

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**Estudio del aprovechamiento del recurso hídrico
para generar energía eléctrica de baja potencia en el
distrito de Guadalupe – La Libertad.**

**Tesis para obtener el Título Profesional de
Ingeniero en Energía**

Autor:

Bach. Oliva Vilchez Pablo Cesar

Asesor:

Dr. Arangurí Cayetano Denis Javier

Nuevo Chimbote – Perú

2022-12-07



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D: N° 492-2017-CU-R-UNS) de acuerdo con la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
ENERGÍA**

**ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA
GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE
GUADALUPITO – LA LIBERTAD**

AUTOR:

Bach. Oliva Vilchez Pablo Cesar

Dr. Aranguri Cayetano Denis Javier

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: “ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD”; sustentada el día 07 de diciembre del 2022.

Tiene la aprobación del jurado calificador, quienes firmaron en señal de la conformidad.

Mg. José L. Castillo Ventura
PRESIDENTE
DNI: 32781530
Cod. Orcid: 0000-0002-0905-3024

Mg. Amancio R. Rojas Flores
SECRETARIO
DNI:32806031
Cod. Orcid: 0000-0003-4897-7585

Dr. Denis J. Arangurí Cayetano
INTEGRANTE
DNI: 42009679
Cod. Orcid: 0000-0002-6119-2072

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2022



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los siete días del mes de diciembre del año dos mil veintidós, siendo las once horas de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 526-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. JOSÉ LUIS CASTILLO VENTURA** : **PRESIDENTE**
- **Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES** : **SECRETARIO**
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO** : **INTEGRANTE**

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **“ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD”** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **PABLO CESAR OLIVA VILCHEZ**, con código de matrícula N° 0201611028, teniendo como asesor al docente **Dr. DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO**, según Resolución Decanal N° 742-2021-UNS-FI, de fecha 14.12.21.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
PABLO CESAR OLIVA VILCHEZ	18	Muy Bueno

Siendo las doce horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.


Mg. José Luis Castillo Ventura
PRESIDENTE


Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
SECRETARIO


Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE

DEDICATORIA

A Dios, por su eterno e incondicional amor y la oportunidad de la vida en cada día.

A mis padres: José Oliva y Francisca Vilchez, por su denodado esfuerzo en brindarme una educación de calidad, por su incondicional apoyo en todas las etapas de mi vida y sobre todo por confiar siempre en mí a pesar de los errores y las indecisiones durante mi vida académica.

A mi esposa Liliana Llaure y mi hija Sofía Oliva por su valiosa compañía y motivación en la elaboración de este proyecto de tesis.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Santa por la educación brindada durante mi formación profesional, a los docentes de esta casa de estudios.

Al principal colaborador de este trabajo, el ingeniero Denis Arangurí Cayetano quien con su confianza, colaboración, dirección y conocimiento permitió el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	7
1.6. JUSTIFICACIÓN.....	7
1.7. LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	8
2. MARCO TEÓRICO	9
2.1. GENERALIDADES SOBRE IRRIGACIÓN Y CANALES DE RIEGO	9
2.1.1. Potencial en canales de riego del Perú para generación hidroeléctrica	9
2.1.2. Irrigación.....	10
2.1.3. Canales de riego	