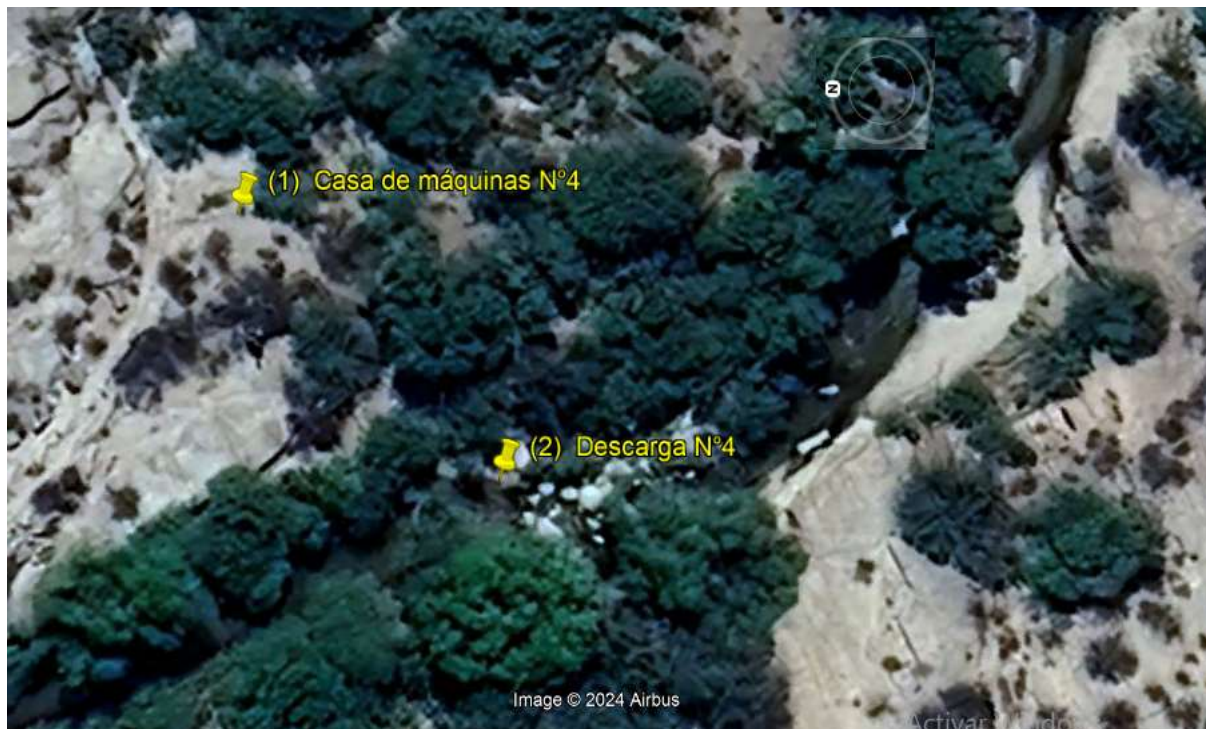
**Figura 58 B:** Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 3 y punto de descarga respectivo. (1) Propuesta de localización de Casa de máquinas N° 3; (2) Propuesta de punto de descarga N° 3. (Google Earth Pro, Modificado).

- **Casa de Máquinas N° 4**, presenta una diferencia de altura bruta total de 16,9 m y una distancia desde la descarga total del azud al punto de descarga de la casa de máquinas N° 4 de 482 m. En la **Figura 59 A** se aprecia composición de imágenes, en la parte superior de la misma se vislumbra una imagen satelital obtenida del Google Earth Pro de la posición de la descarga del excedente de agua del Azud de Paso de los Sauces, de la Casa de Máquina N° 4 y su respectiva descarga, en la parte inferior izquierda se divisa el espacio disponible para localizar la Casa de Máquinas propuesta y en la parte inferior derecha se observa el punto de descarga propuesto. En la **Figura 59 B** se aprecia otra imagen satelital con foco a menor altura de los puntos de localización de Casa de Máquinas N° 4 y su respectiva descarga.



**Figura 59 A:** Propuesta de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4 y punto de descarga respectivo. Imagen superior: vista satelital con los puntos de emplazamiento y descarga N° 4. Imagen inferior izquierda: sitio de emplazamiento de Casa de Máquinas N° 4. Imagen inferior derecha: fotografía del punto de descarga N°4. Combinación de imágenes realizadas en Google Earth Pro (Modificada) e Imágenes propias.





**Figura 59 B:** *Propuesta de emplazamiento de casa de máquinas N° 4 y punto de descarga respectivo. (1) Propuesta de localización de Casa de máquinas N° 4; (2) Propuesta de punto de descarga N° 4. (Google Earth Pro, Modificado).*

#### VIII.4. Alturas netas obtenidas de los saltos hidráulicos determinados

En función de los resultados obtenidos de la **Tabla 28**, se consideró que debido a las bajas diferencias de altura resulta inadecuado utilizar turbinas de acción (tipo Pelton), quedó como alternativa utilizar solamente turbinas de acción y reacción (tipo Kaplan o Francis), con esto se descartó la ecuación (II.14) para el cálculo de la altura neta y pasó a ser válida la expresión (II.15), con lo que resultó que la altura bruta es igual a la altura neta, o sea:

$$H = H_b$$

Cabe señalar que la pérdida de carga primarias y secundarias en las tuberías se planteó y consideró en el marco teórico como una reducción del rendimiento de la



instalación resultando en una reducción de la potencia total a través de la contemplación de las citadas pérdidas en el factor de rendimiento global del conjunto.

Con esto las alturas que se determinaron para cada caso son:

- **Casa de Máquinas N° 1,  $\Delta H_1 = 6,8$  m**
- **Casa de Máquinas N° 2,  $\Delta H_2 = 14,4$  m**
- **Casa de Máquinas N° 3,  $\Delta H_3 = 15,5$  m**
- **Casa de Máquinas N° 4,  $\Delta H_4 = 16,9$  m**





## CAPÍTULO IX

### SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA CASA DE MÁQUINAS Y ALTURA DE SALTO NETO DISPONIBLE. ACTIVIDAD N° 9

#### IX.1. Introducción

Del análisis efectuado en la actividad N° 8, en donde se desprenden cuatro posibles emplazamientos de Casas de Máquinas. Recordando esta información, nos queda:

- **Casa de Máquinas N° 1,  $\Delta H_1 = 6,8$  m** con una longitud lineal estimada de 115,5 m a la descarga.
- **Casa de Máquinas N° 2,  $\Delta H_2 = 14,4$  m** con una longitud lineal estimada de 359 m a la descarga.
- **Casa de Máquinas N° 3,  $\Delta H_3 = 15,5$  m** con una longitud lineal estimada de 399 m a la descarga.
- **Casa de Máquinas N° 4,  $\Delta H_4 = 16,9$  m** con una longitud lineal estimada de 483 m a la descarga.

#### IX.2. Criterios de selección adoptados.

A los efectos de seleccionar una sola de las posibles localizaciones de Casa de Máquinas se consideró con prudencia las siguientes cuestiones:

1. Maximización de la altura a los efectos de maximizar la potencia generada.

2. Accesibilidad de maquinarias destinadas a realizar las tareas de excavaciones necesarias para instalar la tubería de succión o descarga, de ser posible por debajo del lecho del río.
3. Longitud total de tubería forzada a utilizar.
4. Afectación ambiental producida sobre el cauce del río donde solamente se derivará 1/3 del caudal del mismo en época de estiaje o de mínimo caudal.
5. Alturas de aspiración de la tubería de succión o descarga en función de la localización de la casa de máquinas, a los efectos de evitar cavitación en la turbina.
6. Facilidad del mantenimiento y reparaciones de las instalaciones por parte de los operadores de la instalación y de mantenimiento.

Se consideró estos 4 puntos y se les asignó una valoración ponderal que puede tomar valores comprendidos entre -5 a 5 unidades, entendiéndose que la puntuación negativa que se asignó a cada consideración corresponde a valores pésimos o por debajo de lo esperado y a los positivos que son valores favorables o en conjunción con lo esperado al plantear el trabajo. De esta manera se cuantificó y calificó cada localización de casa de máquinas y se decidió con cuál de ellas se sometió a evaluación las hipótesis planteadas en el presente trabajo. En la **Tabla 29** se observan las valoraciones que se asignaron.

**Tabla 29:** Calificación de las casas de máquinas.

Consideración / Casa de máquinas	Consideración 1 Maximización de la altura	Consideración 2 Accesibilidad de maquinarias	Consideración 3 Longitud de tubería forzada	Consideración 4 Afectación ambiental tramo del río	Consideración 5 Alturas de aspiración	Consideración 6 Accesibilidad para el mantenimiento	TOTAL
Casa máquinas N° 1	-1	2	-1	0	1	1	2
Casa máquinas N° 2	2	-4	-3	-2	-4	-3	-14
Casa máquinas N° 3	3	-4	-3	-3	-5	-3	-15
Casa máquinas N° 4	4	2	-4	-5	1	5	3

### IX.3. Selección de la localización de la Casa de Máquinas

Del análisis realizado de la **tabla N° 29** se desprende que se seleccione la **Casa de Máquinas N° 4**.

#### IX.3.1. Ventajas:

- Presenta la mayor diferencia de altura, pero esto ya en los límites considerados de longitud de tramo del río.
- Permite la fácil accesibilidad a pequeñas máquinas y equipos de excavación en la zona de montaje de la tubería de aspiración y de la Casa de Máquinas.
- Presenta bajas alturas de aspiración de la tubería de descarga, evitándose depresiones elevadas a la salida del rodete de la turbina, minimizándose el efecto de la cavitación y el posible corte de la vena fluida, efecto que se daría en otras alternativas planteadas.



- Permite el fácil montaje y mantenimiento de las instalaciones por encontrarse la casa de máquinas y tuberías forzadas y de descarga en zonas de fácil acceso.

### **IX.3.2. Desventajas:**

- Presenta el mayor tramo de río afectado en épocas de estiaje, aunque se estima que será mínimo este impacto.
- Presenta la mayor longitud de tubería forzada, lo que incrementa significativamente el costo de implementación de la microturbina.

## CAPÍTULO X

### DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA TEÓRICA DISPONIBLE. ACTIVIDAD N° 10

#### X.1. Introducción

De acuerdo a lo abordado en el **Capítulo II**, Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación, Apartado **II.11.7** Determinación de la potencia teórica disponible, la misma viene dada por la expresión (II.9), recordando la misma:

$$P = Qt \cdot \gamma \cdot H_b$$

donde "**P**" es la potencia disponible del salto (medida en W), "**Q**" es el caudal disponible (medido en m<sup>3</sup>/s), "**γ**" es el peso específico del fluido (medido en N/m<sup>3</sup>), y "**H<sub>b</sub>**" es la altura bruta disponible (medida en metros).

#### X.2. Determinación del valor de potencia teórica disponible

Se aplicó la expresión (9) para el salto neto de la casa de máquinas N° 4, y se obtuvo:

$$P (W) = 0,182 \left( \frac{m^3}{s} \right) \times 9800 \left( \frac{N}{m^3} \right) \cdot 16,9(m)$$

$$P = 30.142 W$$

Es decir, la **potencia hidráulica disponible** es:

$$P = 30.142 W$$





## CAPÍTULO XI

### DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA

#### ELÉCTRICA FACTIBLE DE GENERAR. ACTIVIDAD N° 11

##### XI.1. Introducción

De acuerdo a lo abordado en el **Capítulo II**, Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación, Apartado **II.11.8 Determinación de la “potencia de generación factible”**, se efectuarán las consideraciones acordes a la altura del salto seleccionado y se efectuará el cálculo correspondiente.

##### XI.2. Determinación del valor de potencia eléctrica factible de generar

Se consideró además que de acuerdo a las bajas alturas disponibles resulta prácticamente necesario utilizar turbinas de acción y reacción, se descartó la aplicación de turbinas tipo Pelton, resultando por ello válido que la altura que se aprovechará en la turbina es igual a la altura disponible del salto, es decir que según la expresión (II.15)

$$H = H_b$$

y con esto, la potencia eléctrica factible de generar viene dada por la expresión (II.19.a), que según se analizó representa la potencia hidráulica disponible afectada de un rendimiento total de toda la instalación, con esto se obtuvo:

$$P_g = 0,64 \cdot Q_t \cdot \gamma \cdot H_b$$

$$P_g = 0,64 \times 30.142 \text{ W}$$



$$P_g = 19.290 \text{ W}$$

Es decir, que la **potencia eléctrica factible de generar** por la microturbina y generador planteados será:

$$P_g = 19,29 \text{ KW}$$

## CAPÍTULO XII

### DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS A REALIZAR. VIABILIDAD DEL PROYECTO. ACTIVIDAD N° 12

#### XII.1. Introducción

Con el objeto de llevar adelante la realización de la microcentral planteada resultó necesario evaluar el impacto ambiental sobre el medio receptor de la obra. Para ello y tal como se planteó en el marco teórico y a los efectos de minimizar y sobrellevar los impactos ambientales de las acciones propuestas sobre los diferentes factores ambientales, se propuso utilizar las construcciones existentes en el Azud de Paso de los Sauces, pero a pesar de ello resultará necesario efectuar algunas obras, como ser montajes de instalaciones y equipamientos adicionales a la infraestructura ya constituida.

Con el objeto de determinar el impacto sobre el ambiente de las obras y montajes que resulten necesarios añadir se utilizó el enfoque de Leopold. Para aplicar esta matriz y su posterior valoración de impactos se procedió de acuerdo a lo indicado en el marco teórico del presente trabajo, es decir, se construyó la matriz de impacto ambiental. A pesar de que en este caso no se efectúa una comparación de alternativas de proyectos, igualmente se realizó una cuantificación de los impactos de los impactos a efectos de cuantificar los mismos.



## XII.2. Desarrollo del estudio de impacto ambiental

A los efectos de efectuar el estudio de impacto ambiental se desarrolló la matriz de Leopold, se utilizó como guía el documento “Metodologías de la Evaluación del Impacto Ambiental (S.F.) de la Universidad de Casa Grande de Guayaquil (Ecuador). En la **Figura 60** se observan los factores ambientales propuestos por la Matriz de Leopold y en la **Figura 61** se encuentran las acciones antrópicas propuestas.

<b>A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS</b>	
<b>A.1 TIERRA</b>	
a. Recursos minerales	d. Geomorfología
b. Material de construcción	e. Campos magnéticos y radiactividad de fondo
c. Suelos	f. Factores físicos singulares
<b>A.2 AGUA</b>	
a. Superficiales	e. Temperatura
b. Marinas	f. Recarga
c. Subterráneas	g. Nieve, hielos y heladas
d. Calidad	
<b>A.3 ATMÓSFERA</b>	
a. Calidad (gases, partículas)	c. Temperatura
b. Clima (micro, macro)	
<b>A.4 PROCESOS</b>	
a. Inundaciones	e. Sorción (intercambio de iones, complejos)
b. Erosión	f. Compactación y asentamientos
c. Deposition (sedimentación y precipitación)	g. Estabilidad
d. Solución	h. Sismología (terremotos)
	i. Movimientos de aire
<b>B. CONDICIONES BIOLÓGICAS</b>	
<b>B.1 FLORA</b>	
a. Árboles	f. Plantas acuáticas
b. Arbustos	g. Especies en peligro
c. Hierbas	h. Barreras, obstáculos
d. Cosechas	i. Corredores
e. Microflora	
<b>B.2 FAUNA</b>	
a. Aves	f. Microfauna
b. Animales terrestres, incluso reptiles	g. Especies en peligro
c. Peces y mariscos	h. Barreras
d. Organismos bentónicos	i. Corredores
e. Insectos	
<b>C. FACTORES CULTURALES</b>	
<b>C.1 USOS DEL TERRITORIO</b>	
a. Espacios abiertos y salvajes	f. Zona residencial
b. Zonas húmedas	g. Zona comercial
c. Silvicultura	h. Zona industrial
d. Pastos	i. Minas y canteras
e. Agricultura	
<b>C.2 RECREATIVOS</b>	
a. Caza	e. Camping
b. Pesca	f. Excursión
c. Navegación	g. Zonas de recreo
d. Zona de baño	
<b>C.3 ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO</b>	
a. Vistas panorámicas y paisajes	f. Parques y reservas
b. Naturaleza	g. Monumentos
c. Espacios abiertos	h. Especies o ecosistemas especiales
d. Paisajes	i. Lugares u objetos históricos o arqueológicos
e. Agentes físicos singulares	j. Desarmonías
<b>C.4 NIVEL CULTURAL</b>	
a. Modelos culturales (estilos de vida)	c. Empleo
b. Salud y seguridad	d. Densidad de población
<b>C.5 SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA</b>	
a. Estructuras	d. Disposición de residuos
b. Red de transportes (movimiento, accesos)	e. Barreras
c. Red de servicios	f. Corredores
<b>D. RELACIONES ECOLÓGICAS</b>	
a. Salinización de recursos hidráulicos	e. Salinización de suelos
b. Eutrofización	f. Invasión de maleza
c. Vectores, insectos y enfermedades	g. Otros
d. Cadenas alimentarias	
<b>E. OTROS</b>	

Figura 60: Factores ambientales propuestos por la Matriz de Leopold. Adaptado de Universidad de Casa Grande (S.F.)



<b>A. MODIFICACIÓN DEL REGIMEN:</b>	
a) Introducción de flora y fauna exótica b) Controles biológicos c) Modificación del hábitat d) Alteración de la cubierta terrestre e) Alteración de la hidrología f) Alteración del drenaje	g) Control del río y modificación del flujo h) Canalización i) Riego j) Modificación del clima k) Incendios l) Superficie o pavimento Ruido y vibraciones
<b>B. TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN:</b>	
a) Urbanización b) Emplazamientos industriales y edificio c) Aeropuertos d) Autopistas y puentes e) Carreteras y caminos f) Vías férreas g) Cables y elevadores h) Líneas de transmisión, oleoductos y corredores i) Barreras incluyendo vallados j) Dragados y alineado de canales	k) Revestimiento de canales l) Canales m) Presas y embalses n) Escolleras, diques, puertos deportivos y terminales marítimas o) Estructuras en alta mar p) Estructuras recreacionales q) Voladuras y perforaciones r) Desmontes y rellenos s) Túneles y estructuras subterráneas
<b>C. EXTRACCIÓN DE RECURSOS:</b>	
a) Voladuras y perforaciones b) Excavaciones superficiales c) Excavaciones subterráneas d) Perforación de pozos y transporte de fluidos	e) Dragados f) Explotación forestal g) Pesca comercial y caza
<b>D. PROCESOS:</b>	
a) Agricultura b) Ganaderías y pastoreo c) Piensos d) Industrias lácteas e) Generación energía eléctrica f) Minería g) Metalurgia	h) Industria química i) Industria textil j) Automóviles y aeroplanos k) Refinerías de petróleo l) Alimentación m) Herrerías (explotación de maderas) n) Celulosa y papel o) Almacenamiento de productos
<b>E. ALTERACIONES DEL TERRENO:</b>	
a) Control de la erosión, cultivo en terrazas o bancales b) Sellado de minas y control de residuos c) Rehabilitación de minas a cielo abierto	d) Paisaje e) Dragado de puertos f) Aterramientos y drenajes
<b>F. RECURSOS RENOVABLES:</b>	
a) Repoblación forestal b) Gestión y control vida natural	c) Recarga aguas subterráneas d) Fertilización e) Reciclado de residuos
<b>G. CAMBIOS EN TRÁFICO:</b>	
a) Ferrocarril b) Automóvil c) Camiones d) Barcos e) Aviones f) Tráfico fluvial	g) Deportes náuticos h) Caminos i) Telecables, telecabinas, etc. j) Comunicaciones k) Oleoductos
<b>H. SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS</b>	
a) Vertidos en mar abierto b) Vertedero c) Emplazamiento de residuos y desperdicios mineros d) Almacenamiento subterráneo e) Disposición de chatarra f) Derrames en pozos de petróleo g) Disposición en pozos profundos	h) Vertido de aguas de refrigeración i) Vertido de residuos urbanos j) Vertido de efluentes líquidos k) Balsas de estabilización y oxidación l) Tanques y fosas sépticas, comerciales y domésticas m) Emisión de corrientes residuales a la atmósfera n) Lubricantes o aceites usados
<b>I. TRATAMIENTO QUÍMICO:</b>	
a) Fertilización b) Descongelación química de autopistas, etc.	c) Estabilización química del suelo d) Control de maleza y vegetación terrestre e) Pesticidas
<b>J. ACCIDENTES:</b>	
a) Explosiones b) Escapes y fugas	c) Fallos de funcionamiento
<b>K. OTROS:</b>	
a) _	_b).

Figura 61: Acciones antrópicas propuestas por la Matriz de Leopold. Adaptado de Universidad de Casa Grande (S.F.)



Se consideró que los factores ambientales propuestos por Leopold que podrían resultar afectados en el ámbito del Poblado de Huaco en caso de construirse la microcentral, son los siguientes:

- **TIERRA**

- Materiales de construcción

- Suelos

- **AGUA**

- Superficiales

- Calidad

- **ATMOSFERA**

- Calidad (gases, partículas)

- **PROCESOS**

- Deposición (sedimentación)

- **FLORA**

- Arboles

- Arbustos

- Hierbas

- Plantas acuáticas

- Especies en peligro

- **FAUNA**

- Aves

- Animales terrestres, incluso reptiles

- Peces y mariscos

- Organismos bentónicos

- Corredores



- **USOS DEL TERRITORIO**
  - Espacios abiertos y salvajes
  - Pastos
  - Agricultura
  - Zona residencial
  
- **RECREATIVOS**
  - Pesca
  - Zonas de baño
  - Excursión
  - Zonas de recreo
  
- **ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO**
  - Vistas panorámicas y paisajes
  - Espacios abiertos
  - Desarmonías
  
- **NIVEL CULTURAL**
  - Modelos culturales (estilos de vida)
  - Salud y seguridad
  - Empleo
  
- **SERVICIOS E INFRAESTRUCTURA**
  - Red de servicios
  - Barreras
  
- **RELACIONES ECOLÓGICAS**
  - Vectores, insectos y enfermedades
  - Cadenas alimentarias
  - Invasión de malezas
  
- **SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)**
  - Sonido del viento



Canto de aves  
Admiración de espacio  
Aislamiento, soledad  
Integración con la naturaleza

Estos factores se enlistaron a la izquierda en las filas de la matriz de Leopold.

Se consideró que las acciones antrópicas a llevar a cabo en el proceso de construcción, explotación y abandono de la microcentral en el ámbito del Poblado de Huaco en caso de construirse la misma, son las siguientes:

- **MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN**

Alteración de la cubierta terrestre  
Control del río y modificación del flujo  
Ruido y vibraciones

- **TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIÓN**

Emplazamiento de edificio  
Caminos  
Línea de transmisión  
Canales (Entubación)  
Estructura Subterránea

- **PROCESOS**

Generación de Energía Eléctrica

- **ALTERACIONES DEL TERRENO**

Paisaje  
Aterramiento

- **SITUACIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS**

Disposición de chatarra  
Lubricantes y aceites usados

- **ACCIDENTES**

- Escapes y fugas

- Fallos de funcionamiento

Todas las acciones a realizar en el proyecto se ubicaron a lo ancho en las columnas de la matriz.

### **XII.3. Determinación y valoración de los impactos**

A los efectos de determinar los impactos producidos sobre el ambiente, se procedió de acuerdo al **Capítulo II**, Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación, Apartado **II.11.9**. Determinación del “*impacto ambiental*” de las obras a realizar a los efectos de determinar la viabilidad de la ejecución del producto. obteniéndose las “**Matrices de identificación de impactos**” de las **fases de construcción, operación y abandono y restitución al medio natural**, así también se construyeron las matrices que se denominan “**Matriz de valoración de impactos**” para las fases de **construcción, operación y abandono**. En este caso no se compararon alternativas de proyectos, razón por la cual no se efectuó una cuantificación total de impacto neto, que en general resulta útil al comparar alternativas de proyectos.

En la **Figura 62 A**, se observa la “**Matriz de identificación de impactos**” que se obtuvo para la **fase constructiva** de la microcentral propuesta.

En la **Figura 62 B**, se observa la “**Matriz de valoración de impactos**” que se obtuvo para la **fase constructiva** de la microcentral propuesta.



En la **Figura 63 A**, se observa la “**Matriz de identificación de impactos**” que se obtuvo para la **fase operativa** de la microcentral propuesta.

En la **Figura 63 B**, se observa la “**Matriz de valoración de impactos**” que se obtuvo para la **fase operativa** de la microcentral propuesta.

En la **Figura 64 A**, se observa la “**Matriz de identificación de impactos**” que se obtuvo para la **fase abandono** de la microcentral propuesta.

En la **Figura 64 B**, se observa la “**Matriz de valoración de impactos**” que se obtuvo para la **fase abandono y restitución al medio natural** de la microcentral propuesta.



**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA FASE CONSTRUCTIVA**

ACTIVIDAD ANTRÓPICA		MODIFICACIÓN		TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIONES				ALTERACIONES DEL TERRITORIO	ACCIDENTES		
		Alteración de la cubierta terrestre	Ruido y vibraciones	Caminos	Línea de transmisión	Canales (Entubación)	Estructura Subterránea	Emplazamiento de edificio	Aterramiento	Fallos de funcionamiento	Escapes y fugas
<b>FACTOR AMBIENTAL</b>											
<b>TIERRA</b>	Suelos					C			C		P
<b>ATMOSFERA</b>	Calidad (gases, partículas)										
<b>FLORA</b>	Arboles										
	Arbustos										
	Hierbas										
	Especies en peligro									P	
<b>FAUNA</b>	Aves										
	Animales Terrestres, incluso reptiles										
	Corredores										
<b>USOS DEL TERRITORIO</b>	Zonas de Baño						C				P
	Zonas de recreo										
<b>ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO</b>	Vistas panorámicas y paisajes							C			
	Espacios abiertos				C	C		C			
<b>NIVEL CULTURAL</b>	Salud y seguridad									P	P
	Empleo	C		C	C	C	C	C	C		
<b>SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)</b>	Canto de Aves										
	Admiración de espacio										
	Integración con la naturaleza										

C = Impacto Cierto

Impacto leve negativo

Impacto leve positivo

P = Impacto Potencial

Impacto moderado negativo

Impacto moderado positivo

Impacto elevado negativo

Impacto elevado positivo

**Figura 62 A:** Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase constructiva.

## VALORACIÓN DE IMPACTOS DE LA FASE CONSTRUCTIVA

ACTIVIDAD ANTRÓPICA		MODIFICACIÓN DEL REGIMEN	TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIONES					ALTERACIONES DEL TERRITORIO		ACCIDENTES (IMPACTOS POTENCIALES)	
			Alteración de la cubierta terrestre	Caminos	Línea de transmisión	Canales (Entubación)	Estructura Subterránea	Emplazamiento de edificio	Aterramiento	Fallos de funcionamiento	Escapes y fugas
TIERRA	Suelos				-1 1			-1 1		-1 1	
					1 1			1 1		3 3	
					3 1			3 1		2 2	
		--	--	--	0 -6	--	--	1 -7	--	2 -12	
FLORA	Especies en peligro								-1 1		
									1 2		
									3 2		
		--	--	--	--	--	--	--	1 -9	--	
USOS DEL TERRITORIO	Zonas de Baño					-1 1				-1 1	
						1 1				3 3	
						3 1				3 3	
		--	--	--	--	0 -6	--	--	--	3 -15	
ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Vistas panorámicas y paisajes						-1 1				
							1 1				
							3 1				
		--	--	--	--	--	0 -6	--	--	--	
	Espacios abiertos			-1 1	-1 1		-1 1				
				1 1	2 2		1 1				
				3 1	3 1		3 1				
		--	--	1 -7	1 -9	--	1 -7	--	--	--	
NIVEL CULTURAL	Salud y seguridad								-1 1	-1 1	
									3 3	2 2	
									3 3	1 1	
		--	--	--	--	--	--	--	3 -15	-6	
	Empleo	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1			
		1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1			
		1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1			
		0 4	0 4	1 5	0 4	0 4	0 4	0 4	--	--	

Naturaleza = N	Frec/Prob = F / P
Extensión = E	Sens. Comp. = S
Persistencia = P	Intensidad = I
Sinergia = S	IM = Importancia

Función de transformación  
 $IM = (N) \cdot F \cdot (E+S+P+I+S)$

-1 ≤ IM ≤ -4	Impacto somero negativo	1 ≤ IM ≤ 4	Impacto somero positivo
-5 ≤ IM ≤ -10	Impacto leve negativo	5 ≤ IM ≤ 10	Impacto leve positivo
-11 ≤ IM ≤ -16	Impacto moderado negativo	11 ≤ IM ≤ 16	Impacto moderado positivo
-17 ≤ IM ≤ -45	Impacto elevado negativo	17 ≤ IM ≤ 45	Impacto elevado positivo

Figura 62 B: Matriz de Leopold valoración de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase constructiva.

**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE LA FASE DE OPERACIÓN**

ACTIVIDAD ANTROPICA		MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN		TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIONES			PROCESOS
		Control del río y modificación del flujo	Ruido y vibraciones	Línea de transmisión	Canales (Entubación)	Estructura Subterránea	Emplazamiento de edificio
FACTOR AMBIENTAL							
AGUA	Superficiales						
	Calidad						
PROCESOS	Deposición (sedimentación)						
FLORA	Plantas Acuáticas						
FAUNA	Organismos Bentónicos	C					
	Corredores						
USOS DEL TERRITORIO	Zona Residencial			C			
RECREATIVOS	Pesca						
	Zonas de Baño						
	Excursión				C		
	Zonas de recreo						
ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Vistas panorámicas y paisajes				C		
NIVEL CULTURAL	Empleo						C
SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)	Canto de Aves		C				
	Admiración de espacio						
	Integración con la naturaleza						

**C = Impacto Cierto**


Impacto leve negativo



Impacto leve positivo

**P = Impacto Potencial**


Impacto moderado negativo



Impacto moderado positivo



Impacto elevado negativo



Impacto elevado positivo

**Figura 63 A:** Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase operativa.

**VALORACIÓN DE IMPACTOS DE LA FASE DE OPERACIÓN**

ACTIVIDAD ANTROPICA		MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN		TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO Y CONSTRUCCIONES		PROCESOS	
		Control del río y modificación del flujo	Ruido y vibraciones	Línea de transmisión	Canales (Entubación)	Generación de Energía Eléctrica	
FAUNA	Organismos Bentónicos	-1 1 3 1	2 1 1 -14	--	--	--	--
	Corredores	--	--	--	--	--	--
USOS DEL TERRITORIO	Zona Residencial	--	--	1 2 3 0	1 2 2 9	--	--
RECREATIVOS	Excursión	--	--	--	--	-1 1 3 1	2 1 1 -14
ESTÉTICOS Y DE INTERÉS HUMANO	Vistas panorámicas y paisajes	--	--	--	--	-1 1 3 0	2 1 1 -12
NIVEL CULTURAL	Empleo	--	--	--	--	1 1 3 0	1 1 1 6
SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)	Canto de Aves	--	-1 2 3 0	3 2 1 -24	--	--	--

Naturaleza = N	Frec/Prob = F / P
Extensión = E	Sens. Comp. = S
Persistencia = P	Intensidad = I
Sinergia = S	IM = Importancia

Función de transformación  
 $IM = (N) \cdot F \cdot (E+S+P+I+S)$

-1 ≤ IM ≤ -4	Impacto somero negativo	1 ≤ IM ≤ 4	Impacto somero positivo
-5 ≤ IM ≤ -10	Impacto leve negativo	5 ≤ IM ≤ 10	Impacto leve positivo
-11 ≤ IM ≤ -16	Impacto moderado negativo	11 ≤ IM ≤ 16	Impacto moderado positivo
-17 ≤ IM ≤ -45	Impacto elevado negativo	17 ≤ IM ≤ 45	Impacto elevado positivo

**Figura 63 B:** Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase operativa.

**IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS DE FASE DE ABANDONO Y RESTITUCIÓN AL MEDIO NATURAL**

ACTIVIDAD ANTROPICA		MODIFICACIÓN		TRANSFORMACIÓN DEL TERRITORIO			DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS
		Control del río y modificación del flujo	Ruido y vibraciones	Línea de transmisión	Canales (Entubación)	Estructura Subterránea	Emplazamiento de edificio
FACTOR AMBIENTAL							
AGUA	Superficiales						
PROCESOS	Deposición (sedimentación)						
FLORA	Plantas Acuáticas	C					
FAUNA	Peces y mariscos						
	Organismos Bentónicos	C					
	Corredores		C				
RECREATIVOS	Pesca						
	Zonas de Baño						
	Excursión						
	Zonas de recreo						
NIVEL CULTURAL	Salud y seguridad						C
	Empleo						C
SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)	Canto de Aves						
	Admiración de espacio		C				C
	Integración con la naturaleza		C				C

C = Impacto Cierto



Impacto leve negativo



Impacto leve positivo

P = Impacto Potencial



Impacto moderado negativo



Impacto moderado positivo



Impacto elevado negativo



Impacto elevado positivo

**Figura 64 A:** Matriz de Leopold para identificación de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase de abandono y restitución al medio natural.



**VALORACIÓN DE IMPACTOS DE LA FASE DE ABANDONO Y RESTITUCIÓN AL MEDIO NATURAL**

ACTIVIDAD ANTROPICA		MODIFICACIÓN DEL REGIMEN				DISPOSICIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS	
		Control del río y modificación del flujo		Ruido y vibraciones		Disposición de chatarra	
FACTOR AMBIENTAL							
FLORA	Plantas Acuáticas	1	1				
		1	1				
		2	1				
		0	5		--		--
FAUNA	Organismos Bentónicos	1	1				
		1	1				
		3	1				
		0	6		--		--
	Corredores			1	1		
				1	1		
			3	1			
			0	6		--	
NIVEL CULTURAL	Salud y seguridad					1	1
						2	3
						3	3
			--		--	1	12
	Empleo					1	1
						1	1
						1	1
			--		--	0	4
SONIDOS AMBIENTALES (OTROS)	Admiración de espacio			1	1	1	1
				2	2	2	1
				3	1	3	1
			--	1	9	1	8
	Integración con la naturaleza			1	1	1	1
				2	2	2	2
			3	1	3	2	
			1	9	1	10	

Naturaleza = N	Frec/Prob = F/P
Extensión = E	Sens. Comp. = S
Persistencia = P	Intensidad = I
Sinergia = S	IM = Importancia

Función de transformación  
 $IM = (N) \cdot F \cdot (E+S+P+I+S)$

-1 ≤ IM ≤ -4		Impacto somero negativo	1 ≤ IM ≤ 4		Impacto somero positivo
-5 ≤ IM ≤ -10		Impacto leve negativo	5 ≤ IM ≤ 10		Impacto leve positivo
-11 ≤ IM ≤ -16		Impacto moderado negativo	11 ≤ IM ≤ 16		Impacto moderado positivo
-17 ≤ IM ≤ -45		Impacto elevado negativo	17 ≤ IM ≤ 45		Impacto elevado positivo

**Figura 64 B:** Matriz de Leopold para valoración de Impactos aplicada al proyecto de microcentral Paso de los Sauces. Fase de abandono y restitución al medio natural.



Como bien es sabido, el método de Leopold es un método adecuado para la identificación de impactos ambientales, no contempla en sí mismo maneras de determinar la extensión (“**Ex**”), la persistencia (“**Pe**”), sinergia (“**Si**”) y reversibilidad (“**Rv**”), tampoco contempla la posibilidad de cuantificación total de todos los impactos a los efectos de lograr un valor numérico destinado a comparar alternativas de proyectos, que en nuestro caso tenemos solamente una, razón por la cual no se cuantificará el impacto neto total. Para esto, nuevamente enlistaremos los impactos ambientales hallados por las Matrices de Leopold planteadas, una vez que se determinó y cuantificó los principales impactos, se efectuó una descripción cualitativa de los mismos y los principales aspectos relevantes que lo caracterizan.

## **XII.4. Resultados obtenidos**

### **XII.4.1. Fase constructiva**

Para esta fase se detectó un total de 14 impactos reales y 5 impactos potenciales, de los cuales se determinó que son:

1. 1 Impacto leve positivo.
2. 6 Impactos someros o muy leves positivos.
3. 7 Impactos leves negativos,
4. 3 Impactos potenciales negativos (de difícil probabilidad de ocurrencia).
5. 2 Impactos potenciales negativos (de difícil probabilidad de ocurrencia).

Los citados impactos se resumen de la siguiente manera:



**Generación de empleo, impacto positivo de carácter moderado**, de tipo temporal mientras se desarrollan las actividades constructivas y de montaje de la línea de transmisión de energía eléctrica vinculado a la microcentral hidroeléctrica.

Extensión (Ex): Baja (En esta etapa se contratarán pocos operarios radicados en el territorio de la localidad).

Persistencia (Pe): Temporal

Sinergia (Si): Se detecta un leve sinergismo de la construcción de la línea de transmisión que a futuro tiende a favorecer el asentamiento de nuevos pobladores y generación de empleo en la construcción de viviendas. No se detecta sinergismo con los demás impactos vinculados en la etapa constructiva.

Reversibilidad (Re): Reversible.

**Generación de empleo, impactos positivos de carácter somero o muy leve**, de tipo temporal mientras se desarrollan las actividades constructivas y de montaje de la microcentral hidroeléctrica.

Extensión (Ex): Baja (En esta etapa se contratarán pocos operarios radicados en el territorio de la localidad).

Persistencia (Pe): Temporal

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo con otros impactos.

Reversibilidad (Re): Reversible.



**Montaje tubería de aspiración subterránea, impacto negativo de carácter moderado**, montaje de la tubería de aspiración subterránea en una de las zonas de baño y recreación.

Extensión (Ex): Puntual (10 a 15 m de longitud; 1 m de profundidad).

Persistencia (Pe): Temporal (1 mes).

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo con otros impactos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

**Montaje de la línea de transmisión, impacto negativo de carácter moderado**, montaje de la línea de transmisión de energía eléctrica sobre los espacios abiertos.

Extensión (Ex): Puntual (350 metros aproximadamente en un área delimitada).

Persistencia (Pe): Temporal (1 mes).

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo leve con otros impactos del tipo visual en espacios abiertos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

**Montaje de la entubación, impacto negativo de carácter moderado**, montaje de la entubación sobre los espacios abiertos.

Extensión (Ex): Puntual (450 metros de longitud en un área determinada).

Persistencia (Pe): Temporal (2 meses).

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo leve con otros impactos del tipo visual en espacios abiertos.



Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Emplazamiento de edificios, impacto negativo de carácter moderado,*** construcción de la casa de máquinas sobre los espacios abiertos y sobre las vistas panorámicas y paisajes.

Extensión (Ex): Puntual (30 m<sup>2</sup>).

Persistencia (Pe): Temporal (2 meses).

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo leve con otros impactos del tipo visual en espacios abiertos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Aterramiento de la tubería forzada y cimentación de la casa de máquinas,*** impacto de carácter negativo de carácter moderado, aterramiento de la tubería forzada y de la cimentación de la casa de máquinas sobre los suelos.

Extensión (Ex): Puntual (100 m<sup>2</sup>).

Persistencia (Pe): Temporal (2 meses).

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo leve con otros impactos asociados al drenaje natural afectando la erosión del suelo.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Afectación parcial de ejemplares de flora protegida, impacto de carácter potencial con baja probabilidad de ocurrencia,*** puede producirse por descontrol de la excavadora ocasionado por una falla mecánica, este incidente es de ocurrencia

altamente improbable, no se consideró que se produzca la eliminación del ejemplar ya que la máquina que se prevé utilizar es de pequeño tamaño y no dispone de la fuerza y potencia necesarias para destruir o derribar un árbol de envergadura mediana o grande. En caso de ocurrir se consideró que será un **impacto negativo moderado** que acontecería sobre la flora en peligro o protegida (algarrobos y quebracho blanco), al realizar las excavaciones y otras tareas de construcción y montaje, se consideró:

Extensión (Ex): Puntual (20 m<sup>2</sup>).

Persistencia (Pe): Permanente (5 a 10 años).

Sinergia (Si): Leve contribución al aumento de la deforestación y desertificación de la zona.

Reversibilidad (Re): Largo plazo.

***Afectación a la salud y seguridad del personal de obra, impacto de carácter potencial con baja probabilidad de ocurrencia,*** puede producirse por descontrol de la excavadora ocasionado por una falla mecánica, este incidente es de ocurrencia altamente improbable, pero en caso de que ocurra puede ocasionar serios daños a personas.

Extensión (Ex): Alta.

Persistencia (Pe): Permanente.

Sinergia (Si): Altamente sinérgico en el ámbito social.

Reversibilidad (Re): Largo plazo.



**Afectación de espacios de recreación, flora y fauna con aceites y combustible, impacto de carácter potencial con baja probabilidad de ocurrencia**, puede producirse por una fuga accidental y abundante de aceite hidráulico y/o combustible de la máquina excavadora, carácter del **impacto negativo elevado** que afectaría flora, fauna y zonas de recreación. En caso de ocurrir se considera:

Extensión (Ex): Extenso (en caso de ocurrir sobre el agua).

Persistencia (Pe): mediano plazo.

Sinergia (Si): Contribución al proceso de desertificación del suelo, contribución al proceso de mortandad de especies de animales terrestres y acuáticos.

Reversibilidad (Re): Mediano plazo.

#### **XII.4.2. Fase operativa**

Para esta fase se detectó un total de 6 impactos reales, de los cuales se determinó que son:

1. 2 Impactos moderados positivos.
2. 1 Impacto elevado positivo.
3. 2 Impactos moderados negativos.
4. 1 Impacto bajo negativo.

Los citados impactos se resumen de la siguiente manera:

**Incremento del área residencial y de la población permanente**, ocasionado por la instalación de la línea de baja tensión destinada al traslado de la energía, se consideró





como un **Impacto leve positivo**, producto del posible aprovechamiento de la línea de baja tensión destinada a la inyección de la energía producida en el sistema que favorecerá el asentamiento de nuevas viviendas en la cercanía de la línea eléctrica.

Extensión (Ex): Parcial (1 a 2 Hectáreas).

Persistencia (Pe): Permanente (30 a 40 años).

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo moderado con Impacto producido por la presencia de la nueva línea de transmisión de energía eléctrica construida, que ocasionará el incremento del empleo local ocasionado por la construcción de nuevas viviendas.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

**Generación de empleo, impacto moderado positivo del tipo social**, producto de la generación de energía, se crearán fuentes de empleo permanente en la zona destinados a la operación y mantenimiento de la microcentral hidroeléctrica.

Extensión (Ex): Local (generará empleo en el área o territorio local)

Persistencia (Pe): Permanente (30 a 40 años)

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo.

Reversibilidad (Re): Reversible.

**Interferencia sonoras y auditivas**, surge a raíz de los ruidos y vibraciones ocasionadas por el funcionamiento del conjunto de turbina y generador que interfiere sobre los sonidos naturales y canto de las aves. Se evaluó como un **Impacto moderado negativo** del tipo sonoro.



Extensión (Ex): Puntual (60 a 70 db que afecta en un radio de 100 m).

Persistencia (Pe): Permanente.

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Afectación de la flora y fauna ictícola***, ocasionado por la disminución del caudal del río por el control del caudal en el tramo afectado por el desvío a través de la entubación. Se evaluó como un **impacto leve negativo** que ocasionaría una posible disminución de oxigenación del agua (en los meses de estiaje del río) afectando a los organismos bentónicos en el tramo del río afectado.

Extensión (Ex): Parcial (4000 m<sup>2</sup> sobre el cauce del río).

Persistencia (Pe): Permanente (3 a 5 meses todos los años)

Sinergia (Si): Posible afectación de la vida acuática por disminución de los niveles de oxígeno disuelto en el agua.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Interferencia visual de la entubación, Impacto leve negativo***, de tipo visual dado por la entubación, que interfiere visualmente en los senderos de excursión y algunas vistas panorámicas.

Extensión (Ex): Parcial (400 a 500 metros a lo largo del río).

Persistencia (Pe): Permanente.

Sinergia (Si): Este impacto se potencia con el impacto sonoro y auditivo produciendo en el espectador una disminución, de la admiración,



las sensaciones y el placer que produce la contemplación del paisaje.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

#### **XII.4.3. Fase de abandono de las instalaciones y restitución del medio a su estado natural**

Para esta fase se detectaron un total de 6 impactos reales, de los cuales se determinó que son:

1. 1 Impacto muy leve o somero positivo.
2. 7 Impactos leves positivos.
3. 1 Impacto moderado positivo.

Los citados impactos se resumen de la siguiente manera:

***Recuperación de plantas acuáticas y organismos bentónicos*** como resultado del **desmontaje de las instalaciones abandonadas y restitución del flujo de agua al cauce natural del río**, el carácter del **Impacto es del tipo leve positivo**

Extensión (Ex): Parcial (450 metros a lo largo del río).

Persistencia (Pe): Permanente.

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo con otros impactos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Recuperación de corredores***, como resultado del cese del ruido y vibraciones producto de la culminación de las actividades de producción de energía eléctrica y

desmontaje de las instalaciones abandonadas, el carácter del **Impacto es del tipo leve positivo**

Extensión (Ex): Parcial (4 hectáreas).

Persistencia (Pe): Permanente.

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo con otros impactos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Eliminación del riesgo de accidentes personales***, como resultado del desmontaje de las instalaciones abandonadas, el carácter del **Impacto es elevado positivo** vinculado a la salud y seguridad personal, producto de la disposición final de los equipos e instalaciones como chatarra, evitándose posibles accidentes personales en las instalaciones que quedarían abandonadas.

Extensión (Ex): Parcial (5 a 7 personas).

Persistencia (Pe): Temporal (3 a 5 meses).

Sinergia (Si): No se detecta sinergismo con otros impactos.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

***Integración con la naturaleza y las sensaciones***, producto del desmontaje de las instalaciones, genera un **Impacto elevado positivo** sobre la admiración del espacio, la integración con la naturaleza y las sensaciones producto de la disposición final de los equipos e instalaciones como chatarra.

Extensión (Ex): Parcial (2500 m<sup>2</sup>).



Persistencia (Pe): Permanente

Sinergia (Si): Se detecta sinergismo con el impacto producido por la desaparición de los ruidos y vibraciones que desaparecen al dejar de funcionar la microcentral, volviendo a primar la contemplación, la admiración y las sensaciones del entorno.

Reversibilidad (Re): Irreversible.

## **XII.5. Conclusiones del estudio de Impacto Ambiental**

Del análisis realizado se observó que para las etapas de ejecución, explotación y posterior recuperación del ambiente natural no existen impactos ambientales producto de las acciones antrópicas que pueden afectar de manera considerablemente negativa al ambiente, esto a consecuencia de que las obras requeridas ya se encuentran realizadas en su gran mayoría, resultando en un mejor aprovechamiento de las instalaciones. Por el contrario, desde el punto de vista social la propuesta de las acciones impulsa la generación de fuentes de empleo local, sin contar el beneficio ambiental producido por la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se produciría por el reemplazo de generación de energía eléctrica producida por fuentes térmicas a fuentes hidráulicas renovables. Este análisis referido a la disminución en la emisión de dióxido de carbono que se tratará en el siguiente capítulo.



Se concluye que:

**Resulta ambientalmente factible la producción de energía eléctrica por medio de la microcentral a instalar en el Azud Paso de los Sauces del Poblado de Huaco, Provincia de La Rioja.**





## CAPÍTULO XIII

### DETERMINACIÓN DE LA “DISMINUCIÓN DE EMISIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO” MEDIANTE REEMPLAZO DE GENERACIÓN TÉRMICA POR GENERACIÓN RENOVABLE EQUIVALENTE. ACTIVIDAD N° 13

#### XIII.1. Introducción

A los efectos de determinar la disminución de emisión de  $\text{CO}_2$  resultante de la obtención de energía eléctrica por parte de la microcentral hidroeléctrica frente a la cantidad de  $\text{CO}_2$  producida por una central termoeléctrica de fuel oil, se procedió de acuerdo a lo propuesto en el marco teórico,

#### XIII.2. Desarrollo del análisis

Se realizó el análisis de la siguiente manera:

- a. En función de la potencia constante factible de generar por el conjunto microturbina - generador, se determinará la energía eléctrica total anual a producir en un año ( $E_A$ ). Se considerará producción constante de energía durante las 24 hs. del día, con un paro anual destinado al mantenimiento de la unidad por un lapso de 15 días, más un paro de 1 día completo (24hs.) por mes destinado a realizar la inspección y reparaciones en los 11 meses restantes, lo que totaliza un total de 339 días completo de producción de energía. Por medio del valor obtenido de potencia factible generar ( $P_g$ ) se aplicará la expresión (II.21), esto es:

$$E_A = 339 \cdot 24 \cdot P_g \text{ (KWh)} = 8136 \cdot P_g \text{ (KWh)}$$

$$E_A = 8136 \times 19,29 \text{ (KWh)}$$

$$E_A = 156943,44 \text{ (KWh)}$$

Por otra parte, en función del abordaje realizado en el marco teórico se sabe que 1 KWh debe ser convertido a unidades del Sistema Internacional de Medidas (**SI**), para esto se multiplicó al valor de  $E_A$  expresado en KWh por 3600 (s/Hs) y se obtuvo el resultado en kilo Joule (**KJ**), es decir que aplicamos la expresión (23):

$$E_A = 29289600 \cdot P_g \text{ (KJ)}$$

$$E_A = 564996384 \text{ (KJ)}$$

- b. A continuación, se determinó la cantidad de calor producida por 1 kg de fuel oíl residual en condiciones de combustión completa, según la ecuación de poder calorífico inferior (**PCI**). Para ello en primer lugar resultó necesario determinar el poder calorífico superior (**PCS**) de un combustible en función de sus componentes químicos, dada por la expresión (II.23), con la composición porcentual en peso de un fuel oíl producido en Argentina tendremos en general las siguientes relaciones peso en peso:

C: 0,855 Kg C/Kg Comb.

H<sub>2</sub>: 0,11 Kg H<sub>2</sub>/Kg Comb.

S: 0,003 Kg S/Kg Comb.

O<sub>2</sub>: 0,015 Kg O<sub>2</sub>/Kg Comb.

N<sub>2</sub>: 0,017 Kg N<sub>2</sub>/Kg Comb.

Aplicando estos valores a la expresión (23) tendremos:

$$PCS \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 8100 \cdot C + 34200 \cdot \left( H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 2230 S$$

$$PCS \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 8100 \times 0,855 + 34200 \times \left( 0,11 - \frac{0,015}{8} \right) + 2230 \times 0,0030$$

$$PCS \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 10053,15 \left( \frac{Kcal}{Kg} \right)$$

se supuso oxidación completa de cada uno de los elementos.

Por otra parte, el poder calorífico inferior (**PCI**) viene dada por la expresión (II.24)

vista en el marco teórico, se consideró una fracción de 1 gramo de agua por

kilogramo de combustible tendremos:

$$PCI \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 10053,15 - 597 \cdot (9 \times 0,11 + 0,01)$$

$$PCI \left( \frac{Kcal}{Kg} \right) = 9456,15 \left( \frac{Kcal}{Kg} \right)$$

Se tomó a este valor como un valor adecuado de PCI de un fuel oil residual utilizado

en ciclos combinados en Argentina al valor de 9455 (Kcal/Kg) es decir:

$$PCI = 9455 \frac{KCal}{Kg}$$

- c. Se referenció al valor la energía producida por la microcentral obtenida en Kilojoule (**KJ**) a Kilocalorías (**Kcal**), para ello, al valor obtenido de la energía anual producida (**E<sub>A</sub>**) se le aplicó la expresión (II.25) es decir:

$$E'_A(Kcal) = 0,2388 \left( \frac{Kcal}{KJ} \right) \cdot E_A(KJ)$$

$$E'_A(Kcal) = 0,2388 \left( \frac{Kcal}{KJ} \right) \cdot 564996384 (KJ)$$

$$E'_A(Kcal) = 134921136,50 (KJ)$$

- d. Se determinó la cantidad (Kg) de combustible (fuel oil) a combustionar para generar la cantidad de energía eléctrica equivalente a la producida por la microcentral hidroeléctrica propuesta. Se consideró que la energía se produciría en una central termoeléctrica de ciclo combinado, para ello supuso un ciclo térmico de una central del tipo ciclo combinado, con un rendimiento térmico cercano al 39 % y un rendimiento del generador del 91% con lo que se obtuvo los kilogramos de combustible ( $Q$ ) necesarios combustionar para producir la energía anual equivalente de la microcentral hidroeléctrica planteada. Se aplicó la expresión (II.26) vista en el marco teórico:

$$Q \text{ (Kg Fuel Oil)} = \frac{E'_A \text{ (Kcal)}}{\eta_t \cdot \eta_g \cdot PCI \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$Q \text{ (Kg Fuel Oil)} = \frac{134921136,50 \text{ (KJ)}}{0,39 \times 0,91 \times 9455 \left(\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$Q \text{ (Kg Fuel Oil)} = 40.208 \text{ Kg}$$

- e. Con el valor obtenido de la cantidad de combustible necesarios para producir la energía eléctrica equivalente, se aplicó la relación obtenida en el marco teórico que expresa que para “**1 Kg de fuel oil combustionado se forman 2 Kg de CO<sub>2</sub> emitidos**” a la atmósfera, aplicamos la expresión (II.28) derivada del marco teórico, se obtuvo los Kg de **CO<sub>2</sub>** que se dejarán de emitir a la atmosfera será:

$$Q_{CO_2} \text{ (Kg CO}_2\text{)} = Q \text{ (Kg Fuel Oil)} \cdot \frac{2 \text{ CO (Kg CO}_2\text{)}}{\text{Kg Fuel Oil}}$$

$$Q_{CO_2} \text{ (Kg CO}_2\text{)} = 40208 \text{ (Kg Fuel Oil)} \cdot \frac{2 \text{ CO (Kg CO}_2\text{)}}{\text{Kg Fuel Oil}}$$

$$Q_{CO_2} \text{ (Kg CO}_2\text{)} = 80416 \text{ Kg CO}_2$$



### **XIII.3. Conclusiones del análisis realizado**

Utilizando la microcentral hidroeléctrica se producirá energía hidráulica renovable que no emite **CO<sub>2</sub>** y que reemplazará la energía equivalente producida por una central térmica, de esta manera se dejarán de emitir 126.365,7 Kg de **CO<sub>2</sub>** anuales que no se dispersarán en la atmosfera, es decir que:

**Para producir una energía anual de: 156943,44 (KWh)**

**La central termoeléctrica emitirá: 126.365,70 Kg CO<sub>2</sub>**

**La microcentral hidroeléctrica emitirá: 0,00 Kg CO<sub>2</sub>**

**Esto indica que la implementación de la microcentral hidroeléctrica en el Azud Paso de los Sauces producirá en un impacto ambiental fuertemente positivo.**





## CAPÍTULO XIV

### VERIFICACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS PRINCIPAL. ACTIVIDAD N° 14

#### XIV. Introducción

A los efectos de determinar la validez o refutación de la **hipótesis principal** planteada, siendo esta:

***“No es bajo el impacto ambiental producido por un micro-emprendimiento hidroeléctrico sobre el Río Huaco destinado a autoabastecer de energía eléctrica al Poblado de Huaco”,***

la hipótesis principal será sometida al proceso de validación o refutación en función de todos los puntos analizados en los capítulos anteriores.

#### XIV.2. Proceso de análisis para la validación-refutación de la hipótesis principal

Para este proceso, se evaluó todos los puntos anteriores analizados, si se verifica que alguno de los siguientes 10 puntos no se cumple, la hipótesis primaria planteada resulta **validada**, en caso de que todos los puntos resultan válidos la hipótesis primaria que se planteó resulta **refutada**.

1. Existe un “*módulo mínimo*” de caudal del Río Huaco.

**Existe** un módulo de caudal mínimo, se determinó y es  $Q_{min} = 0,280 \text{ m}^3/\text{s}$



2. Se dispone de un “*módulo de caudal permanente a turbinar*”.

**Existe** un módulo permanente del caudal a turbinar, es  $Qt = 0,182 \text{ m}^3/\text{s}$

3. Existen posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas.

**Existen** 4 posibles puntos de emplazamientos de Casa de Máquinas, se determinaron sus coordenadas:

- Localización de Casa de Máquinas N° 1

S 29°09'23,83"      O 67°03'03,29"      1223 msnm

- Localización de Casa de Máquinas N° 2

S 29°09'34,86"      O 67°03'02,12"      1226 msnm

- Localización de Casa de Máquinas N° 3

S 29°09'36,20"      O 67°03'01.84"      1226 msnm

- Localización de Casa de Máquinas N° 4

S 29°09'38,18"      O 67°03'00.51"      1223 msnm

4. Se estime el régimen de crecientes anuales del río y el caudal máximo del mismo a los efectos de determinar que las Casas de Máquinas no se inunden permanentemente en las crecientes producidas.

**Existe** y se determinó el régimen de crecientes del Río Huaco y este resultó:

- **Régimen de crecientes anuales del Río Huaco transcurren normalmente entre el 20 de diciembre al 28 de febrero y raramente se extienden por un pequeño período.**

- Ocurren entre **4 a 6 veces en ese período** y tardan unos dos días en descender una vez culminadas las lluvias en su cuenca.
- Toman valores máximos de caudal estimados en  **$Q_{CG} = 182 \text{ m}^3/\text{s}$** .

5. Existan alturas de saltos aceptables en los posibles emplazamientos de Casas de Máquinas.

**Existen** alturas aceptables de saltos hidráulicos disponibles en cada posible emplazamiento de Casas de Máquinas, se determinó:

- **Casa de Máquinas N° 1,  $\Delta H_1 = 6,8 \text{ m}$**
- **Casa de Máquinas N° 2,  $\Delta H_2 = 14,4 \text{ m}$ .**
- **Casa de Máquinas N° 3,  $\Delta H_3 = 15,5 \text{ m}$**
- **Casa de Máquinas N° 4,  $\Delta H_4 = 16,9 \text{ m}$**

6. Se pueda determinar un sitio para emplazar la Casa de Máquinas y determinar la “*altura bruta de salto*”.

**Existe** un sitio aceptable en donde emplazar la Casa de Máquinas, se determinó a este sitio:

**Casa de Máquinas N° 4 con un salto  $\Delta H_4 = 16,9 \text{ m}$**

y de coordenadas S 29°09'38,18" O 67°03'00.51" a 1223 msnm

7. Se determine un valor de potencia teórica disponible.

**Existe** una potencia hidráulica teórica disponible y se encontró su valor, siendo esta:

$$P = 30.142 \text{ W}$$

8. Se halle un valor de “*potencia de generación factible*”.



**Existe** y se halló esta potencia eléctrica factible de generar por la microturbina y generador planteados resultando ser:

$$P_g = 19,29 \text{ KW}$$

9. El “*impacto ambiental*” sea aceptable y positivo.

**Existe** y se determinó que “**resulta ambientalmente factible y amigable con el ambiente la generación de energía eléctrica por medio de la microcentral hidroeléctrica en el Azud Paso de los Sauces del Poblado de Huaco, Provincia de La Rioja.**”

10. Exista “*disminución de emisión de dióxido de carbono*”.

**Existe**, se determinó que, debido al reemplazo de la generación térmica por otra del tipo hidroeléctrica, se **dejará de emitir 126365,7 Kg de CO<sub>2</sub> anuales que no serán dispersados a la atmósfera, esto indica que es un impacto ambiental de carácter positivo.**



### XIV.3. Resultado del proceso

Habiéndose verificado y comprobado los 10 puntos precedentes, resulta:

**“Refutada la validez de la Hipótesis Principal planteada”,**

siendo esta:

***“No es bajo el impacto ambiental producido por un micro-emprendimiento hidroeléctrico sobre el Río Huaco destinado a autoabastecer de energía eléctrica al Poblado homónimo”,***

con lo que resulta que:

***“Es factible producir y autoabastecer de energía eléctrica sustentable al Poblado de Huaco por medio de un micro-emprendimiento hidroeléctrico sobre el Río Huaco teniendo un impacto ambiental favorable y positivo”.***





## CAPÍTULO XV

### SELECCIÓN BÁSICA DEL EQUIPAMIENTO DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA HIDRÁULICA A ELÉCTRICA. ACTIVIDAD N° 15

#### XV.1. Introducción

Con el objeto de determinar y seleccionar el equipamiento a utilizar se procedió de acuerdo a lo indicado en el marco teórico, básicamente los principales equipamientos necesarios para montar la microcentral, a los efectos de determinar su existencia o posibilidad de fabricación, tipos y características técnicas, especificaciones básicas y costo de los mismos.

#### XV.2. Selección de la turbina

Como se mencionó anteriormente, cuando se evaluó las alturas de salto disponible se descartó la utilización de turbinas tipo Pelton (acción) con lo que nos quedó la posibilidad de utilizar turbinas de reacción (tipo Hélice, Kaplan o Francis), dotadas de cámara espiral y tubo difusor para recuperar energía cinética del fluido transformándolo en altura de presión, lo que nos permitirá aprovechar el salto neto prácticamente en su totalidad si logramos reducir la velocidad de salida a valores muy bajos (0,2 a 0,5 m/s).

A los efectos de determinar el tipo de turbina a utilizar se consideró las siguientes cuestiones:

- a. **Velocidad de rotación de la turbina:** en general la turbina irá acoplada directamente al eje del generador, el cual puede ser del tipo síncrono o asíncrono, si se utiliza un generador síncrono resulta relativamente sencillo

adquirir o disponer de un generador síncrono de 25 KVA, de dos o tres pares de polos, el generador deberá rotar a velocidades de 1500 ó 1000 RPM respectivamente, lo que determinará la velocidad de rotación de la turbina a la misma velocidad de rotación del generador si se encuentran acoplados directamente a través de sus ejes. Por otra parte, si se utiliza un motor eléctrico del tipo asíncrono trabajando en modo generador, es decir con deslizamiento negativo (o ligeramente por encima de su velocidad síncrona), esto es aproximadamente a 1575 RPM ó 1050 RPM ó 788 RPM respectivamente, lo que determina la velocidad de rotación de la turbina y permitiría que se acoplaran directamente entre sí (generador y turbina) a través de sus ejes. En cualquiera de los dos casos la velocidad de rotación en RPM vendrá dada por la frecuencia de la red y del número de polos del generador, para nuestra red eléctrica es de 50Hz o ciclos por segundo, la relación entre las RPM, los pares de polos y la frecuencia viene dada por la expresión (29) vista en el marco teórico,

$$f = \frac{z \cdot n}{60}$$

es decir que para  $f = 50$  Hz las velocidades que cumplen la condición anterior para una turbina acoplada directamente a un generador síncrono será:

- $z = 1$ ,  $n = 3.000$  RPM
- $z = 2$ ,  $n = 1.500$  RPM;
- $z = 3$ ,  $n = 1.000$  RPM;
- $z = 4$ ,  $n = 750$  RPM.

Para generadores del tipo asíncrono las velocidades de rotación serán un 5% superiores, es decir que para:



- $z = 1$ ,  $n = 3.150$  RPM;
- $z = 2$ ,  $n = 1.575$  RPM;
- $z = 3$ ,  $n = 1.050$  RPM;
- $z = 4$ ,  $n = 788$  RPM.

b. Se determinó la velocidad específica de la turbina modelo, esto es la velocidad de giro del rodete de la turbina modelo de una serie de turbinas semejantes que con un salto de 1 m es capaz de producir una potencia en el eje de 1 C.V.

El número específico de un conjunto de turbinas viene dado por la expresión (II.30) vistas en el marco teórico:

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{N}}{H_n^{5/4}}$$

donde:

- $n$  son las RPM del generador
- $N$  es la potencia posible de generar en CV
- $H_n$  la altura neta

Para el cálculo inicial de los diferentes números específicos se utilizó los 4 posibles números de  $n$  (*revoluciones por minuto*) encontrados.

La potencia  $N$  disponible en los álabes de la turbina es la potencia hidráulica disponible hallada en la Actividad N° 10, resultó ser:

$$P = 30.142 \text{ W} = 30,14 \text{ KW}$$

Luego se transformó a **CV**, para ello se multiplicó este valor de potencia en **KW** por el factor de conversión 1,3596 (**CV/KW**). con lo que:

$$N = 30,14 \text{ KW} \times 1,3596 \frac{\text{CV}}{\text{KW}}$$

$$N = 40,98 \text{ CV}$$

La altura neta es la que se determinó para el salto neto disponible de la casa de máquinas que se seleccionó, a esta se la determinó en la Actividad N° 9 y resultó ser  $H_n = 16,9 \text{ m}$

Se aplicó la expresión (II.30) con los valores indicados para generadores síncronos y resultó:

- $n_s = 560,5$  para 3000 RPM
- $n_s = 280,3$  para 1500 RPM
- $n_s = 186,8$  para 1000 RPM
- $n_s = 140,13$  para 750 RPM

Aplicando la (II.30) con los valores indicados para generadores síncronos resulta:

- $n_s = 588,6$  para 3150RPM
- $n_s = 294,3$  para 1575 RPM
- $n_s = 196,2$  para 1050 RPM
- $n_s = 147,15$  para 788 RPM

Las turbinas Francis se encuentran comprendidas entre números específicos de  $70 < ns < 600$  y se instalan en saltos medios y de caudales intermedios, según lo que se abordó en el marco teórico, por otra parte, en general giran más lentas que las turbinas Pelton a pesar de tener velocidades específicas más altas.

- c. Por otra parte, se analizó la **Figura 21**, y se observó que para un salto de 17,9 metros y un caudal de  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ , resulta necesario utilizar turbinas del tipo

Francis con una tendencia de transición hacia las Kaplan y/o hélice, es decir que se determinó que la turbina a utilizar es Francis del tipo flujo cruzado.

Por lo que se analizó y en función de las semejanzas de los elementos constitutivos y constructivos que existen entre las turbinas hidráulicas para generación de energía y las bombas radiales de baja presión y alto caudal (flujo cruzado). Con esto se determinó que es posible utilizar una bomba de agua para alturas y caudales similares y modificar el rodete en un taller local. El rodete difiere constructivamente en la curvatura de los álabes debido al flujo inverso con respecto a las bombas. Por otra parte, será necesario construir un tubo difusor a la salida de la turbina y montarlo al costado del río por debajo del nivel aguas abajo del punto de descarga. En la **Figura 65**, se observa a la izquierda una bomba centrífuga de flujo mixto (o cruzado) para caudales elevados y presiones relativamente bajas, de similares características a la que se deberá modificar el rodete, en la misma figura del lado derecho se observan dos bombas del mismo tipo constructivo acopladas cada una a un motor asíncrono trifásico y montadas sobre una base metálica.



**Figura 65:** Imagen de bombas centrífugas de alto caudal. Adaptado de Marzo Bombas centrífugas (S.F.).

Como segunda alternativa de máquina impulsora o turbina resulta factible construir la misma en un taller metalúrgico local, en función del diseño de un especialista en turbinas hidráulicas.

### XV.3. Selección del generador

A los efectos de determinar el tipo de generador a utilizar se procedió de acuerdo a lo indicado en el marco teórico, se analizó los parámetros indicados oportunamente, estos son:

- Potencia a generar, respecto a esto se ha determinado que la potencia eléctrica disponible en bornes del generador sería de  $P_g = 19,29 \text{ KW}$ ; considerando un factor de potencia de 0,8 debido a la componente reactiva de la carga, se supuso que la potencia aparente del generador se verá aumentada por la relación

inversa del factor de potencia, se consideró además un factor de sobrecarga de un 20 %, con esto la potencia del generador se verá incrementada a:

$$P_g = 19,29 \text{ KW} \times \frac{1}{0,8} \left( \frac{\text{KVA}}{\text{KW}} \right) \times 1,20$$

$$P_g = 29,9 \text{ KVA}$$

Se propone utilizar un generador de **30 KVA** de potencia.

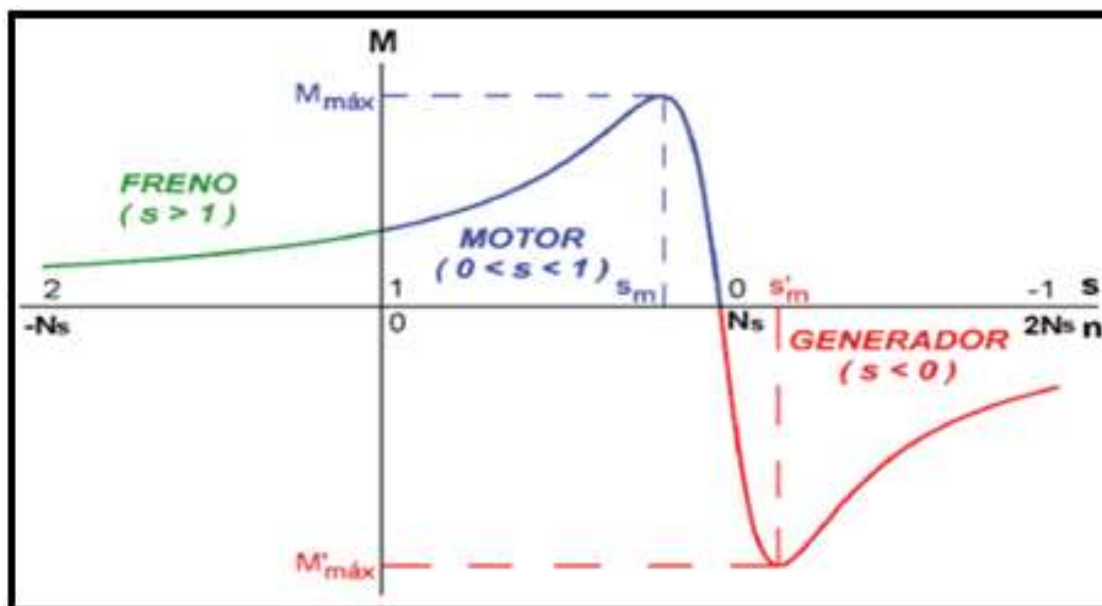
- Tensión de servicio, vinculado a este tema se consideró que es factible generar en media tensión trifásica (13,2KV) o en baja tensión trifásica (380 V). En función de la potencia que resulta posible generar y la simplicidad de las instalaciones que implica generar en baja tensión que además sumado el bajo riesgo eléctrico para los operadores de la microcentral. Por otra parte, ya se cuenta con un transformador reductor / elevador muy cercano al punto de generación desde el cual es factible inyectar la energía producida en baja tensión y elevarlo al potencial eléctrico de la línea de media tensión existente, debido a esto se optó por la alternativa de generar en baja tensión trifásica con neutro (3 x 380 V + Neutro).
- Modo de trabajo como unidad autónoma o acoplada a la red, en cuanto a esto, y a los efectos de brindar estabilidad en frecuencia, se eligió que el generador vaya a trabajar acoplado a la red eléctrica, ya que además en la actualidad existe un alimentador de la distribuidora eléctrica EDELaR al poblado.
- Sistema de excitación y regulación de tensión y frecuencia, en cuanto a esto se debe expresar que los generadores sincrónicos necesariamente están dotados de controles relativamente complejos de regulación de tensión y frecuencia,



además estos controles actúan sobre la corriente de excitación del generador y también accionan el regulador de caudal de la microturbina, estos generadores síncronos requieren contar con operadores debidamente calificados para efectuar la operación, control y maniobras de puesta en paralelo con la red. En contrapartida a los generadores asíncronos que no requieren controles de excitación y regulación de tensión, ya que éstas solamente se acoplan a la red, se autoexcitan y autorregulan tomando energía reactiva del sistema al cual se encuentran interconectados, no requieren ser operados por operadores calificados, como contrapartida presentan la desventaja de que no es factible seleccionar el tipo de estado de carga. Si se considera que existe un alimentador de la distribuidora eléctrica EDELaR que suministra energía al poblado, alimentador al cual se conectará permanentemente el generador, resultó muy interesante contemplar la alternativa de utilizar un motor asíncrono como generador.

- Sistema de acoplamiento a la red, los generadores síncronos requieren un sistema de puesta en marcha, sincronización y acoplamiento a la red, costosos y de compleja operación; a diferencia de los generadores asíncronos que solamente requieren de un simple sistema de arranque, inserción y protección, de fácil manipulación, mantenimiento y reparación por parte de operarios con baja preparación técnica.
- Velocidad de rotación, se razonó que las características constructivas de la turbina (para facilitar su construcción) es necesario diseñar la misma para números específicos más bajos, lo que conlleva trabajar a velocidades más limitadas, esto se logra aumentando el número de polos del generador utilizando

velocidades que se encuentren entre las 750 a 1100 RPM para nuestro caso. En cuanto a esto, nuevamente para máquinas pequeñas y de baja tensión resulta más adecuado utilizar un motor asíncrono de cuatro o tres pares de polos respectivamente. En la **Figura 66** es posible ver la curva de funcionamiento de par ( $M$ ) en función de la velocidad de funcionamiento, se observa que por encima de la velocidad de sincronismo (par nulo), el motor comienza a recibir par en su eje desde la máquina motriz o primaria y de esta manera el motor pasa a generar energía y entregarla a la red. Respecto a esto, en la obra se indica que si un motor de inducción está accionado a una velocidad *mayor* que  $n_{sinc}$  por un motor primario externo, la dirección de su par inducido se invierte y opera como generador (Chapman S., 2005), lo que expresa claramente que un motor de inducción trifásico (o monofásico) puede trabajar en modo generador si la máquina motriz sobrepasa su velocidad de sincronismo.



**Figura 66:** Curva de funcionamiento de la máquina asíncrona trifásica de inducción en modo motor - generador. Adaptado de Troncoso Maureira (2019).



- Requerimiento de reductor o multiplicador de velocidad, en función del punto anterior, se evaluó que en principio esto no sería necesario.
- Facilidad de operación y costo de mantenimiento; se consideró las potencias y tensiones en juego. Dado que se cuenta con una red eléctrica a la cual conectar en paralelo al generador resulta conveniente utilizar un motor asíncrono actuando como generador. IMS Ingeniería (S.F) sostiene que para obtener un generador asíncrono se requiere la puesta en marcha y funcionamiento de un motor trifásico asíncrono (motor de inducción trifásico trabajando en modo generador), se debe conectar un motor normal de jaula de ardilla a una red trifásica acoplado a un motor primario, en nuestro caso una turbina hidráulica. Inicialmente arranca como motor asíncrono arrastrando el motor primario, llegando a la velocidad de régimen se arranca el motor primario (turbina hidráulica), que debe girar en el sentido del motor asíncrono, tan pronto como el motor primario supere la velocidad de sincronismo el motor asíncrono se convierte en generador recibiendo energía mecánica de la turbina hidráulica y convirtiéndola en energía eléctrica que entrega al sistema eléctrico al que está conectado.
- Costo de adquisición, nuevamente resulta conveniente utilizar un motor asíncrono como generador, dado la gran disponibilidad de estos equipos en el mercado y la inexistencia de sistemas de regulación de frecuencia, tensión, sistemas de sincronización y por requerir un sistema simple y sencillo de puesta en paralelo.

En función de los puntos analizados, **se decidió utilizar un motor asincrónico de 30 KW y tres pares de polos como generador**, acoplado directamente al eje de la turbina hidráulica.

En la **Figura 67** se observa una imagen de motor asíncrono trifásicos de 30 KW (40 HP) de 6 polos (3 pares de polos), tensión nominal 380 V y 950 RPM, en modo generador deberá operar a 1050 RPM aproximadamente para utilizarlo como generador asíncrono conectado en paralelo a la red trifásica de distribución de energía.



**Figura 67:** Imagen de motor asíncrono de 30KW (40HP). Adaptado de Mercado Libre (S.F.)

Se indica además que IMS Ingeniería expresa que una gran ventaja del generador asíncrono es su simplicidad, no requieren de un circuito de excitación separada, no necesita que sea accionado continuamente a una velocidad angular fija, es decir que

mientras la velocidad de la máquina sea superior a la de sincronismo funcionará como generador, la potencia de salida será mayor cuanto mayor sea el par de torsión que reciba (siempre que no se supere la corriente nominal del bobinado del motor) y no requieren de una regulación muy elaborada. Como desventaja un generador de inducción no puede controlar su propia tensión de salida. Normalmente este voltaje se mantiene por medio del sistema de potencia externa al que se encuentra conectado y es la que también suministra la fuente de potencia reactiva para generar el campo de excitación. Por su simplicidad y pequeño tamaño por kilovatio de potencia de salida los generadores de inducción se utilizan con bastante frecuencia en aerogeneradores. Muchos de estos aerogeneradores se diseñan para funcionar en paralelo con grandes sistemas de potencia, suministrando una fracción de la potencia que las redes de distribución eléctrica necesitan.

IMS Ingeniería indica además que los generadores de inducción han sido utilizados desde los primeros años del siglo XX pero se dejaron de usar alrededor de los años 1960 y 1970. Sin embargo, han comenzado a reaparecer. El generador de inducción es ideal para utilizar en la generación de energía de pequeñas fuentes mientras puedan funcionar en paralelo con la red, ya que requieren muy poco en cuanto a sistemas de control o mantenimiento. Todo esto llevado al caso en estudio implica acoplar el motor generador asíncrono al eje de la turbina hidráulica.

#### **XV.4. Selección de la tubería forzada**

En cuanto a la selección de este elemento se debió considerar entre utilizar tubería plástica o hierro, los factores a considerar serán:



- Costo, respecto a esto, las cañerías de **PVC** (policloruro de vinilo), las de **PEAD** (polietileno de alta densidad) y **PRFD** (poliéster reforzado con fibra de vidrio), poseen un costo significativamente menor que las cañerías de acero de igual diámetro interior y de los tres materiales plásticos mencionados la de **PVC** resulta ser la más costosa, es decir que desde el punto de vista del costo nos conviene seleccionar tuberías plásticas.
- Presión de trabajo y rango de sobrepresiones, en cuanto a las presiones de trabajo y posibles sobrepresiones por golpes de ariete al producirse el cierre de la válvula de admisión a la turbina, no existe mayor compromiso, ya que la presión de carga máxima no superará los 17 metros de altura de columna de agua, es decir que esto es una presión relativa de  $1,7 \text{ Kg/cm}^2$  (1,67 Bar aproximadamente). En cuanto al golpe de ariete no se prevé que sobrepase a valores superiores al 100% de la presión de trabajo ya que las válvulas a utilizar son de cierre lento, la velocidad del agua no será superior a 2,5 m/s aunque la longitud de la tubería asciende a aproximadamente 500 metros. Las cañerías metálicas no tendrían inconveniente con estas presiones. En cuanto a las cañerías plásticas deberán seleccionarse adecuadamente para valores de presión de trabajo y sobrepresiones que consideren un factor de seguridad de al menos un 200 % por encima de la presión máxima de trabajo, es decir que deberán soportar una presión superior a los  $5,1 \text{ Kg/cm}^2$ . Para esta condición, se puede utilizar cualquiera de las cañerías propuestas.
- Resistencia a las condiciones ambientales, oxidación, degradación por exposición a los rayos ultravioletas, resistencia a golpes, etc., en primer lugar las cañerías de acero sufrirán oxidación como consecuencia de la humedad

ambiente y la salinidad del suelo, por otra parte, la cañería de **PVC** sufre decoloración y degradación superficial por la exposición a los rayos solares ultravioletas, aunque de manera práctica y a pesar de esta decoloración se comprobó en la Secretaría del agua que la cañería de **PVC** de pared gruesa (tipo **K6** y **K10**) resiste adecuadamente los rayos solares por períodos mayores a los 20 años sin degradarse o sufrir rajaduras por debilitamiento, esta experiencia surge de su utilización en gran cantidad de acueductos construidos, al igual que las cañerías de **PEAD** para altas presiones (paredes gruesas) y las cañerías de **PRFD**. En cuanto al resto de las condiciones ambientales adversas no afectarían a estas cañerías plásticas. Por lo expuesto, resulta posible utilizar cualquiera de las cañerías propuestas. Resulta también importante considerar que a los efectos de evitar la oxidación de la cañería metálica debería recubrirse con pintura tipo epoxi, lo que también podría realizarse con las cañerías plásticas a los efectos de evitar la degradación superficial de las cañerías por efecto de los rayos solares ultravioletas.

- Facilidad de montaje y unión de piezas. Respecto de este punto, se consideró que las cañerías de acero requieren equipo pesado para su montaje en los diámetros y longitudes previstas a utilizar, requieren de uniones soldadas u otras que resultan costosas y difíciles de montar necesitando personal calificado y mayor tiempo para su montaje como así también maquinaria pesada para su montaje. En contrapartida, las cañerías plásticas y fundamentalmente las de **PVC**, no requieren equipo pesado para el montaje en los diámetros previstos. Estas cañerías, esencialmente las de **PVC** resultan fáciles de unir por medio de las juntas elásticas y/o accesorios que se fijan mediante pegamentos de bajo



costo y de elevada confiabilidad, además no se requiere contar con personal mayormente calificado.

- Facilidad de anclaje, resulta necesario confeccionar anclajes de hormigón armado para cualquiera de los tipos de cañería a utilizar y en las mismas cantidades. Estos anclajes deberán fijarse a las rocas graníticas existentes en la traza de la cañería forzada de manera adecuada, se propone utilizar insertos metálicos en orificios practicados en la roca y pegados por medio de resistentes pegamentos epoxi existentes en el mercado. Cabe señalar que la cañería metálica puede montarse separada del suelo ya que la misma soportaría la flexión producida por la carga distribuida del agua contenida en su interior, en contrapartida la tubería plástica deberá ir apoyada sobre el suelo o en su defecto deberán construirse apoyos intermedios.
- Peso y facilidad de traslado, al respecto se indica que las cañerías de acero son pesadas, difíciles de transportar y manipular en terrenos irregulares, requieren equipo pesado para su montaje en los diámetros y longitudes previstas utilizar. En contrapartida las cañerías plásticas y sobre todo las de **PVC** son livianas, fáciles de transportar y de efectuar el montaje en terrenos irregulares, además no requieren equipo pesado para instala las mismas en los diámetros previstos utilizar.
- Coeficiente de rugosidad (pérdida de cargas), en este aspecto las cañerías plásticas presentan una ventaja sobre las cañerías metálicas ya que al ser más lisas (menos rugosas) presentan menor pérdida de carga que las cañerías metálicas en igualdad de condiciones de trabajo.

- Accesorios como ser curvas, tanto las cañerías metálicas como las plásticas, sobre todo las de **PVC**, poseen múltiples accesorios disponibles en el mercado, todos los necesarios para realizar el montaje de la tubería prevista para la microcentral planteada.
- Vida útil, es sabido que las cañerías de acero a igualdad de condiciones de trabajo poseen mayor vida útil que las cañerías plásticas, pero para una vida útil prevista de la microcentral de 30 años, las cañerías plásticas cumplen con su cometido de manera más que suficiente.
- Costo, se estimó que el costo de adquisición, traslado, montaje y accesorios de las cañerías plásticas es del orden de 1/3 del costo de las cañerías de acero.

Respecto al diámetro de la tubería a utilizar prevalece la condición de velocidad del agua dentro de la tubería, de valores prácticos, para pendientes del 1% resulta que la velocidad del agua en su interior se encuentra comprendida entre 2 a 2,5 m/s y que a los efectos de reducir las pérdidas de carga resulta conveniente no superar los 3 m/s. Para ello se consideró que el caudal **Q** de un fluido dentro de una cañería viene dado por:

$$Q = v \cdot A \quad (\text{XI.1})$$

y el área **A** para una cañería circular de diámetro **D** viene dada por la siguiente expresión:

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (\text{XV.2})$$

reemplazando (XV.II) en (XI.1) se obtuvo:

$$Q = v \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (\text{XV.3})$$

despejando el diámetro requerido de la tubería para valores del caudal a transportar de 0,185 m<sup>3</sup>/s y a una velocidad máxima de 2,5 m/s se determinó que:

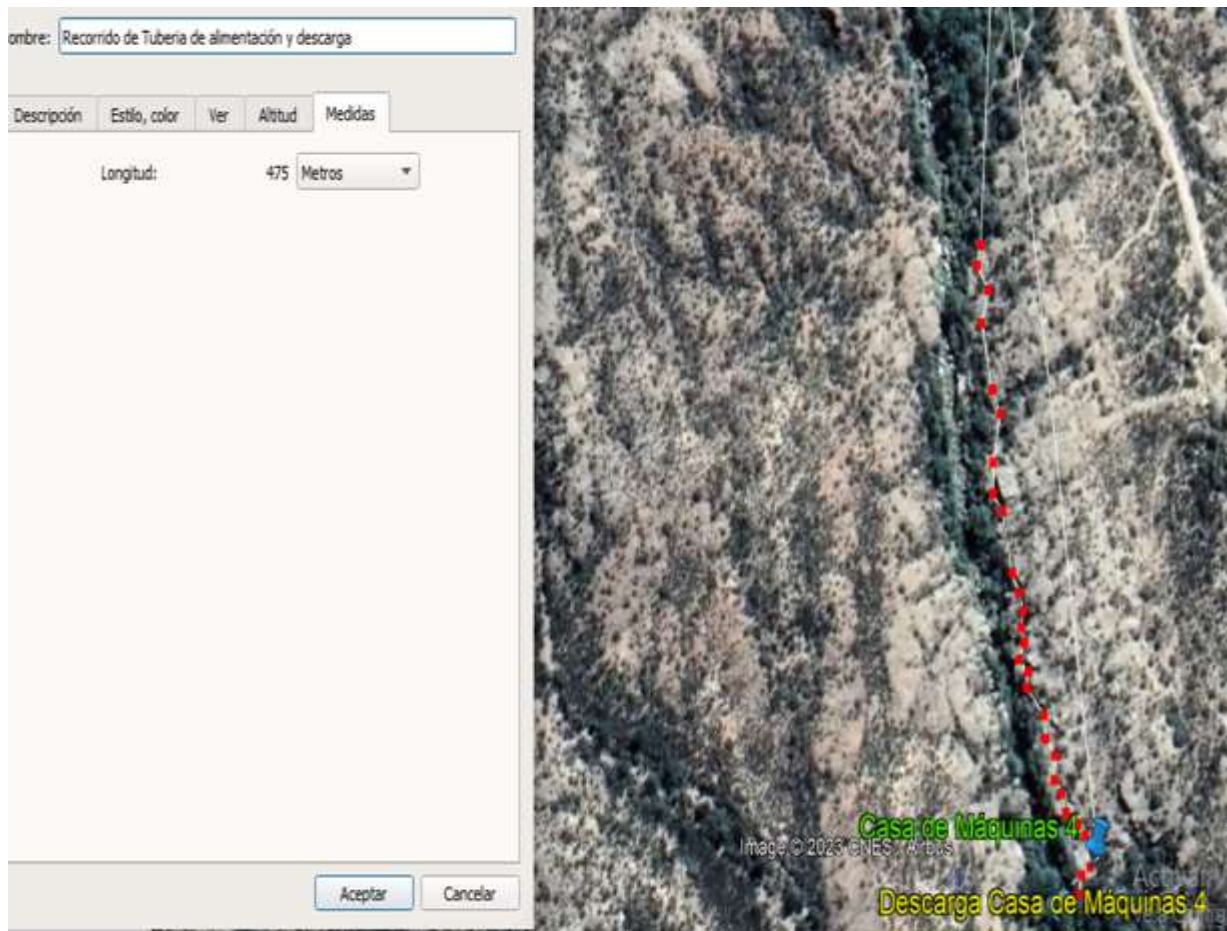
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad (\text{XV.4})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,182 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\pi \cdot 2,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$D = 0,304 \text{ m} = 304 \text{ mm}$$

Se calculó una tubería de 304 mm de diámetro.

En cuanto a la longitud total de la tubería, dado que a los efectos de facilitar el montaje de la tubería, se decide conducirla a un lado del antiguo canal de riego y en algunos lugares sobre el mismo, resulta necesario determinar la longitud total del recorrido de la cañería, para ello se utilizó el Google Earth Pro, se marcan los puntos del recorrido del canal y se determina la longitud total del recorrido y sus respectivas curvas de desvío, esto se visualiza en la **Figura 68**, resultando el mismo un total de 475 m. Por otra parte, se estipuló que existen 28 curvas horizontales comprendidas estas entre 15° a 45° y que además en campo se comprobó que se requieren tres curvas verticales comprendidas entre 30 y 45°. Se determinó un total de 31 accesorios del tipo curvas. Considerando que las tuberías normalmente se suministran en tramos rectos de 6 metros de longitud se requerirán 79,2 tuberías de 6 metros, es decir 80 caños.



**Figura 68:** Recorrido de la tubería forzada. Adaptado de Google Earth Pro (2023).

Por todas las razones expuestas se elige utilizar cañerías de PVC, prevaleciendo en su selección las razones de costo, facilidad de traslado y montaje, se adoptó el diámetro de tubería al valor comercial inmediato superior de **310 mm** es decir:

Se requieren **80 caños de PVC tipo K6 (presión máxima de trabajo 6 kg/cm<sup>2</sup>) de 310 mm de diámetro y 31 accesorios tipo curvas de entre 30 a 45°**. En la **Figura 69** se observa una imagen del tipo de tubería seleccionada.



**Figura 69:** Tubería de PVC diámetro 315 mm Clase 6. Junta deslizante, para conducción de agua potable. Adaptado de SB Argentina (S.F.)

### XV.5. Selección de la válvula de ingreso de agua a la turbina

Resulta necesario contar con una válvula de cierre a la entrada de la turbina en caso de que sea necesario realizar el paro de la turbina por medio del corte de suministro de agua al rodete, se deberá realizar un cierre lento, lo que determinó que esta válvula debe cumplir con esta condición además de poder interrumpir totalmente el caudal de agua de entrada. De igual manera a la salida de la toma de captación de agua, previo al ingreso del agua a la tubería forzada resulta conveniente incorporar una válvula de similares características con el objeto de contar con un elemento de cierre para realizar mantenimientos y reparaciones en la tubería forzada. Se seleccionaron dos válvulas similares de las siguientes características:

- Válvula de compuerta “Euro 20” de bridas deslizantes para cañería de **PVC** de diámetro 300 - 315 mm.

- Cuerpo de acero dúctil con revestimiento epoxi.
- Cierre izquierdo antihorario con caperuza.

En la **Figura 70** se observa una imagen de las válvulas de cierre propuestas.



**Figura 70:** *Válvulas PVC Gate 300 – 315.* Adaptado de Sanitarios Plásticos S.R.L. (S.F.)

#### XV.6. Anclajes de la tubería forzada

Dado que la tubería es de longitud elevada y que existen esfuerzos estáticos (peso propio y del agua en su interior), tipo dinámicos (golpe de ariete, esfuerzos del fluido sobre los cambios de dirección) y otros producidos por factores externos (drenaje de agua en lluvias, sismos), resulta necesario realizar anclajes de la tubería en diferentes puntos. Se prevé realizar anclajes en el final de cada caño (en cada unión) mediante omegas de hormigón armado, además los hierros nervurados de los anclajes deberán anclarse a orificios practicados en las rocas graníticas (profundidad mínima 40 cm y diámetro de 1,5 veces el diámetro del hierro nervurado utilizado) y pegarlos mediante

resinas epóxicas industriales de alta resistencia (tipo Aralditte) previos al hormigonado.

Se prevé utilizar 60 anclajes que requerirán un total de:

- 22 barras de hierro nervurado de diámetro 12 mm,
- 55 barras de hierro nervurado de diámetro 10 mm,
- 100 barra de hierro nervurado de diámetro 6 mm,
- 16 Kg pegamento industrial a base de resina epóxica,
- 10 m<sup>3</sup> de arena,
- 6 m<sup>3</sup> de ripio,
- 110 bolsas de cemento para albañilería de 50 Kg.

El hormigón para los anclajes requiere ser elaborado en el sitio de montaje, ya que no es factible acceder al lugar con un camión hormigonero.

#### **XV.7. Red de interconexión de baja tensión entre generador y transformador de red**

Respecto a este punto, la red de interconexión propuesta es una red trifásica de baja tensión construida en cable preensamblado de aluminio de sección nominal de 35 mm<sup>2</sup> por fase y neutro portante de acero de 50 mm<sup>2</sup> de sección, suspendida en postes de madera y de acuerdo a la reglamentación vigente adoptada por la distribuidora de energía local, el mismo fue presupuestado y detallado por la Dirección General de Obras de Infraestructura Energética dependiente de la Secretaría de Energía del Ministerio de Agua y Energía de la Provincia de La Rioja (ver **ANEXO V**).





## CAPÍTULO XVI

### ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO Y RECUPERO DE LA INVERSIÓN. ACTIVIDAD N° 16

#### XVI.1. Introducción

A los efectos de determinar el presupuesto estimado para construir la microcentral hidroeléctrica se procedió a determinar los costos de cada uno de los equipamientos vistos en la actividad anterior. Se agregó a éstos la estimación del montaje y puesta en funcionamiento, para esto se efectuó el ajuste alzado en cada una de las actividades y se agregó un porcentaje adicional destinado a gastos por insumos, traslado de personal e imprevistos. Se consideró además que la obra sería dirigida y ejecutada por administración propia del Ministerio de Agua y Energía, ahorrando de esta manera las ganancias de una compañía privada que se contrataría, con esto se estimó que es factible disminuir en un 30 % en el costo de implementación.

Respecto al desarrollo del presupuesto, dada la crisis económica e inestabilidad cambiaria en los meses de abril y mayo del año 2023 no fue posible obtener cotizaciones oficiales de los proveedores locales, quienes en la mayoría de los casos se negaron a brindar cotizaciones formales e informales de los materiales y equipos necesarios para llevar adelante la ejecución de los mismos, por esta razón la mayoría de las cotizaciones que se obtuvieron fueron de páginas virtuales como mercado libre y proveedores on line.

## XVI.2. Estimación de los costos

A continuación, se procedió a realizar el presupuesto en base al **ANEXO IV** del presente trabajo, que corresponden a las cotizaciones obtenidas los días 28; 29 y 30 de abril del año 2023.

### XVI.2.1. Costo de la turbina impulsora

Alternativa 1:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| • Costo estimado de bomba de alto caudal para 40 HP      | \$ 1.541.500.-        |
| • Construcción de rodete modificado en metalúrgica local | \$ 629.200.-          |
| <b>Costo total de la turbina para alternativa 1</b>      | <b>\$ 2.170.700.-</b> |

Alternativa 2:

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| • Construcción de turbina hidráulica según especificaciones | \$ 4.114.000.-        |
| • Proyecto, diseño y especificaciones técnicas              | \$ 800.000.-          |
| <b>Costo total de la turbina para alternativa 2</b>         | <b>\$ 4.914.000.-</b> |

Dada la incertidumbre en el costo real de la bomba para la alternativa 1, tomaremos el costo determinado por la alternativa 2, es decir que:

<b>Costo de fabricación de la turbina hidráulica</b>	<b>\$ 4.914.000.-</b>
--	-----------------------

### XVI.2.2. Costo del generador

<b>Costo de motor asíncrono trifásico 30 KW, 6 polos</b>	<b>\$ 1.449.304.-</b>
--	-----------------------



### XVI.2.3. Costo de la tubería forzada

- 80 caños de PVC tipo K6 diámetro 310 mm \$11.583.518.-
- 31 accesorios varios PVC tipo K6 diámetro 310 mm \$ 1.496.205.-
- Fletes, descarga y traslado al punto de montaje \$ 650.000.-
- Mano de obra y montaje \$ 850.000.-

**Costo de la tubería forzada \$14.532.822.-**

### XVI.2.4. Costo de las válvulas de ingreso de agua a la turbina y salida de azud

- 2 Válvulas de compuerta cañería de PVC 300-315 mm. \$ 1.042.728.-

**Costo de válvulas \$ 1.042.728.-**

### XVI.2.5. Costo de los anclajes de la tubería forzada

- 22 barras de hierro nervurado de diámetro 12 mm \$ 136.200.-
- 55 barras de hierro nervurado de diámetro 10 mm \$ 236.500.-
- 100 barra de hierro nervurado de diámetro 6 mm \$ 170.500.-
- 16 Kg pegamento industrial a base de resina epóxica \$ 752.000.-
- 10 m<sup>3</sup> de arena \$ 60.000.-
- 6 m<sup>3</sup> de ripio \$ 40.000.-
- 110 bolsas de cemento para albañilería de 50 Kg. \$ 264.000.-
- Fletes, descarga y traslado al punto de montaje \$ 50.000.-
- Mano de obra y montaje \$ 1.500.000.-

**Costo de anclajes la tubería forzada \$ 3.209.200.-**

### XVI.2.6. Costo de la red de interconexión de baja tensión entre generador y transformador de red

Costo total según ANEXO V del presente trabajo \$ 1.690.540.-

### XVI.2.7. Costo de alquiler de máquinas y equipos de montaje

Estimado de 80 Hs. de máquinas \$ 800.000.-

### XVI.3. Costo total de implementación

De acuerdo a lo establecido en el Capítulo II denominado Descripción del marco teórico y desarrollo del trabajo de investigación, Apartado II.11.12 denominado Estimación de “presupuestos y recupero de la inversión”, el costo de implementación de la microcentral hidroeléctrica viene dado por la expresión (II.31),

$$C_{im} (\$) = \sum_0^n C_i$$

es decir, la sumatoria de todos los costos individuales “ $C_i$ ”, se efectuó la sumatoria y se determinó que el costo de implementación asciende a la suma de **\$ 29.808.594.** También resultó necesario considerar un porcentaje adicional destinado a insumos, traslados de personal e imprevistos que normalmente asciende a un 8% del monto determinado, con lo que se estableció un “**Costo total de implementación**” que **asciende a la suma de:**

$$C_{im} = \$ 32.193.282$$

Si consideramos la cotización oficial del Dólar estadounidense en el Banco de La Nación Argentina al cierre del 02 de mayo del 2023, tasado en \$230,50 por U\$S1; el “**Costo total de implementación**” será:

$$C_{im} = U\$S 139.667$$

#### XVI.4. Ingreso monetario anual previsto

De la expresión (II.21) y la potencia factible de generar se obtuvo la energía (KWh) que produciría anualmente la microcentral ( $E_A$ ), esto es:

$$E_A = 156.943,44 \text{ (KWh)}$$

Se multiplicó a este valor por el precio de venta de la energía eléctrica  $C$  (\$/KWh), que se determinó que actualmente es de \$/KWh 16,1733 (valor promedio de los dos valores mínimos de la tarifa binómica), se consideró que la comercialización de la energía la realizaría la distribuidora estatal de energía, con esto y a partir de la expresión (II.42) se determinó el ingreso **monetario anual presunto** ( $I_{map}$ ), esto es:

$$I_{map}(\$) = E_A \text{ (KWh)} \cdot C \left( \frac{\$}{\text{KWh}} \right)$$

$$I_{map}(\$) = 156943,44 \text{ (KWh)} \cdot 16,1733 \left( \frac{\$}{\text{KWh}} \right)$$

$$I_{map}(\$) = \$ 2.538.293,33$$

Expresados en Dólares estadounidenses será:

$$I_{map}(\$) = U\$S 11.012$$

#### XVI.5. Egreso monetario anual previsto

El egreso monetario anual presunto ( $E_{map}$ ) viene dado por el salario anual promedio ( $S_{ap}$ ) de dos operadores de la microcentral y los posibles gastos de mantenimiento, el salario estará dado por el sueldo anualizado de un operario calificado del área mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua, que en la

actualidad asciende a un salario bruto mensual de aproximadamente \$130.000; es decir que considerando estos valores anualizados para dos operarios asciende a la suma anual de \$3.380.000. Por otra parte, si estimamos los gastos de mantenimiento anuales ( $G_{ma}$ ) en un valor estimado de \$ 250.000; dada la simplicidad y confiabilidad del equipamiento se consideró que estos gastos son mínimos, aplicando la expresión (II.33) se determinó el egreso monetario anual presunto en un valor de:

$$E_{map}(\$) = S_{ap}(\$) + G_{ma}(\$)$$

$$E_{map}(\$) = 3380000(\$) + 250000(\$)$$

$$E_{map}(\$) = \$ 3.630.000$$

Expresado en Dólares estadounidenses será:

$$E_{map}(\$) = U\$S 15.630$$

#### XVI.6. Ingreso neto anual

El ingreso neto anual ( $I_{na}$ ) vendrá dado por la expresión (II.34), es decir:

$$I_{na}(\$) = I_{map}(\$) - E_{map}(\$)$$

$$I_{na}(\$) = \$ 2.538.293,33 - \$ 3.630.000$$

$$I_{na}(\$) = - \$ 1.091.706,67$$

Expresándolo en Dólares estadounidenses será:

$$I_{na}(\$) = - U\$S 4.736$$

es decir que se tendrá una pérdida anual de U\$S4736.- (Dólares estadounidenses).





## XVI.7. Tiempo de recupero de la inversión

Al existir un ingreso neto negativo no se pudo determinar el tiempo de recupero de la inversión dada por la expresión (II.35), lo que significa que,

**Al momento en que se realizó el presente trabajo “No es factible recuperar la inversión”.**



## CAPÍTULO XVII

### VERIFICACIÓN O REFUTACIÓN DE LA HIPÓTESIS SECUNDARIA. ACTIVIDAD N° 17

#### XVII.1. Introducción

A los efectos de determinar la validez o refutación de la **hipótesis secundaria** planteada, siendo esta:

***“No es posible autoabastecer de energía eléctrica sustentable a la Localidad de Huaco aprovechando el potencial hídrico del Río Huaco”,***

Se procedió a verificar el cumplimiento de las condiciones planteadas en el marco teórico, la hipótesis secundaria será sometida al proceso de validación o refutación en función de todos los puntos analizados en los capítulos anteriores. Para el caso de que todas las condiciones se cumplieron la hipótesis secundaria resultará refutada. Por el contrario, si una o más condiciones no se cumplieron la hipótesis secundaria resultará validada.

#### XVII.2. Proceso de análisis para la validación-refutación de la hipótesis secundaria

Para este proceso, se evaluó todos los puntos anteriores analizados, si se verifica que alguno de los siguientes 6 puntos no se cumple, la hipótesis secundaria planteada resultará **validada**, en caso de que todos los puntos resultan válidos la hipótesis

primaria que se planteó resultará **refutada**. Procederemos a verificar las condiciones planteadas en el marco teórico:

**11.** Exista o sea factible construir un equipo de turbinado y generación de energía hidroeléctrica.

**Resulta factible.** Existe una alternativa que se adoptó, además de otras posibles.

**12.** Sea factible estimar un presupuesto y recuperar la inversión en un período razonable (15 a 25 años).

**No es factible recuperar la Inversión,** a pesar de que resultó factible obtener una estimación de presupuesto.

**13.** La microcentral deberá abastecer al menos el 70% de la potencia de pico requerida por el Poblado de Huaco, considerándose que el faltante será entregado por la red en este horario.

**No es factible** abastecer el 70% de la potencia de pico, se determinó que apenas se puede abastecer el 32% de la potencia de pico con la central que se planteó.

**14.** La microcentral deberá abastecer el 100% de la potencia de resto requerida por el Poblado de Huaco, considerándose que el excedente (si lo hubiera) será destinado a entregar al sistema eléctrico o red eléctrica a modo de compensación de la energía tomada del sistema en el horario de punta (30% faltante en las 6 horas de pico).

**No es factible** abastecer el 100% de la potencia de resto requerida por el Poblado de Huaco, ya que la misma asciende al 55% de la potencia máxima



requerida, es decir 33,5 KW, mientras que la microcentral solamente produciría 19,2 KW.

15. La microcentral deberá abastecer el 100% de la potencia de valle requerida por el Poblado de Huaco, considerándose que el excedente será destinado a entregar al sistema eléctrico o red eléctrica a modo de compensación de la energía tomada del sistema en el horario de punta (30% faltante en las 6 horas de pico).

**Es factible** abastecer el 100% de la energía de valle requerida por el Poblado de Huaco, ya que la misma asciende al 30% de la potencia requerida, es decir 18,3 KW, y la central produciría 19,2 KW.

16. La energía producida anualmente por la central " $E_A$ " dada por la expresión (21), deberá ser similar o mayor que la energía anual requerida " $E_{An. Req.}$ " por la expresión (50).

**No es factible**, ya que se determinó que produciría solamente 156.943 KWh anuales y el valor que se determinó como energía anual requerida por el Poblado de Huaco es 274.527, 45 KWh anuales, es decir que solamente produciría el 57,2% de la energía anual requerida.



### **XVII.3. Resultado del proceso**

Habiéndose verificado y comprobado los 6 puntos precedentes, resulta:

**“Validada la hipótesis secundaria planteada”**

siendo esta:

***“No es posible autoabastecer de energía eléctrica sustentable a la Localidad de Huaco aprovechando el potencial hídrico del Río Huaco”.***

## CAPÍTULO XVIII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### XVIII.1. Conclusiones

Luego de someter a juicio las hipótesis planteadas, además de los estudios y análisis realizados en el presente trabajo, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Resulta factible aprovechar el potencial hidráulico del Río Huaco destinado a producir energía y abastecer de energía eléctrica al poblado homónimo con un impacto ambiental mínimo, aunque con la central que se planteó no sea posible lograr el autoabastecimiento total de energía.
- Se determinó el impacto ambiental sobre el Río de Huaco y su entorno medioambiental en la zona de emplazamiento de la microcentral hidroeléctrica, resultó favorable.
- Se pudo determinar el caudal mínimo del Río Huaco y se estimó sus valores de caudal a lo largo del año.
- Se determinó el régimen de crecientes anuales del Río Huaco y estimar su caudal máximo en las crecientes producidas.
- El proyecto de la microcentral, tal como fue planteado no es viable desde el punto de vista económico y de recupero de inversión, en gran medida por el cuadro tarifario de la energía eléctrica que actualmente se encuentra desactualizado y desfasado con respecto a los valores internacionales.





## XVIII.2. Recomendaciones

Resulta recomendable efectuar una nueva investigación en donde se proceda a evaluar el caudal del Río Huaco durante los primeros 6 a 8 meses del año para determinar un módulo mínimo de caudal correspondiente a esas fechas, de esta manera determinar si resulta factible turbinar mayor caudal de agua en la primera mitad del año para generar mayor potencia y energía. Luego, en los meses restantes disminuir la potencia generada ajustándose al caudal factible de turbinar determinado en el presente trabajo.

Por otra parte, será importante evaluar el impacto ambiental que produciría aumentar la extensión de la cañería a una longitud superior a la planteada a 700 u 800 metros aguas abajo de la salida del azud, esto con el objeto de incrementar la altura de salto disponible. Resultando también la posibilidad de combinar alternativa con la propuesta anterior, estas acciones **incrementarían la potencia generada y la energía anual producida** llevándola a valores que puedan resultar rentables. Lo planteado, **abre un nuevo campo de investigación en el futuro próximo.**

## BIBLIOGRAFIA

Aegerter, Claudio., 2023. MICROCENTRALES HIDROELÉCTRICAS; Una alternativa limpia y amigable con el ambiente, posibilidad de aplicación en La Provincia de La Rioja. Libro digital. 1° Edición Revisada. Ediciones Suyay. Ciudad de Todos los Santos de La Nueva Rioja. Argentina. ISBN 978-987-82832-0-3.

Asociación Electrotécnica Argentina., 2006. Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles AEA 90367. Buenos Aires. Argentina. ISBN-10: 950-659-016-8 ISBN-13: 978-950-659-016-1.

Bottai, Héctor., 2022. Chuña patas negras, Nono, Córdoba, Argentina.

[https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Chunga\\_burmeisteri\\_Blacklegged\\_Seriema%3B\\_Nono,\\_C%C3%B3rdoba,\\_Argentina.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Chunga_burmeisteri_Blacklegged_Seriema%3B_Nono,_C%C3%B3rdoba,_Argentina.jpg)

Bothrops alternatus., 2024. La crucera o víbora de la cruz.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Bothrops\\_alternatus](https://es.wikipedia.org/wiki/Bothrops_alternatus)

Burkat R., Bárbaro N., Sánchez R., Gómez D., S.F. Presidencia de la Nación. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Eco-Regiones de La Argentina. Bs. As. Argentina.

[https://sib.gob.ar/archivos/Eco\\_regiones\\_de\\_la\\_Argentina\\_1999.pdf](https://sib.gob.ar/archivos/Eco_regiones_de_la_Argentina_1999.pdf)

Carlevari I., Carlevari R., 2007. La Argentina Geografía económica y humana. Decimocuarta edición. Editorial Alfaomega Grupo Editor Argentino. Bs. As. Argentina. Impreso en Bolivia. ISBN 978-987-23113-1-5.

Canale, D. O., 2013. Proyecto de Puesta en Valor de los Caminos y Senderos del Departamento Sanagasta.

<http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2013/01/49908.pdf>

Ceballos, Maximiliano., S.F. Mimosynganthus carinatus. Lata.

<https://sib.gob.ar/especies/mimosynganthus-carinatus>



- Chapman S. J., 2005. Máquinas Eléctricas. Mc Graw Hill. Tercera edición. Interamericana Editores S.A. México. ISBN 978-970-10-4941-1.
- Conesa Fernandez Vitora, V., 1993. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Segunda Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. ISBN 978-84-8476-384-0.  
<http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/1613/Asignaturas/1818/Archivo1.5036.pdf>
- Dellavedova M. G., 2010. Universidad Nacional de La Plata. Guía metodológica para la elaboración de una Evaluación de Impacto Ambiental. Primera Edición. Buenos Aires. Argentina.  
<https://blogs.ead.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-N%C2%BA-17-Gu%C3%ADa-metodol%C3%B3gica-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-una-EIA.pdf>
- García, L., S. F. Capítulo 3. Metodología de evaluación de Impacto Ambiental.  
<http://www.ingenieroambiental.com/4012/04LagI04de09.pdf>
- Escobar, P., 2018. Profesional misionero es protagonista de la reactivación de una mini central hidroeléctrica en la ciudad asiática de Bután. Misiones Online.  
<https://misionesonline.net/2018/05/06/profesional-misionero-es-protagonista-de-la-reactivacion-de-una-mini-central-hidroelectrica-en-la-ciudad-asiatica-de-bhutan/>
- Estrada Gutiérrez, G., S. F. Laboratorio de Hidráulica de Canales.  
[https://www.academia.edu/26033645/Laboratorio\\_de\\_Hidr%C3%A1ulica\\_de\\_Canales](https://www.academia.edu/26033645/Laboratorio_de_Hidr%C3%A1ulica_de_Canales)
- FaCET., UNT. S.F. Curvas de Carga o de Demanda. Centrales Eléctricas.  
<https://catedras.facet.unt.edu.ar/centraleselectricas/wpcontent/uploads/sites/19/2014/10/Curvas-de-Carga-y-Generaci%C3%B3n.pdf>
- Fernández, Jorge F., S.F. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Máquinas Térmicas, Combustión Industrial. Mendoza. Argentina.
- Fernández, Jorge F., S.F. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería. Máquinas Térmicas. Poder Calorífico. Mendoza. Argentina.



Fernández Díez, P., S. F. Universidad de Cantabria. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad De Cantabria. Turbinas Hidráulicas.

[https://www.academia.edu/11445288/DEPARTAMENTO\\_DE\\_INGENIERIA\\_ELECTRICA\\_Y\\_ENERGETICA\\_TURBINAS\\_HIDR%C3%81ULICAS](https://www.academia.edu/11445288/DEPARTAMENTO_DE_INGENIERIA_ELECTRICA_Y_ENERGETICA_TURBINAS_HIDR%C3%81ULICAS)

Fiantino, A.; Piñero, I.; Zuliani, M.; Merino, F.; Amantea, C.; Estanga, L.; Baigorria, F.; Rimedio, D.; (2019). Universidad Nacional de La Plata. Dirección de Seguridad, Higiene y Desarrollo Sustentable de la Secretaría de Planeamiento, Obras y Servicios. Cálculo de la Huella de Carbono Institucional.

<https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2022/10/La-huella-Institucional-de-carbono-de-la-UNLP-2019.pdf>

Frontera, H.; Rubial, C.; Bustos, C.; Nobile, R.; Chalimond, L.; Villa Uría, A.; Soriano, S.; Bona Vía, P.; Gerbant, E.; Baun, E.; Metzadour Hernando, V.; Barberis, M.; Nieto, H.; 1998. Evaluación del Recurso Hídrico Superficial y Subterráneo en Huaco y Sanagasta.

<https://www.cohife.org/advf/LARIOJA/10.pdf>

Geoffroea decorticans. 2024. El Chañar.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Geoffroea\\_decorticans#:~:text=El%20cha%C3%B1ar%20tambi%C3%A9n%20llamado%20sofaique,y%20como%20carb%C3%B3n%20y%20le%C3%B1a.](https://es.wikipedia.org/wiki/Geoffroea_decorticans#:~:text=El%20cha%C3%B1ar%20tambi%C3%A9n%20llamado%20sofaique,y%20como%20carb%C3%B3n%20y%20le%C3%B1a.)

González M., González Díaz E., Elizondo M., Juárez P., Coppolecchia M., Costa C., Cisneros H., Hunicken C., 2008. Peligrosidad Sísmica en la Sierra del Velasco Provincia de La Rioja. SERIE CONTRIBUCIONES TÉCNICAS. Peligrosidad Geológica. Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Buenos Aires. Argentina. ISSN 03289052.

<https://repositorio.segemar.gov.ar/handle/308849217/34?locale-attribute=en>

Grosse P., Sardi F., 2004. Geología de los Granitos Huaco y Sanagasta. Sector Centro Oriental de la Sierra del Velasco, La Rioja. INSUGEO. Serie Correlación Geológica. ACEÑOLAZA F.G. et al. (Eds.). Tucumán. Argentina.

ISBN 1514- ISSN On-Line 1666-9479.

<https://www.insugeo.org.ar/scg/ver-articulo.php?id=120>



- Henry J., Heinke G., 1999. Ingeniería Ambiental. 2° Edición. Ingeniería Ambiental. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A. Naucalpan de Juárez. México. ISBN 970-17-0266-2.
- IMSE Ingeniería de Máquinas y Sistemas Eléctricos., 2018. El generador asíncrono. 2° Edición.  
<http://imseingenieria.blogspot.com/2018/06/el-generador-asincrono.html>
- Infante, P., Salomón, M., Guisasola, L., Rodriguez, S., Delgado, J., 2018. Universidad Nacional de Cuyo. Caudales Ecológicos del Río Grande. I Jornada de Divulgación de la Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cuyo.  
[https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/11289/infante.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11289/infante.pdf)
- Kurtz, V., Osterwalder G., Mendoza H., S. F. Idea de “Smart Grid” con microturbinas hidroeléctricas en Misiones.  
<https://jidetev.fio.unam.edu.ar/index.php/JIDeTEV/JIDeTEV15/paper/viewFile/209/99>
- Marbello Pérez, R., S.F. Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica. Vertederos y Calibración de Vertederos de Medida.  
[https://www.academia.edu/9681592/MANUAL\\_DE\\_PR%C3%81CTICAS\\_DE\\_LABORATORIO\\_DE\\_HIDR%C3%81ULICA](https://www.academia.edu/9681592/MANUAL_DE_PR%C3%81CTICAS_DE_LABORATORIO_DE_HIDR%C3%81ULICA)
- MARZO Pumps S.A., S.F. Bombas centrífugas normalizadas MARZO.  
<https://marzopumps.com.ar/bombas-centrifugas-para-servicios-exigentes/con-agua/1ba/>
- Mataix, Claudio, 1982. Mecánica de los Fluidos y Máquinas Hidráulicas. 2° Edición. Ediciones del Castillo S.A. Madrid. España. Impreso en España. ISBN 84-219-0175-3.
- Medios el independiente, 2018. Destacan en la UNdeC la Flor del Cardón en La Rioja.  
<https://www.elindependiente.com.ar/pagina.php?id=192059>



Mesny, Marcelo., 1976. Generación del Vapor. 1° Edición. Ediciones Marymar.  
Buenos Aires. Argentina.

Miguel, R. E., 2017. Estudio de Impacto Ambiental – Aportes y Experiencias para la  
Formación de Profesionales en La Provincia de La Rioja. La Rioja. Argentina.  
ISBN: en trámite.

Ministerio de Energía y Minería. Presidencia de la Nación., S. F. ENTENDIENDO LA  
FACTURA ELÉCTRICA.

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/como\\_leer\\_la\\_factura\\_electrica\\_-\\_ssayee.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/como_leer_la_factura_electrica_-_ssayee.pdf)

Molanes, C. A., 2009. Compendio de Vapor y Máquinas Térmicas. Primera edición.  
Editorial NUEVA LIBRERÍA. Buenos Aires. Argentina.  
ISBN 678-987-05-7277-0.

Motor Eléctrico Trifásico 40 HP 3000 RPM Tamaño 2001.

[https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1338922592-motor-electrico-trifasico-40hp-3000rpm-tamano-2001-JM#position=4&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=1ab3b2e0-a6f2-483c-becb-9a25674517d7](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1338922592-motor-electrico-trifasico-40hp-3000rpm-tamano-2001-JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=1ab3b2e0-a6f2-483c-becb-9a25674517d7)

Schenzer, D., Chreties, C., Pienika, R., Rovira L., Cataldo, J., Crisci, M., De Vera, A.,  
Pais, P., Rezzano, N., Terra, R., Teixeira, L., 2013. AGENCIA NACIONAL  
DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN FONDO SECTORIAL DE ENERGÍA.  
Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Republica (IMIFIA).  
Uruguay. Generación Hidroeléctrica en pequeña escala.

[https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/generacion\\_hidroelectrica\\_en\\_pequena\\_escala.pdf](https://www.miem.gub.uy/sites/default/files/generacion_hidroelectrica_en_pequena_escala.pdf)

Secretaría de Energía., 2008. Energías Renovables 2008 – Pequeños  
Aprovechamientos Hidroeléctricos. PAH Pequeños Aprovechamientos  
Hidroeléctricos.

[https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro\\_energia\\_hidrica.pdf](https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_hidrica.pdf)



Sobrevila M., Zanero Fidalgo C., 2008. (3° Edición). Máquinas Eléctricas Nivel Inicial. Tercera Edición. Librería y Editorial Alsina. Buenos Aires. Argentina. ISBN 978-950-553-073-1.

Teledromas fuscus. El Gallito de arena., 2023.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Teledromas\\_fuscus](https://es.wikipedia.org/wiki/Teledromas_fuscus)

Troncoso Maureira, Héctor I., (2019). Estudio del Generador de Inducción Autoexcitado y su Control para Producir Corriente Continua Regulada. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Ingeniería. Valparaíso. Chile.

[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-8000/UCC8149\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-8000/UCC8149_01.pdf)

Sanitarios Plásticos S.R.L. Válvula PVC Gate 300 – 315.

<https://www.sanitariosplasticos.com.ar/infraestructura/valvulas/gate/valv.-pvc-gate-300---315-sg>

SB Argentina. Tubo PVC Tigre para red de agua potable clase 6 PBA 315mm x 6mt.

<https://www.sbagentina.com.ar/tienda/tubo-pvc-tigre-para-red-de-agua-potable-clase-6-pba-315mm-x-6mt>

Universidad de Casa Grande. (S.F.) Metodología de evaluación del impacto ambiental

<https://www.studocu.com/ec/document/universidad-casa-grande/micro/impacto-ambiental/8739566>





## BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Finnerty J., 1998. Financiamiento de Proyectos. Técnicas modernas de Ingeniería Económica. México.

Kairiyama, J.; Fernández G.; Kurtz, V., 2009. "Sistema de automatización, supervisión y control del aprovechamiento hidroeléctrico arroyo el tigre. la máquina de estado como herramienta de diseño." Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

Kosow, I. L., 1975. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Editorial Reverté. España. ISBN: 84-291-3045-4

Richardson, D.; Caisse A. Jr., 1997. Máquinas Eléctricas Rotativas y Transformadoras. Traducción Escalona, H. J.; Sánchez Trujillo, C. M. Revisión Rodríguez F. J.. Cuarta Edición. Editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A. México. ISBN: 968-880-953-5

Yuni J.; Urbano C., 2003. Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Volumen 1. Primera edición. Córdoba Argentina.

Yuni J.; Urbano C., 2003. Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Volumen 2. Primera edición. Córdoba Argentina.





## ANEXO I. PLAN DE TESIS APROBADO

### Contiene:

- Resolución de CSU 455/2020 del 03 de julio de 2020.....315
- Plan de tesis presentado el 23 de septiembre de 2019.....317





"2020 - Año del General Manuel Belgrano"



Buenos Aires, 3 de julio de 2020

VISTO la Resolución N° 2423/15 del Consejo Superior, mediante la cual se autoriza a la Facultad Regional La Rioja a implementar la carrera de Maestría en Ingeniería Ambiental, y

**CONSIDERANDO:**

Que la citada Facultad Regional presentó en tiempo y forma la documentación correspondiente al aspirante a Magister en Ingeniería Ambiental, Ing. Claudio Julián AEGERTER, y la Directora, Dra. Mónica ALITTA,

Que se cumplieron las condiciones establecidas en las Ordenanzas N° 1313 y N° 1436 relativas al Reglamento de la Educación de Posgrado y a los lineamientos curriculares de la Maestría en Ingeniería Ambiental, respectivamente.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional avaló la documentación presentada y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado aconseja la aprobación de la presente resolución.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,

**EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°.-** Radificar la aceptación del Ing. Claudio Julián AEGERTER (DNI 22.151.072) como aspirante a Magister en Ingeniería Ambiental en la Facultad Regional La Rioja.

"63° Aniversario de la Primera Calificación de Grado de la Universidad Tecnológica Nacional"

1



"2020 - Año del General Manuel Belgrano"



ARTÍCULO 2°.- Designar a la Dra. Mónica ALITTA (DNI 14.401.116), como Directora de la Tesis "Autosabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina" presentada por el Ing. Claudio Julián AEGERTER.

ARTÍCULO 3°.- Dejar establecido que el desarrollo del Plan de Trabajo de Tesis se hará en un todo de acuerdo con lo dispuesto en la Ordenanza N° 1313 y la Resolución N° 2423/15 del Consejo Superior.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese, Comuníquese y archívese.

RESOLUCIÓN N° 456/2020

UTN
DO
t.c.r.
lp.

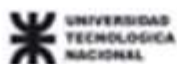
ING. HÉCTOR EDUARDO NAASA  
RECTOR

ING. MIGUEL ÁNGEL SOSA  
Secretario General

Digitally signed by MIGUEL ÁNGEL SOSA  
Date: 2020.07.08 17:43:55 -03:03  
Reason: - Aprobación de documento.  
Location: Facultad UTN

"63° Aniversario de la Primera Colección de Grado de la Universidad Tecnológica Nacional"

Digitally signed by HÉCTOR EDUARDO NAASA  
Date: 2020.07.08 11:34:49 -03:03  
Reason: - Aprobación de documento.  
Location: Facultad UTN



# **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

## **Facultad Regional La Rioja**

### **Maestría en Ingeniería Ambiental**

#### **Propuesta de Plan de Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental**

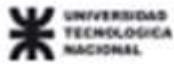
**Alumno:** Ing. Claudio Julián Aegerter

**Director de Tesis Propuesto:** Dra. Ing. Mónica Patricia Alitta

28/02/2019

1



**INDICE**

<b>1. AREA TEMÁTICA</b>	<b>3</b>
<b>2. TÍTULO</b>	<b>3</b>
<b>3. RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>4. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
Importancia del trabajo planteado	6
<b>5. ESTADO DE LA CUESTIÓN O DEL ARTE</b>	<b>7</b>
<b>6. MARCO TEÓRICO GENERAL</b>	<b>8</b>
<b>7. HIPOTESIS</b>	<b>10</b>
Hipótesis Principal	10
Hipótesis Secundaria	10
<b>8. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
Objetivo Principal	10
Objetivos Secundarios	10
<b>9. METODOLOGÍA</b>	<b>11</b>
<b>10. CRONOGRAMA</b>	<b>19</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>19</b>
<b>12. EQUIPAMIENTO DE MEDICIÓN DISPONIBLE</b>	<b>21</b>
<b>Anexo I. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	<b>22</b>



## 1. ÁREA TEMÁTICA

El Área temática de estudio corresponde a las Energías Renovables, básicamente corresponde al micro aprovechamiento hidroeléctrico del caudal de un río destinado a alimentar de energía a un poblado, con un mínimo de afectación ambiental.

## 2. TÍTULO

**Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina.**

## 3. RESUMEN

Aproximadamente a unos 60 Km de la ciudad de La Rioja por Ruta Nacional 76 se encuentra la Localidad de Huaco, que posee una cantidad aproximada de 120 habitantes. El pueblo cuenta con un río de caudal anual permanente con leves fluctuaciones, y un bajo régimen de crecidas, el caudal mínimo se estima que se aproxima 1 m<sup>3</sup>/hora, cuenta con fuertes desniveles de altura en su curso. Resulta factible utilizar las instalaciones existentes de la toma de captación de agua potable para captar parte del caudal de agua y destinarlo a la generación energía hidroeléctrica, para ello se requiere captar parte del caudal de agua, entubarla y aprovecharla hidráulicamente por medio de una microturbina acoplada a un generador, para convertirla en energía eléctrica con un mínimo de afectación ambiental y bajo costo de generación.

En el presente trabajo se determinará el módulo mínimo de caudal del río, el caudal permanente disponible en la Toma de Captación que se puede destinar a turbinar, determinación de las alturas de saltos disponibles, determinación de la Potencia de generación factible con un mínimo de afectación ambiental, Determinación de la potencia máxima requerida por el poblado de Huaco, el estudio de Impacto ambiental de la microcentral hidroeléctrica, el equivalente de dióxido de carbono que se dejaría de emitir a



la atmosfera por reemplazo de generación térmica por generación renovable y el costo de la obra y el recupero de la inversión, además de la demostración o refutación de las hipótesis planteadas.

#### 4. INTRODUCCIÓN

En un contexto mundial en el que la creciente demanda de energía eléctrica ocupa un papel fundamental en la problemática ambiental, contexto del que nuestro país y provincia no son ajenas, resulta altamente imprescindible aprovechar todo tipo de generación de energía de bajo nivel de contaminación con el objeto de preservar la salud ambiental, cada aporte por más pequeño que sea resulta de gran importancia, debemos considerar que las grandes soluciones a las problemáticas energéticas no suelen ser las más amigables con el ambiente y por lo general poseen daños ocultos que suelen verse reflejados años y/o décadas más adelante, además son de difícil reversión. Frente a este contexto resulta imprescindible comenzar a considerar los pequeños aportes de energía que se puedan sumar al sistema, lógicamente hablamos de energía generada por sistemas de bajo impacto ambiental. Recordemos que la sumatoria de muchas pequeñas acciones brindan una gran Acción.

Lo que se plantea en el presente trabajo es la demostrar que es factible generar energía limpia y que la misma puede abastecer a un poblado cercano, máximo cuando es posible aprovechar el caudal de un río y gran parte de las instalaciones existentes como ser la toma de agua potable sobre el cauce del río en cuestión. Lógicamente que se deberán realizar instalaciones adicionales. En la Figura N° 1 se puede observar el cauce del río y el punto de emplazamiento de la obra de toma de captación de agua.

En caso que, de la investigación que se efectuará resulte factible el aprovechamiento energético, demostrará además que esta metodología podría ser aplicada a muchos otros poblados del interior de la provincia, en donde existen caudales importantes en ríos y canales de agua, además de que cuentan con diferencias de altura importantes en sus cauces.

**Figura N° 1:**

Vista Satelital del Rio Huaco en zona de emplazamiento de la toma de captación de Agua.

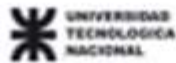


Fuente: Google Earth Pro. Referencias, Elaboración Propia.

Durante este proceso de investigación, básicamente se abordarán las siguientes actividades:

- Determinación del Módulo de caudal del Rio Huaco para época invernal y estival.
- Determinación del caudal disponible de modulo constante anual factible de turbinar.
- Determinación de los Posibles puntos de emplazamiento de la Casa de Máquinas (considerando las posibles alturas máximas en las crecientes).
- Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las casas de máquinas.
- Determinación de la Potencia de generación factible.
- Determinación de la cantidad de viviendas, cantidad de habitantes permanentes y potencias requeridas por viviendas.
- Determinación de la potencia máxima requerida por el poblado.
- Determinación del tipo de Turbina y generador a utilizar.





- Estudio de Impacto Ambiental correspondiente
- Determinación del CO<sub>2</sub> que dejaría de emitirse por generación térmica de energía equivalente.
- Estimación de Presupuestos y recuperación de la Inversión.
- Estudio de Impacto Ambiental.

### Importancia del trabajo planteado

Este tipo de centrales resultan muy amigables con el ambiente debido a la escasa obra civil necesaria, al requerimiento de pequeñas obras de captación y la baja alteración del cauce del río. Resultan ser una alternativa interesante y válida a la hora de producir energía.

La importancia del presente proyecto de investigación radica fundamentalmente en que el mismo abre un amplio abanico de posibilidades en cuanto a la generación de energía por métodos amigables con el ambiente con respecto a los métodos de generación tradicional, dentro del ámbito de nuestra provincia. Permite además abrir el campo de estudio a nivel provincial de una gran cantidad de lugares en donde la generación hidroeléctrica a baja escala puede ser la fuente de suministro de energía a poblados que se encuentran muy lejanos a las redes eléctricas de distribución, razón por la cual estos poblados aun no poseen el acceso al suministro de energía eléctrica y como consecuencia de esto resulta factible producir un impacto social sobre la población producido por el acceso a la electricidad.

Por otra parte, es de fundamental importancia lograr en un futuro ofrecer a la sociedad una gran cantidad de pequeños aportes energéticos al sistema eléctrico, producidos por fuentes limpias y amigables con el ambiente, que entre todas estas fuentes en conjunto pueden ser capaces de reemplazar una central de mediana o gran envergadura y su alto grado de contaminación.

## 5. ESTADO DE LA CUESTIÓN O DEL ARTE

Respecto a esto, es importante citar que en el área del desarrollo de micro emprendimientos hidroeléctricos, en nuestro país se encuentra medianamente desarrollado en varias provincias, en las que se encuentran funcionando distintos tipos de conjuntos de turbina-generador, en diferentes tipos de embalses y/o tomas de captación de agua.

Resulta menester citar que en el año 1984 La Universidad Nacional de Misiones a través de su Facultad de Ingeniería y en conjunto con el Gobierno Provincial de Misiones desarrollaron y fomentaron la construcción de microturbinas hidráulicas para generación de energía eléctrica y su instalación en zonas rurales alejadas, donde no disponían de energía eléctrica. A los efectos de llevar adelante la ejecución de las mismas conformaron consorcios de beneficiarios y en conjunto llevaron adelante proyectos y ejecución de distintas microcentrales hidroeléctricas de bajo costo, estas consistían de turbinas tipo Michel Banquis y generadores asincrónicos, se construyeron 7 centrales, de las cuales algunas aún se encuentran funcionando. Las Microcentrales construidas generaban energía de manera constante y en rangos de potencia que se encontraban desde los 8KW hasta los 64KW, algunas interconectadas a la red y otras que funcionaban de manera aislada. La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones se hacía cargo de la construcción del Equipamiento Hidromecánico y Electrónico de la microcentral, así como la capacitación de los nuevos usuarios para la operación, el manejo y el uso racional de la energía.

A nivel Nacional se pueden citar otros aprovechamientos, como ser:

- Los Quiroga, Provincia de Santiago del Estero, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 2 MW.
- Saltillo II, Provincia de Misiones, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 640 KW.
- Puerto Moreno, Provincia de Río Negro, dotado de dos conjuntos turbina generador con una potencia instalada de 360 KW.
  
- Río Pico, Provincia de Chubut, dotado de un conjunto turbina generador con una potencia instalada de 180 KW.

- Valle Grande, Provincia de Jujuy, dotado de un conjunto turbina generador con una potencia instalada 48 KW.
- Río Chico, Provincia de Santa Cruz, con una potencia instalada de 2 MW.
- Pichanas, Provincia de Córdoba, con una potencia instalada de 1,6 MW.
- Los Antiguos, Provincia de Santa Cruz, con una potencia instalada de 1,2 MW.

Otra Referencia importante de este tipo de centrales hidroeléctricas se encuentra en La India, en donde se efectuó la reactivación de la Mini Central de Chumey en el año 2016, localizada en la ciudad de Bumthang, con una capacidad de generación de 1500 kW, compuesta por tres máquinas hidrogeneradoras de 500 kW cada una.

## 6. MARCO TEÓRICO GENERAL

Para efectuar el desarrollo del siguiente trabajo de investigación y desarrollo de Tesis de grado de la Maestría en Ingeniería Ambiental, se procederá a determinar el caudal del río Huaco, de igual manera es menester determinar el caudal disponible de ingreso y egreso a la toma de captación de agua existente, con el objeto de destinar el mismo al turbinado para generar energía hidroeléctrica, por otra parte es necesario contemplar un caudal de mantenimiento en el cauce principal del tramo afectado a raíz del caudal derivado por la toma de captación y el caudal a turbinar, este caudal mínimo de mantenimiento a es requerido para conservar la flora y fauna ictícola del tramo del río afectado, además de la necesidad de conservar el entorno paisajístico del lugar, siendo estos los criterios ambientales a considerar para el caso planteado. En esta tarea se aplicarán las herramientas para la determinación de caudales brindados por la mecánica de los fluidos, hidráulica de canales y aforos de ríos mediante la utilización de caudalímetros.

Mediante relevamiento de campo se determinará el punto adecuado para la localización de la casa de máquinas, determinándose la altura neta (diferencia de altura entre el ingreso a la tubería forzada de la toma de caudal de agua y el punto de salida de caudal en la turbina. Para la localización aguas debajo de la casa de máquinas (punto de emplazamiento de la turbina), se considerarán la inundabilidad del posible área de emplazamiento y régimen de crecidas. Para la determinación de la diferencia de altura se utilizará un nivel laser y se complementará el estudio mediante la utilización de herramientas digitales de estudio de terrenos.





Para el estudio de inundabilidad del punto de emplazamiento de la casa de máquinas, se procederá a determinar el régimen de crecientes del Río Huaco, para esto se estudiará el régimen de precipitaciones anuales en la zona, se efectuarán encuestas a pobladores permanentes en la zona y se complementarán con visitas de campo cuando se produzcan las mismas, a los efectos de Observar las alturas máximas alcanzadas por el río en las zonas de emplazamiento de la casa de máquinas.

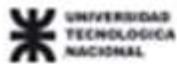
La potencia hidráulica disponible y la potencia eléctrica factible de generar se determinará por las herramientas teóricas del cálculo brindadas por la Mecánica de los Fluidos, y por los rendimientos dados por la Literatura Técnica de las Máquinas Fluidodinámicas y las Máquinas Eléctricas, criterios y bibliografía similares serán adoptados para la determinación y propuesta de aplicación de los equipos de turbinado y generación adecuados.

En cuanto al estudio de Impacto Ambiental de las etapas constructivas, de operación y abandono, como así también de los planes propuestos de monitoreo y mitigación de impactos se basarán en la bibliografía específica de la materia.

En lo referente a la confección de presupuestos, recupero de la inversión y amortización de los equipos se aplicarán los métodos de Teoría del Capital y del Recupero de la Inversión, como así también de la Administración de Proyectos.

A los efectos de determinar la potencia eléctrica y la energía mensual y anual consumida requerida por el Poblado de Huaco, se realizará un relevamiento de campo, apoyado por la utilización de encuesta a los pobladores, mediante la aplicación de estas metodologías se determinará la cantidad de viviendas existentes, la cantidad de habitantes, la potencia y energía eléctrica requerida por el poblado.

Con toda la información y datos relevados se procederá a verificar o refutar las hipótesis planteadas.



## 7. HIPÓTESIS

### Hipótesis Principal

*"No es bajo el impacto ambiental producido por un micro-emprendimiento hidroeléctrico sobre el río Huaco destinado a autoabastecer de energía eléctrica al poblado de Huaco".*

### Hipótesis Secundaria

*"No es posible autoabastecer de energía eléctrica sustentable a la Localidad de Huaco aprovechando el potencial hídrico del río Huaco".*

## 8. OBJETIVOS

### Objetivo Principal

- Evaluar si es factible aprovechar el potencial hidráulico del Río Huaco para producir energía destinada a autoabastecer el Poblado de Huaco produciendo un impacto ambiental mínimo.

### Objetivos Secundarios

- Determinar el impacto ambiental producido sobre el Río Huaco en la zona de emplazamiento del micro-aprovechamiento hidroeléctrico.
- Determinar el caudal mínimo anual disponible para producir energía hidroeléctrica.
- Determinar el régimen de crecientes del Río Huaco.

## 9. METODOLOGÍA

A los efectos de poder llevar a cabo el presente trabajo de Tesis de la Maestría en Ingeniería Ambiental se proponen las siguientes metodologías de trabajo:

- Determinación del "**Módulo Mínimo**" de caudal del Río Huaco.  
Para efectuar esta tarea se seleccionará aguas arriba de la toma de captación de agua un sector del río en la que el cauce posea una forma aproximadamente rectangular del cauce, se determinará la sección transversal del cauce y se efectuará un cuadrículado del mismo en "*n* Áreas individuales *A<sub>i</sub>*", y se procederá a medir la velocidad media *V<sub>i</sub>* del flujo de agua que circula por cada Áreas individuales *A<sub>i</sub>*, el caudal del río ("*Q<sub>r</sub>*") vendrá dado por la sumatoria del producto de cada área de cuadrícula por su correspondiente velocidad media, es decir:

$$Q_r = Q_i = \sum_{i=1}^n A_i \cdot V_i$$

La velocidad del agua en cada cuadrícula será medido con un medidor de velocidad de flujo de agua Marca Global Water 800-876-1172, Modelo FP211, N° de serie 1409001210, propiedad de la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional.

Se determinarán los caudales en al menos dos estaciones del año, en verano (máximo caudal excluyendo días de crecientes por precipitaciones) y en invierno (mínimo caudal)

- Determinación del "**Módulo de Caudal Permanente a Turbinar**" disponible en la Toma de Captación destinada a turbinar.  
Para determinar este caudal se determinará el caudal de agua permanente de entrada a la pileta de filtrado, a la entrada de dicha pileta existe un "Vertedero Rectangular sin contracción lateral", que puede apreciarse en la Fotografía N° 1. Para determinar el caudal disponible para turbinar se abrirán las compuertas de

ingreso de agua a la cámara desarenadora previa un caudal tal que permita que al menos 1/3 del caudal circule por el cauce normal del río, a los efectos de minimizar el impacto sobre la flora y fauna que habitan en el tramo afectado del mismo, luego se medirá la altura de la vena de fluido que corre por el Vertedero Rectangular sin contracción lateral y se determinará el caudal de ingreso por la siguiente fórmula de Cálculo:

$$Q_v = C_d \frac{2}{3} b \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

**Fotografía N° 1:**

Vista del vertedero de medición de caudal de la Toma de Agua existente sobre el Río Huaco.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Por otra parte, se corroborará el caudal calculado mediante la misma metodología aplicada en el punto 1.; se cuadrificará la sección transversal del vertedero y se medirán las velocidades en cada sección, luego se aplicará la fórmula de cálculo

$$Q_v = Q_t = \sum_{i=1}^n A_i \cdot V_i$$

La velocidad del agua en cada cuadrícula será medido con un "medidor de velocidad de flujo de agua Marca Global Water 800-876-1172, Modelo FP211, N° de serie 1409001210", propiedad de la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional.

Luego, con las características técnicas de la bomba de extracción de agua que se encuentra montada y la curva característica de la misma, se determinará el caudal ("Qe") que se extrae actualmente para agua potable y riego (Se solicitará esta información a Director del Área Electromecánica de la Secretaría Provincial del Agua) y se considerará una previsión de crecimiento del doble al actual, por lo tanto, el caudal disponible para turbinar y generar energía hidroeléctrica resultará ser:

$$Q_t = Q_v - 2 \cdot Q_e$$

En tanto que el caudal que circulará por el tramo del río que resultará afectado ("Qra") será variable y vendrá dado por

$$Q_{ra} = Q_r - Q_t - 2 \cdot Q_e$$

Se determinarán los caudales en al menos dos estaciones del año, en verano (máximo caudal excluyendo días de crecientes por precipitaciones) y en invierno (mínimo caudal).

- Determinación de los Posibles puntos de emplazamiento de la Casa de Máquinas.

Para esta tarea se recorrerá río abajo el cauce del río, con el objeto de determinar visualmente los puntos de emplazamiento más adecuados. Se recopilará la información necesaria para determinar los posibles puntos de localización, como ser fotografías, georreferenciaciones, distancias desde la toma, y si es factible determinar la diferencia de altura existentes con la toma de captación.



- Estimación del régimen de crecientes anuales del Río y estimación del caudal máximo del Río.

El régimen de lluvias Torrenciales en la Pcia. de La Rioja se encuentra comprendido entre los meses de diciembre, enero y febrero, las crecientes de los ríos se relaciona estrechamente con intensas precipitaciones, resultando coincidentes. Para el presente caso la importancia del régimen de crecidas radica fundamentalmente para determinar la altura de la corriente de agua en los diferentes posibles puntos de emplazamiento de la casa de máquinas, de manera tal que el punto de instalación de la misma, permita lograr una altura significativa para poder lograr una potencia de generación adecuada con el objetivo planteado en la investigación, pero además evitando la posibilidad de que la casa de máquinas sea inundada o hasta incluso ser arrasada por la corriente de agua en una crecida. Para esta parte del trabajo se desarrollarán dos tareas:

- A) Encuesta a habitantes permanentes del pueblo que conozcan el régimen de crecidas los niveles de altura alcanzados por el río, registrándose los datos.
- B) Visita inmediata al lugar en caso de crecientes, con el objeto de determinar las marcas que deponen el agua y los materiales arrastrados con el objeto de determinar las alturas alcanzadas en los posibles puntos de emplazamientos de la casa de máquinas. Dichas marcas depuestas por el Agua turbia de la crecida permitirán calcular por hidráulica de vertederos el caudal aproximado del río durante las crecientes, en la Fotografía N° 2 se puede apreciar una antigua presa tipo vertedero existente en el lateral derecho de la Obra de toma de captación.

**Fotografía N° 2:**

Vista de la presa tipo vertedero sobre el Río Huaco.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Los datos serán registrados serán volcados en planillas.

- Determinación de las alturas de saltos disponibles en función de los posibles emplazamientos de las casas de máquinas.

Para esta tarea se utilizarán dos posibles técnicas, si es factible se utilizarán ambas a los efectos de minimizar las diferencias. Las mismas son:

- A) Determinación de desniveles con nivel laser.
- B) Determinación de niveles con imágenes Satelitales (Google Earth Pro).

Se contrastarán las mediciones y se determinara la altura bruta disponible.

- Determinación del punto de emplazamiento de la Casa de Máquinas y la "**Altura Neta de Salto**", considerando y evaluando la información obtenida de los puntos 3 y 4, se elegirá el punto más adecuado en función de las diferencias de altura disponibles, inundabilidad, arrastre del caudal de crecidas y accesibilidad de



equipos de montaje. Una vez determinado el punto de emplazamiento y con la información obtenida en el punto 5, se determinará la Altura Neta de Salto.

- Determinación de la potencia teórica disponible.  
Esto surge de la aplicación de cálculo de potencia hidráulica teórica disponible, en la que la Potencia (P) es igual al producto del caudal disponible (Q) por el peso específico del fluido ( $\gamma$ ) por la altura bruta disponible.

$$P = Q \cdot \gamma \cdot H$$

- Determinación de la "**Potencia de generación factible**".  
Esto surge de afectar a la Potencia P del punto anterior de un coeficiente menor que 1, y que comprende las pérdidas de carga de la tubería (estimada en un 10%) el rendimiento de la turbina (considerada en 80%) y el rendimiento del generador (considerado en un 80%). El rendimiento global comprende el producto estos tres factores:

$$\eta_T = \eta_c \cdot \eta_h \cdot \eta_g = 0,576$$

Por ello la potencia máxima generada será de:

$$P_T = \eta_T \cdot P = 0,576 \cdot P$$

- Determinación del "**Impacto Ambiental**" de las obras a realizar a los efectos de determinar la viabilidad de la ejecución del proyecto.  
Para esto se efectuará un estudio de impacto ambiental, en donde se aplicará una Matriz de Leopold modificada, se determinarán los impactos relevantes producidos por las actividades a realizar sobre los factores ambientales existentes, se determinará la importancia, la magnitud y la persistencia de los impactos producidos.

- Determinación de la **"Disminución de Emisión de Dióxido de Carbono"** de reemplazo de Generación Térmica por Generación Renovable equivalente.  
A los efectos de la determinación de la disminución de emisión de CO<sub>2</sub> se considerará la energía producida anualmente por la microcentral hidroeléctrica contra la cantidad de CO<sub>2</sub> producida por una central termoeléctrica de Fuel Oil, en función del rendimiento de dichas centrales y del consumo de Fuel Oil necesario para producir la misma cantidad de energía anual, se aplicará la Teoría de la Combustión para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> que emitiría dicha central térmica.
- Selección básica del equipamiento a utilizar, como ser el tipo de turbina, tipo de generador y equipamientos auxiliares.  
Para esto se determinarán las tuberías y accesorios adecuados, turbina, generador, obra civil de la casa de máquinas e interconexión del sistema a la Red de distribución.
- Estimación de **"Presupuestos y Recuperación de la Inversión"**.  
Para esto se determinarán los costos de tuberías, costos de construcción de la turbina, compra del generador, costo de la obra civil de la casa de máquinas e interconexión del sistema a la Red de distribución. Se determinará la potencia generada anual y su monetización, se determinará el tiempo de recuero de la inversión.
- Verificación de la **"Hipótesis Principal"**.  
En función de los puntos anteriores se determinará si es factible la generación de energía desde un punto de vista técnico, económico y ambiental. Se verificará el cumplimiento o no de la hipótesis principal.
- Determinación de la cantidad de viviendas, población permanente y temporal (fines de semana) del Poblado de Huaco. **"Determinación de la Potencia Máxima Requerida y Energía Anual requerida"**, población permanente y temporal del poblado de Huaco.

UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
NACIONAL

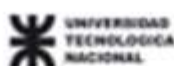
Facultad Regional La Rioja

Maestría en Ingeniería Ambiental

Se realizará un relevamiento in situ de las viviendas existentes, por encuesta a quienes las habitan se determinará la cantidad de ocupantes permanentes y temporales, como así también se determinará la potencia instalada de la vivienda y potencia máxima requerida.

Para el caso de los Camping existentes, por medio de encuestas a sus propietarios o encargados por medio de encuesta se determinará la cantidad de habitantes temporales y la potencia media requerida por grupo familiar de visitantes.

- Evaluación y demostración de la Hipótesis Secundaria Planteada.  
Para esto se procederá a realizar la comparación de las potencias máximas demandadas por el poblado con las potencias constante factible de generar con la microcentral hidroeléctrica propuesta.



## 10. CRONOGRAMA

Las actividades previstas para efectuar la tesis propuesta son las descritas a continuación y en las fechas indicadas. En el **ANEXO I** Denominado **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**, se observan las tareas descritas y sus fechas de realización. Se planifica iniciar las actividades el día 03 de mayo del 2020 y culminar con el Informe Final el 22/05/2021.

A continuación, se detallan las actividades y su respectiva denominación.

### Actividad N° 1

Descripción de las características geográficas y geobiofísicas del entorno.

Inicio:	03/05/2020
Finalización:	16/05/2020

### Actividad N° 2

Descripción del Marco Teórico y desarrollo del trabajo de investigación.

Inicio:	17/05/2020
Finalización:	13/06/2020

### Actividad N° 3

Determinación del Módulo Mínimo de Caudal del Río.

Inicio 1ª etapa:	14/06/2020
Finalización 1ª etapa:	19/09/2020
Inicio 2ª etapa:	29/11/2020
Finalización 2ª etapa:	13/02/2021

### Actividad N° 4

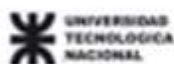
Determinación de la Potencia Máxima Requerida y Energía Anual Requerida.

Inicio:	09/08/2020
Finalización:	12/12/2020

### Actividad N° 5

Determinación del Régimen estimado de Crecientes anuales y de Caudal Máximo.

Inicio:	29/11/2020
Finalización:	13/02/2020

**Actividad N° 6**

Determinación del Módulo Permanente de Caudal a Turbinar.

Inicio 1° etapa:	28/06/2020
Finalización 1° etapa:	19/09/2020
Inicio 2° etapa:	29/11/2020
Finalización 2° etapa:	13/02/2021

**Actividad N° 7**

Determinación de Posibles Puntos de Emplazamiento de Casa de Máquinas.

Inicio:	29/09/2020
Finalización:	17/10/2020

**Actividad N° 8**

Determinación de las Alturas Netas disponibles de Saltos.

Inicio:	14/02/2021
Finalización:	27/02/2021

**Actividad N° 9**

Selección del Emplazamiento de la Casa de Máquinas y Altura de Salto Neto disponible.

Inicio:	14/02/2021
Finalización:	13/02/2021

**Actividad N° 10**

Determinación de la Potencia Hidráulica Disponible.

Inicio:	28/02/2021
Finalización:	13/02/2021

**Actividad N° 11**

Determinación de la Potencia Eléctrica factible de Generar.

Inicio:	28/02/2021
Finalización:	13/02/2021

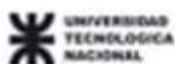
**Actividad N° 12**

Determinación del Impacto Ambiental.

Inicio:	14/02/2021
Finalización:	13/03/2021

**Actividad N° 13**

Determinación de la Disminución de Emisiones de CO<sub>2</sub>.



Facultad Regional La Rioja

Maestría en Ingeniería Ambiental

Inicio: 14/03/2021  
Finalización: 27/03/2021

**Actividad N° 14**

Verificación o Refutación de la Hipótesis Principal.

Inicio: 14/03/2021  
Finalización: 27/03/2021

**Actividad N° 15**

Selección Básica del equipamiento de Transformación de Energía Hidráulica a Eléctrica.

Inicio: 28/03/2021  
Finalización: 24/04/2021

**Actividad N° 16**

Estimación de Presupuestos y Recupero de la Inversión.

Inicio: 25/04/2021  
Finalización: 08/05/2021

**Actividad N° 17**

Verificación o Refutación de la Hipótesis Secundaria.

Inicio: 25/04/2021  
Finalización: 08/05/2021

**Actividad N° 18**

Elaboración de Informe Final.

Inicio: 09/05/2021  
Finalización: 05/06/2021

**11. BIBLIOGRAFÍA PROPUESTA.**

Addison N. 1994. Dirección de Proyectos: las cinco fases de su desarrollo. Wesley Iberoamericana S.A. U.S.A. Versión en Español.  
ISBN: 0-201-62182-7

Chapman, S. J.; S.F. Máquinas Eléctricas. Traducción Rozo Castillo, E.. Revisión Ramírez Ávila, J.. Tercera Edición Mc Graw Hill.





Fernández Conesa, Vitora. 1997. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental. 3ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.

Finnerty John. 1998. Financiamiento de Proyectos. Técnicas modernas de Ingeniería Económica. México.

Gaffert, G. A.; S. F.. Centrales de Vapor. Editorial Reverté. Barcelona. España.

Guido J.; Clements J. P.. 2008. Administración exitosa de Proyectos. Tercera edición ISBN: 13-978-970-686-713-1

Harrison, Lee. 1998. Manual de Auditoría Medioambiental, Higiene y Seguridad. 2ª edición. Serie Mc Graw Hill. México.

Kariyama, J.; Fernández G.; Kurtz, V. 2009. "Sistema de automatización, supervisión y control del aprovechamiento hidroeléctrico arroyo el tigre. la máquina de estado como herramienta de diseño." Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA) Vol. 13, 2009. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

Kurtz, V. H. S. F. " Pequeños aprovechamientos hidroeléctricos en Misiones" Universidad Nacional de Misiones – UNAM -  
<http://www.monografias.com/trabajos94/201>.

Kurtz, V. H.. 2003 "Telemando para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", Anais do X Encontro Latino-Americano e do Caribe em Pequenos Aproveitamentos Hidroenergéticos, X ELPAH.

Kosow, I. L.. 1975. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Editorial Reverté. España. ISBN: 84-291-3045-4

Mataix, Claudio. (1986). Mecánica de los Fluidos y Máquinas Hidráulicas. Segunda Edición. Ediciones del Castillo S.A. ISBN: 84-219-0175-3

Mesny, Marcelo. 1976. Generación del Vapor. Ediciones Marymar.

Miguel, Roberto E.. 2017. Estudio de Impacto Ambiental. Aportes y Experiencias para la formación de profesionales en la Provincia de La Rioja. ISBN en trámite





Molanes, Claudio A.. 2009. Compendio de Vapor y Máquinas Térmicas. 1ª Edición. Buenos Aires.

ISBN 978-987-05-7277-0

Richardson, D. V.; Caisse A. J. Jr.; 1997. Máquinas Eléctricas Rotativas y Transformadoras. Traducción Escalona, H. J.; Sánchez Trujillo, C. M. Revisión Rodríguez F. J. Cuarta Edición. Editorial PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA S.A. México.

ISBN: 968-880-953-5

Sobrevía, M. A.. 2008. Máquinas Eléctricas Nivel inicial. 3ª Edición. Revisión Zanero Fidalgo, C.. Librería y Editorial Alsina. Bs. As. Argentina.

ISBN: 978-950-553-073-1

Soule, R.; Calbo, V. (2018). SEMINARIO ENERGÍAS RENOVABLES I. UTN FRLR. Grupo GAIA.

Soule, R.; Vicente Calbo, V.. (2018). SEMINARIO ENERGÍAS RENOVABLES II. UTN FRLR. Grupo GAIA.

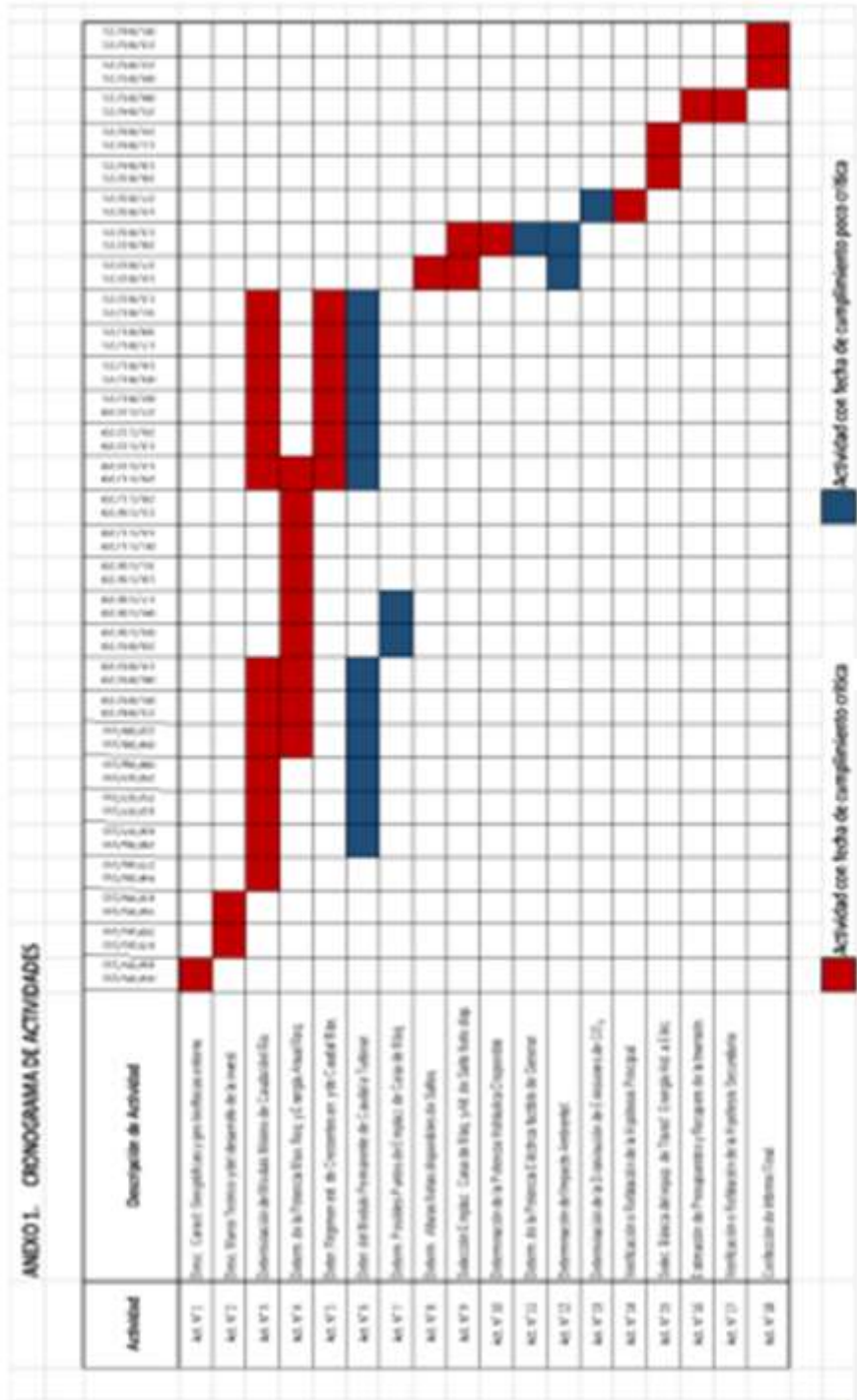
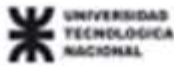
Soule, R.; Calbo, V.. (2018). SEMINARIO ENERGÍAS RENOVABLES III. UTN FRLR. Grupo GAIA.

Yuni J.; Urbano C.. (2003). Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Volumen 1. 1ª Edición. Córdoba Argentina.

Yuni J.; Urbano C.. (2003). Técnicas para Investigar y formular proyectos de investigación. Volumen 2. 1ª Edición. Córdoba Argentina.

## 12. EQUIPAMIENTO DE MEDICIÓN DISPONIBLE.

Medidor de velocidad de flujo de agua Marca Global Water 800-876-1172, Modelo FP211, N° de serie 1409001210.-





## ANEXO II. NOTAS VARIAS

Contiene:

- **Nota al Comité Académico de la Carrera Maestría en Ingeniería Ambiental con fecha 23 de septiembre del 2019 por parte del Ing. Claudio Julián Aegerter.....343**
- **Nota al Mg/Dr. Ing. Mónica Patricia Alitta con fecha 23 de septiembre del 2019 por parte del Ing. Claudio Julián Aegerter .....345**
- **Nota al Comité Académico de la Carrera Maestría en Ingeniería Ambiental con fecha 23 de septiembre del 2019 por parte del Mg/Dr. Ing. Mónica Patricia Alitta.....347**
- **Nota al Sr. Coordinador General del Agua con destino productivo de la Secretaría Provincial del Agua con fecha 08 de septiembre del 2022.....349**
- **Nota de respuesta al Ing. Claudio Aegerter por parte del Sr. Coord. General del Agua con destino productivo de la Secretaría Provincial del Agua con fecha 15 de septiembre del 2022.....351**



- **Nota al Sr. Director de Mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua General del Agua Ing. Alberto Menese con fecha 04 de octubre del 2022.....353**
- **Nota al Sr. Director de Mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua General del Agua Técnico Jorge Quintero con fecha 22 de marzo del 2022.....355**
- **Nota de respuesta al Ing. Claudio Aegerter por parte del Sr. Director de Mantenimiento de la Secretaría Provincial del Agua General del Agua Técnico Jorge Quintero con fecha 15 de septiembre del 2022.....357**

La Rioja, 23 de septiembre de 2019.

**Al Comité Académico  
Carrera Maestría en Ingeniería Ambiental  
UTN – Facultad Regional La Rioja**

De mi mayor consideración:

Por la presente me dirijo a Uds. a los efectos de solicitar autorización formal para la ejecución de la Tesis de Maestría sobre **Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina**, correspondiente al Plan de estudios de la carrera Maestría en Ingeniería Ambiental que se dicta en UTN – Facultad Regional La Rioja.

Dicha solicitud responde a la necesidad de cumplimentar con los créditos horarios de formación exigidos por la Ordenanza N° 1313 para obtener el título de Magister.

A tal efecto solicito también la autorización para la Dr. Mónica Patricia Alitta, D.N.I. N° 14.401.116, como Directora de dicha Tesis, considerando que la misma reúne las condiciones profesionales para desempeñarse como asesora en esta actividad, acreditado mediante su respectivo curriculum vitae que adjunto a la presente.

En este mismo sentido, adjunto el respectivo Plan de Tesis, para su correspondiente análisis y demás efectos que correspondiera y la nota de aceptación como Director de Tesis.

Sin otro motivo en particular saludo a Uds. atentamente.

Recibido 23/09/2019

Dra. Mónica P. Alitta  
Directora de Carrera





La Rioja, 23 de septiembre de 2019.

Al Mg/Dr.

Ing. Mónica Patricia Alitta.

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

De mi mayor consideración:

En carácter de alumno de la carrera Maestría en Ingeniería Ambiental que se dicta en la UTN Facultad Regional La Rioja, me dirijo a Ud. a los efectos de solicitarle el asesoramiento y seguimiento como Director de mi Tesis de Maestría, titulada **Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina.**

La misma tiene por objeto cumplimentar las exigencias académicas de la carrera, cuya aprobación se constituye en requisito para acceder al título de posgrado como Magister.

Sin más, y esperando contar con su valiosa colaboración me despido de usted muy cordialmente.



Claudio Julián Aegerter  
DNI N° 22.151.072.-

Recibido 23/09/2019



Dra. Mónica Patricia Alitta







La Rioja, 23 de septiembre de 2019.

**Al Comité Académico  
Carrera Maestría en Ingeniería Ambiental  
UTN – Facultad Regional La Rioja**

De mi mayor consideración:

Por la presente me dirijo a Uds. a los efectos de informarle la plena conformidad para desempeñarme como Director de Tesis del proyecto **Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina**, de la carrera Maestría en Ingeniería Ambiental que se dicta en la UTN Facultad Regional La Rioja, presentada por el alumno Claudio Julián Aegerter.

Sin otro motivo en particular saludo a Uds. atentamente.



---

Mónica Patricia Alitta

Recibido 23/09/2019







La Rioja, 08 de septiembre del 2022.-

Al Sr. Coordinador General  
del Agua con destino Productivo  
De la Secretaría del Agua de la  
Provincia de La Rioja  
Ing. Mauro Bravo  
S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D \_\_\_\_\_

De mi mayor consideración:

Por la presente me dirijo a Ud. A los efectos de solicitar en carácter de préstamo un Caudalímetro Marca Global Marca: Global Water Modelo: FP111 a su cargo y propiedad de la Secretaría del Agua de La Provincia de La Rioja.

La presente solicitud radica en la necesidad de utilizar el citado instrumento de medición para determinar el caudal del Río Huaco a la altura del Azud Paso de los Sauces, con el objeto de realizar la Tesis de la Maestría en Ingeniería Ambiental que me encuentro cursando en la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional, la misma se denomina "**Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina**", y se encuentra en su etapa de culminación.

El periodo de utilización del citado instrumento será desde el mes en curso y hasta fines del mes de marzo del 2023, efectuándose estas mediciones presumiblemente cada mes y utilizándolo dos días consecutivos cada vez, coordinándose el préstamo correspondiente con el área a su cargo.

Sin otro particular y esperando una respuesta favorable a mi solicitud aprovecho para saludarlo muy atentamente.

  
ING. BRAVO, Mauro Emilianue  
Coordinador Genl. de Agua  
con Destino Productivo  
Secretaría del Agua - La Rioja

Recibido.

  
Ing. Claudio J. Aegerter





La Rioja, 15 de septiembre del 2022.-

Al Ing.  
Ing. Claudio Aegerter  
S / D

Por la presente me dirijo a Ud. en respuesta a la nota presentada ante mí signada con su firma al pie, solicitando en carácter de préstamo un Caudalímetro Marca: Global Water Modelo: FP111 Número de serie: 21M102888 a mi cargo, propiedad de la Secretaría del Agua de La Provincia de La Rioja, con el objeto de ser utilizado para efectuar mediciones de caudal destinados a desarrollar la Tesis de Grado por Ud. Mencionada.

Cumplo en informarle que el citado instrumento de medición se encuentra a su disposición a partir de la fecha y por el periodo solicitado. A los efectos de poder retirarlo cada vez que lo requiera se le solicita coordinar ante mí el retiro del mismo y su posterior devolución en las mismas condiciones en que le fue otorgado y en carácter de préstamo temporal.

Sin otro particular lo saludo atentamente.

Ing. BRAVO, Mauro Emanuel  
Coordinador Gral de Agua  
con Destino Productivo  
Secretaría del Agua La Rioja

.....  
Ing. Mauro Bravo  
Coordinador General  
Del Agua con destino Productivo  
De la Secretaría del Agua de la  
Provincia de La Rioja







La Rioja, 04 de octubre de 2022.-

Al Sr. Director de Mantenimiento  
de la Secretaría Provincial del Agua  
del Ministerio de Agua y Energía  
de la Provincia de La Rioja

**Ing. Alberto Menese**

S \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ D

De mi mayor consideración:


por la presente me dirijo a Ud. a los efectos de solicitarle tenga a bien considerar brindarme información referente al sistema de captación y bombeo de agua potable de la Localidad de Huaco, Pcia. de La Rioja, mas específicamente concerniente a datos del sistema de bombeo situado en el Azud Paso de los Sauces.

El presente pedido se basa en la necesidad de contar con información fehaciente respecto a este sistema de bombeo, la información requerida es de vital importancia para poder realizar la Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental que actualmente la estoy cursando en la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional, la tesis se denomina "*Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Rio Huaco por medio de una Microturbina*", la misma se encuentra en su etapa de culminación.

La información que agradecería me pueda brindar es la siguiente:

- Potencia de la bomba instalada;
- Caudal suministrado por la bomba;
- Horarios en que se efectúa el bombeo de agua destinada a potabilización.

Sin otro Particular y agradeciendo desde ya su buena predisposición, aprovecho para saludarlo muy atentamente.

  
.....  
Ing. Claudio J. Aegerter  
DNI N° 22151072

Ministerio de Agua y Energía LA RIOJA	
MESA DE ENTRADA Y SALIDA	
ENTRADA	SALIDA
FECHA: 03 OCT 2022	FECHA: .....
HORA: .....	HORA: .....
FIRMA: .....	FIRMA: <i>Rosolino</i>





La Rioja, 22 de marzo de 2023.-

Al Sr. Director de Mantenimiento  
de la Secretaría Provincial del Agua  
del Ministerio de Agua y Energía  
de la Provincia de La Rioja

**Tec. Jorge Quintero**

S / D

De mi mayor consideración:

por la presente me dirijo a Ud. a los efectos de solicitarle tenga a bien considerar brindarme información referente al sistema de captación y bombeo de agua potable de la Localidad de Huaco, Provincia de La Rioja, más específicamente concerniente a datos del sistema de bombeo situado en el Azud Paso de los Sauces.

El pedido se basa en la necesidad de contar con información fehaciente respecto a este sistema de bombeo, la información requerida es de vital importancia para poder realizar la Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental que actualmente la estoy cursando en la Facultad Regional La Rioja de la Universidad Tecnológica Nacional, la tesis se denomina "*Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Rio Huaco por medio de una Microturbina*", la misma se encuentra en su etapa de culminación.

La información que agradecería me pueda brindar es la siguiente:

- Potencia de la bomba instalada;
- Caudal suministrado por la bomba;
- Horarios en que se efectúa el bombeo de agua destinada a potabilización.

Esta información fue solicitada en el mes de octubre del 2022 al Director Que cubría su puesto actual Ing. Alberto Meneze, no teniendo respuesta a mi pedido.

Sin otro Particular y agradeciendo desde ya su buena predisposición, aprovecho para saludarlo muy atentamente.

  
Ing. Claudio J. Aegerter  
DNI N° 22151072

Ministerio de Agua y Energía	
LA RIOJA	
MESA DE ENTRADA Y SALIDA	
ENTRADA	SALIDA
FECHA: 22 MAR 2023	FECHA:
HORA:	HORA:
SIGNA:	SIGNA: J.A.





COSENFACCIÓN INTERNA N° 91/23

La Rioja, 27 de marzo de 2023.-

Al Sr.  
Ing. Claudio Aegerter

De mi mayor consideración:

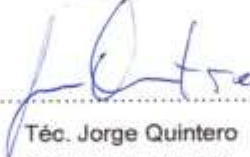
por la presente me dirijo a Ud. en respuesta al pedido de información solicitada por Ud. referente al sistema de captación y bombeo de agua potable de la Localidad de Huaco, Provincia de La Rioja, referente al sistema de bombeo situado en el Azud Paso de los Sauces.

Solicito a Ud. que la información que se le brinda sea utilizada solamente con el fin académico de efectuar la Tesis de Maestría por Ud. mencionada, específicamente **"Autoabastecimiento sustentable de Energía Eléctrica al Poblado de Huaco (La Rioja) mediante el aprovechamiento del caudal del Río Huaco por medio de una Microturbina"**.

La información que se le brinda es la siguiente:

- Potencia de la bomba instalada: 4 KW (5,5 HP) (Trifásica)
- Caudal suministrado por la bomba: 9 m<sup>3</sup>/Hora
- Horarios de bombeo de agua: 7:00 Hs. a 17:00 Hs. Aproximadamente

Sin otro Particular aprovecho para saludarlo cordialmente.

  
Téc. Jorge Quintero  
Director de Mantenimiento  
Secretaría del Agua

INSTITUTO DE AGUA Y ENERGIA LA RIOJA	
MESA DE ENTRADA Y SALIDA	
CATEGORIA: S. A. I. U.	
FECHA: 28 MAR 2023	GRUPO: S. A. I. U.
HORA:	HORA:
FIRMA:	FIRMA: M-7





## ANEXO III. ENTREVISTAS

Contiene:

- **Entrevista a un empleado municipal de Sanagasta residente del Poblado de Huaco con fecha 08 de octubre del 2022.....361**
- **Entrevista al Sr. Clemente Aguilar, antiguo residente del poblado de Huaco y residente transitorio actualmente con fecha 26 de noviembre del 2022.....363**
- **Entrevista al Sr. Raúl Cortés, Encargado de producción y distribución de agua potable del municipio de Sanagasta con fecha 18 de diciembre del 2022.....365**
- **Entrevista al Ing. Mauro Bravo, Coordinador del agua con fines productivos de la Secretaría del Agua con fecha 08 de octubre del 2022.....367**







## PLANILLA DE ENTREVISTAS

**Motivo:** Determinar el régimen de crecientes del río Huaco.

**Fecha:** 08, Oct., 2022

**Nombre:** No lo deseo dar e Conocer

**Reside en la zona:** Si. Vive en el poblado.

**Puesto de Trabajo:** Empleado Municipal de Senegaste

**Conoce el Azud Paso de los Sauces:** Si. Estaba pescando en el Azud.

**Frecuenta el Azud en tiempos de Crecientes:** Normalmente Si

**Aproximadamente en que fecha se inician las crecientes:** Aprox. 15 de diciembre

**Aproximadamente en que fecha culminan las crecientes:** Aprox. 20 de febrero

**Puede estimar cuantas crecientes se dan en ese período:** 4 a 6

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente pequeña:** 20 e 30cm

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente mediana:** 40 e 60cm

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente grande:** 1 metro e 1,20 metros

**Pudo observar el nivel al que asciende el agua en la zona encañonada aguas abajo del azud en una creciente grande:** 2 a 3 metros

Cuando crecientes grandes suelen ocurrir 1 (una) muy raramente 2 (dos)





## PLANILLA DE ENTREVISTAS

**Motivo:** Determinar el régimen de crecientes del río Huaco.

**Fecha:** 26, 11, 2022

**Nombre:** Clemente Aguilar

**Reside en la zona:** Creció en la zona. Actualmente vive periodicamente el lugar. Tiene casa allí.

**Puesto de Trabajo:** Encargado de Mantenimiento Mecánico en OlorTex S.A. (Ciudad de La Rioja)

**Conoce el Azud Paso de los Sauces:** Si. Frecuentemente de niño y actualmente.

**Frecuenta el Azud en tiempos de Crecientes:** En ocasiones. Antiguamente siempre.

**Aproximadamente en que fecha se inician las crecientes:** entre el 10 al 20 dic.

**Aproximadamente en que fecha culminan las crecientes:** 15 al 28 de Febrero

**Puede estimar cuantas crecientes se dan en ese periodo:** 5 a 6

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente pequeña:** 20 cm

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente mediana:** 40 o 50 cm.

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente grande:** 1 metro o mas.

**Pudo observar el nivel al que asciende el agua en la zona encañonada aguas abajo del azud en una creciente grande:** 2 a 2,5 metros

Cuando crecen las grandes suelen ocurrir en este época 1 (una) muy raramente 2 (dos)





## PLANILLA DE ENTREVISTAS

**Motivo:** Determinar el régimen de crecientes del río Huaco.

**Fecha:** 18, 12, 2022

**Nombre:** Raúl Cortes

**Reside en la zona:** En Senzeste - Asiste a Huaco en las crecientes.

**Puesto de Trabajo:** Empleado de Prod. y Dist. Agua Potable del Municipio de Senzeste.

**Conoce el Azud Paso de los Sauces:** Si.

**Frecuenta el Azud en tiempos de Crecientes:** Si frecuente.

**Aproximadamente en que fecha se inician las crecientes:** Mediados Diciembre

**Aproximadamente en que fecha culminan las crecientes:** Fines de Febrero

**Puede estimar cuantas crecientes se dan en ese período:** 3 a 5.-

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente pequeña:** 30 cm

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente mediana:** 50 cm

**Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el vertedero de cimacio en una creciente grande:** 80 cm o 1 metro

**Pudo observar el nivel al que asciende el agua en la zona encañonada aguas abajo del azud en una creciente grande:** 2 a 2,5 metros

Cuantas crecientes grandes ocurren en temporadas de crec. 1 (una)







## PLANILLA DE ENTREVISTAS

Motivo: Determinar el régimen de crecientes del río Huaco.

Fecha: 25, 02, 2023

Nombre: Ing. Mauro Bravo

Reside en la zona: No. (Visita el Azud en ocasiones)

Puesto de Trabajo: Coordinador del Azud con Fines Productivos  
Secretaría del Azud.

Conoce el Azud Paso de los Sauces: Si

Frecuenta el Azud en tiempos de Crecientes: alguna vez si

Aproximadamente en que fecha se inician las crecientes: Generalmente 15 diciembre  
en Adelante.

Aproximadamente en que fecha culminan las crecientes: Generalmente fines de  
febrero

Puede estimar cuantas crecientes se dan en ese período: 4 a 6

Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el  
vertedero de cimacio en una creciente pequeña: Generalmente es  
bajo 20 en Aprox

Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el  
vertedero de cimacio en una creciente mediana: 40 cm Aprox.

Puede estimar a que altura asciende el agua sobre el  
vertedero de cimacio en una creciente grande: 80 cm a 1m  
según tiene Información.

Pudo observar el nivel al que asciende el agua en la zona  
encañonada aguas abajo del azud en una creciente grande: No

Cuántas crecientes grandes  
ocurren en esta época: 1 o 2.





## ANEXO IV. COTIZACIONES

### Contiene:

- **Cotización por modificación de rodete de turbina de bomba 200 l/s y 2Kg/cm<sup>2</sup>.....371**
- **Cotización por construcción completa de turbina motora para 200 l/s y 2Kg/cm<sup>2</sup>.....373**
- **Cotización cañería PVC 315 mm K6.....375**
- **Cotización válvula de compuerta 315 mm.....375**
- **Cotización conjunto bomba motor 40 HP flujo radial 160m<sup>3</sup>/h.....376**
- **Cotización motor trifasico 30 KW 1000 RPM (6 polos).....376**
- **Cotización motor trifasico 30 KW 1500 RPM (4 polos).....377**
- **Bomba de caudal y presiones medias (sin datos sin cotización).....377**
- **Cotización por unidad de materiales de construcción y mano de obra para construcción de anclajes.....379**





## Cotización por modificación de rodete de turbina de bomba 200 l/s y 2Kg/cm<sup>2</sup>



Benjamin Medina 3147  
Ppto. Industrial La Rioja  
Tel: (0330)448-0885  
Cel: (0330)15488811  
info@metalmedina.com

La Rioja, 28 de Abril de 2023  
Ppto. N°230428CJA.

**At. Ing. Aegerter, Claudio**  
**Ref: Modificación Rodete de turbina**

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	MODIFICACIÓN DE RODETE DE TURBINA DE BBA. CENTRÍFUGA A RODETE PARA TURBINA HIDRÁULICA PARA GENERADOR.
<b>TOTAL</b>	<b>\$520.000+IVA</b>

- **IMPORTANTE:** Este presupuesto está confeccionado a un tipo de cambio U\$S1=\$229, por lo que los valores en pesos son de referencia y pueden sufrir variaciones sin previo aviso, sujetas a la suba del dólar al momento de facturar los presentes trabajos.  
En caso de existir una diferencia mayor al 3% entre la fecha de factura y la fecha del efectivo pago, se realizará un reajuste mediante Nota de Débito, que deberá ser cancelada mediante transferencia bancaria.
- Validez de la oferta: 5 días.
- Condición de pago: 5 días hábiles f.f.

Atte. Ing. Nicolás Medina





## Cotización por construcción completa de turbina motora para 200 l/s y 2Kg/cm<sup>2</sup>



Benjamín Medeiros 3147  
Paseo Industrial La Rioja  
Tel: (0330)440-0885  
Cel: (0330)154898011  
info@metalmedina.com

La Rioja, 04 de Mayo de 2023  
Ppto. Nº230504CIA.

**At. Ing. Aegerter, Claudio**  
**Ref: Fabricación de turbina**

ITEM	OPCIÓN 1
1	FABRICACIÓN DE TURBINA HIDRÁULICA S/ESPECIFICACIONES
<b>TOTAL</b>	<b>\$3.400.000+IVA</b>

- **IMPORTANTE:** Este presupuesto está confeccionado a un tipo de cambio  $US\$1 = \$233$ , por lo que los valores en pesos son de referencia y pueden sufrir variaciones sin previo aviso, sujetas a la suba del dólar al momento de facturar los presentes trabajos.  
En caso de existir una diferencia mayor al 3% entre la fecha de factura y la fecha del efectivo pago, se realizará un reajuste mediante Nota de Débito, que deberá ser cancelada mediante transferencia bancaria.
- Validez de la oferta: 5 días.
- Condición de pago: 5 días hábiles F.F.

Atte. Ing. Nicolás Medina





## Cotización cañería PVC 315 mm K6

TUBO PVC TIGRE PARA RED DE AGUA POTABLE CLASE 6 PBA 315MM X 6MT

**TUBO PVC TIGRE PARA RED DE AGUA POTABLE CLASE 6 PBA 315MM X 6MT**

Fabricante: TIGRE ARGENTINA  
Codigo de Producto: TUBO PVC TIGRE PARA RED DE AGUA POTABLE CLASE 6 PBA 315MM X 6MT  
Existencia: Disponible

**ARS144,793.98**

Cantidad:

**Comprar**

Etiquetas: TIGRE TUBO RED DE AGUA TUBO RED DE AGUA CLASE 6 PBA 315MM X 6MT

## Cotización válvula de compuerta 315 mm

Válvulas

Inicio / Obra / Válvulas / Gate / **VALVULA PVC GATE 300 - 315**

**VALVULA PVC GATE 300 - 315**

Marca: Saint Gobain

VALVULA PVC GATE

- VALVULA DE COMPUERTA "EURO 20" - BRIDADA - TIPO 23 / CUERPO CORTO - ISO 7005-2 PN 10/16.
- CUERPO EN H<sup>o</sup>DUCTIL CON REVESTIMIENTO EPOXI.
- CIERRE IZQ / ANTI HORARIO.
- CON CAPERUZA.

**\$521.363,80**  
Precio de contado - Los precios incluyen iva (sujeto a modificación y stock)

**\$747.341,05**  
Precio financiado - Los precios incluyen iva (sujeto a modificación y stock)

## Cotización conjunto bomba motor 40 HP flujo radial 160m<sup>3</sup>/h

The screenshot shows a product page for a green centrifugal pump. The product name is "Bomba Centrifuga Wdm 40hp Eleva 69m 160m<sup>3</sup>/h le 100x080x250". The price is listed as \$1.541.500, with a payment option of 6x \$383.627<sup>pp</sup>. The product is described as "Nuevo" (New) and "Color: Verde" (Color: Green). The electrical phase is "Fase Eléctrica: Trifásica" (Three-phase) and the frequency is "Frecuencia: 50Hz". The website is "Rey del Tanque" and the address is "Buzonal Capital Federal Av de los Héroes 5452".

## Cotización motor trifasico 30 KW 1000 RPM (6 polos)

The screenshot shows a product page for a grey three-phase electric motor. The product name is "Motor Eléctrico Trifásico 30kw/40hp 1000rpm 6p Tam 225m Ip55". The price is listed as \$1.499.303<sup>52</sup>, with a payment option of 6x \$373.126<sup>pp</sup>. The product is described as "Nuevo" (New) and "Última disponible!" (Last available!). The website is "Mercado Libre" and the address is "San Miguel De Tucumán, Tucumán".

## Cotización motor trifasico 30 KW 1500 RPM (4 polos)

Motor 40hp 30kw 1500rpm 4p Abb 3gba202410-ac

\$ 1.121.526  
en 12x \$ 194.369<sup>00</sup>

Ver los medios de pago

Entrega a acordar con el vendedor  
Vila Serrino Tewel, Buenos Aires  
[Ver formas de entrega](#)

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad  0 disponibles

[Comprar ahora](#)

Compra Protegida: Hazlo el producto que esperabas o te devolvemos tu dinero!  
[Ver la Configuración para activar Protección](#)

Mercado Puntos: Sumas 8010 puntos.

## Bomba de caudal y presiones medias (sin datos sin cotización)

Con Todo Tipo de Fluidos

Las bombas centrífugas MARZO están diseñadas para el bombeo de líquidos difíciles en condiciones de servicio exigentes.

[VER MÁS](#)





## Cotización por unidad de materiales de construcción y mano de obra para construcción de anclajes.

• Barra nervurada de Hierro de construcción diám. 12 mm	\$ 6.190,91
• Barra nervurada de Hierro de construcción diám. 10 mm	\$ 4.300,00
• Barra nervurada de Hierro de construcción diám. 6 mm	\$ 1.605,00
• Pegamento industrial epoxi de alta resistencia 1 Kg.	\$ 47.000,00
• 5 m <sup>3</sup> de arena puesto en obra	\$ 30.000,00
• 6 m <sup>3</sup> de ripio puesto en obra	\$ 30.000,00
• Bolsa de cemento de albañilería por 50 Kg	\$ 2.400,00
• Flete, descarga y traslado al punto de montaje	\$ 50.000,00
• Mano de obra y montaje de cada anclaje	\$ 18.750,00







## ANEXO V. RED ELÉCTRICA DE INTERCONEXIÓN.

Contiene:

- **Memoria Descriptiva.....383**
  
- **Presupuesto.....389**





# **DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA MICROTURBINA RIO HUACO DPTO. SANAGASTA PROVINCIA DE LA RIOJA**

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1. OBJETO Y NECESIDAD DE LA OBRA**

“DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA MICROTURBINA HUACO”. El objetivo de esta obra es mejorar la calidad de vida y condiciones de trabajo de todas aquellas personas que viven en la comunidad de huaco.

Obtener acceso a la energía eléctrica no solo promueve el crecimiento económico-demográfico de la zona sino el bienestar social y laboral que adquieren las personas al realizar sus actividades de recreación y de trabajo con mayor seguridad y comodidad.

### **2. SITUACION ACTUAL Y CARACTERISTICAS DEL**

## TERRENO

“HUACO” es una localidad que pertenece a la región **Capital**, precisamente en el departamento Sanagasta. El proyecto busca beneficiar a toda la comunidad, que cuenta con una población aproximada de



**Imagen: Regiones de la Provincia de La Rioja**

Los trabajos de excavación y relleno de pozo para montaje de poste se ejecutarán en tipo de **suelo rocoso** sobre pie de montaña, con previo desmalezamiento en picada de vegetación autóctona.

Todas estas características lo hace un punto esencial para futuras ampliaciones de viviendas familiares, generación de nuevas actividades de agricultura y ganadería.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS PROYECTADOS**

A continuación, se detallan sintéticamente los trabajos proyectados:

- Se procederá a realizar el tendido de aproximadamente **255 metros** de línea de **baja tensión** con postes de madera de 7,5 metros, y postación existente de 11 metros. Será conductor de aluminio preensamblado de  $3 \times 35 + 50 \text{mm}^2$ .
- Se ejecutará desmalezamiento del área para la colocación de los piquetes.

## 4. DISEÑO DEL PROYECTO

Cada proyecto de electrificación en media y baja tensión tiene una serie de procesos y etapas en su diseño ingenieril. A nivel general, se procederá de la siguiente manera:

### 1. **Relevamiento**

La Secretaría de Energía organizó y programó un viaje de trabajo al lugar mencionado. Una vez allí, se procedió a realizar las siguientes actividades:

#### **A. Búsqueda del punto de conexión de la futura línea.**

Se realiza una búsqueda de la mejor forma de energizar la línea de media tensión que se va a proyectar. Se buscan diferentes alternativas y formas de conexión a fin de cumplir con los requisitos y lineamientos mecánicos y eléctricos del punto de conexión exigidos por la empresa distribuidora.

#### **B. Toma de puntos para la traza final de la línea.**

Se procede a tomar los puntos necesarios para luego trazar la línea de media y baja tensión necesaria para transmitir la energía eléctrica hacia los pobladores. Se debe tener en cuenta la situación actual del camino rural – urbano que se encuentre en la traza de la línea, curvas sinuosas, medidas geográficas del camino, necesidad de desmalezamiento de vegetación y otras características que afecten a la construcción de las líneas de media y baja tensión

Todo punto geográfico necesario para la obra se ubica mediante la utilización de tecnología informática actualizada.

### 2. **Pedido de factibilidad.**

Luego de realizar un estudio profundo de los datos obtenidos en la zona, el equipo de trabajo de la Secretaría de Energía expide un pedido de factibilidad a la empresa distribuidora para comprobar la viabilidad eléctrica del proyecto.

### 3. **Confección de plano de dibujo técnico**

El plano representa una de las partes más importantes y de su diseño final parten todos los otros elementos del proyecto, que van desde cálculos ingenieriles hasta cálculo de costos de materiales, mano de obra, insumos y equipos. El plano debe reunir todas las especificaciones que nos pide la normativa y será sujeta a la aprobación de la empresa distribuidora Edelar.

Cada plano deber tener la correcta denominación de los apoyos en media y baja tensión, transformadores y puesta a tierra correspondientes, un correcto acotado tanto entre apoyos

como en apoyos de desvíos. Además, cada plano debe tener su orientación y referencias de dibujo.

## Localización Geográfica Del Proyecto

El proyecto “**DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA MICROTURBINA RIO HUACO**” se encuentra ubicado aproximadamente a 15 km en dirección Norte de la Localidad de Villa Sanagasta, por

Ruta Nacional N°75.



## DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Las presentes especificaciones técnicas tienen el fin de otorgar los lineamientos que han de tenerse en cuenta para la realización de la obra: “**DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA MICROTURBINA RIO HUACO**” - DEPARTAMENTO SANAGASTA - PROVINCIA DE LA RIOJA.

Los trabajos requeridos son: tendido de conductor de baja tensión aéreo, desmalezamiento,

transporte de materiales.

### **CANTIDADES DE TRABAJOS**

**CANTIDAD DE ELEMENTOS PARA LA ENERGIZACION DEL SISTEMA: 255 METROS DE TENDIDO DE CONDUCTOR AÉREO DE BAJA TENSION**

### **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS ÍTEMS**

#### **Rubro 1: LINEA DE BAJA TENSION**

Construcción de una red aérea de baja tensión mediante la utilización de postes de madera, morsetería y tendido de conductor aéreo preensamblado 3x50+50mm<sup>2</sup>.

### **ALCANCE DE LOS DISTINTOS RUBROS**

#### **Rubro 1: LINEA AÉREA DE BAJA TENSION**

En este rubro se contempla todos los recursos necesarios para la construcción de la red de baja tensión aérea, se describen las tareas a realizar:

Se construirá una red de baja tensión aérea mediante el tendido de **255 metros** de conductor preensamblado de **3x35+50mm<sup>2</sup>**, la colocación de **5** piquetes de baja tensión, y el uso de Dos (2) postes de madera existentes de 11 metros, pertenecientes a la línea de media tensión existente.

Las líneas aéreas en baja tensión serán montadas sobre postación de madera de eucalipto tratado de **7,50 metros** y, además, se utilizarán algunos de los piquetes proyectados de Media Tensión como piquetes de Baja Tensión debido al reducido espacio en dónde se emplazarán los mismos. En el Plano adjunto puede visualizarse el recorrido del tendido.

La morsetería será del tipo doble aislación, por lo expuesto tanto los accesorios de fijación en alineación como de retención mecánica deberán ser intercalados componentes que aislen el conductor portante que oficia de neutro del sistema de los soportes respectivos.

### **NORMAS CONSTRUCTIVAS**

**Sistema:** El sistema de distribución de electricidad a nivel baja tensión será trifásico de cuatro conductores con el centro de estrella conectado rígidamente a tierra.

**Vano máximo:** Se respetará un Vano Máximo de 36m. La distribución de estructuras se hará



ubicando los apoyos en las líneas Medianeras o lo más próximo posible a ellas y en caso de las esquinas se lo ubicará en la prolongación de Línea de Ochava (Ver Plano Típico de EDELAR).

**Diseño de los apoyos:** Los apoyos de alineación serán de madera de eucalipto preservado en sales cuprocromoarsenicales (según norma IRAM 9515 tipo C) o creosotado y los apoyos especiales (de retención, desvío, cruce, inicio y terminal de línea) serán de madera con puntal (ver plano adjunto). En el caso de existir apoyos para Líneas de Media Tensión, en la misma traza de la LBT, estos podrán ser utilizados para suspender/ retener los cables, previa verificación de la capacidad de los mismos a resistir los esfuerzos adicionales a los que serán sometidos.

**Empotramiento de los apoyos:** Los soportes de madera serán directamente empotrados en el terreno una longitud igual al 10% del largo del poste más 600mm. Además, los postes serán pintados en su cara lateral desde la base hasta sobre pasar 50cm del Nivel del Terreno con dos manos de pintura asfáltica.

**Tiro:** Se adoptará un tiro máximo de  $408\text{Kg/cm}^2$  por cada conjunto de conductores preensamblados.

**Protección:** Cada salida en baja Tensión del centro de Transformación estará protegida con un (1) juego de seccionadores de alto poder de ruptura (APR 160), montado en ménsula de hierro galvanizado construida con perfiles UPN 5.



**Acometida a usuario:** el suministro y montaje del cable de acometida y sus respectivos accesorios estarán por cuenta y cargo de EDELAR S.A.

**Pilastra:** La deberá construir el futuro cliente.

**Puesta a tierra:** El conductor neutro se conectará a tierra por lo menos una vez cada 200m y en tantos puntos como sea necesario para conseguir una resistencia a tierra menor de 5 (cinco) Ohm en cualquier punto del circuito. Se empleará para tal fin conductor de acero galvanizado MN 100, protegido desde el Nivel de Terreno hasta una altura de 3,00m con un caño de PVC o polipropileno zunchado al poste, el cual estará conectado en la parte inferior con una jabalina de  $5/8'' \times 1500\text{mm}$ .



## PRESUPUESTO

 <div style="text-align: center;"> <b>SECRETARÍA DE ENERGÍA</b>            Luis Vernet 1300 - La Rioja         </div> 				
<b>PLAN DE AVANCE DE LOS TRABAJOS</b>				
<b>OBRA: ELECTRIFICACIÓN MICROTURBINA RIO HUACO</b>				
<b>EMPRESA:</b>				
Item	DESIGNACION	Montos	Inciden %	30 DÍAS
<b>1</b>	<b>LÍNEA DE BAJA TENSIÓN</b>	<b>\$ 1.131.287,71</b>	<b>100</b>	
1.1	INSTALACION DE POSTE SIMPLE DE MADERA L.A.B.T.	\$ 69.592,44	6,15	100% \$ 69.592,4
1.2	INSTALACION DE POSTE DE MADERA CON CONTRAPOSTE EN L.A.B.T.	\$ 31.600,57	2,79	100% \$ 31.600,6
1.3	TENDIDO DE CONDUCTOR L.A.P.E	\$ 92.399,99	8,17	100% \$ 92.400,0
1.4	COLOCACION DE HERRAJES	\$ 20.835,10	1,84	100% \$ 20.835,1
1.5	INSTALACION JABALINA Y CAÑO PVC P.A.T + MEDICION CORRESPONDIENTE	\$ 12.825,78	1,13	100% \$ 12.825,78
1.6	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS (PODA, DESCARGA,ETC.)	\$ 11.362,69	1,00	100% \$ 11.362,69
1.7	REPLANTEO DE OBRA	\$ 11.362,69	1,00	100% \$ 11.362,69
1.8	MATERIALES A PROVEER POR LA EMPRESA	\$ 881.308,45	77,90	100% \$ 881.308,4
<b>SUBTOTAL COSTO-COSTO</b>		<b>\$1.131.287,71</b>	<b>100,000</b>	
<b>COEFICIENTE DE IMPACTO</b>		<b>1,49435</b>		
<b>MONTO TOTAL DE OBRA</b>		<b>\$1.690.539,79</b>		
<b>AVANCE FISICO EN %</b>		<b>MENSUAL</b>		100,0%
		<b>ACUMULADO</b>		100,000%
<b>INVERSIÓN</b>		<b>MENSUAL</b>		\$ 1.690.539,79
		<b>ACUMULADO</b>		\$ 1.690.539,79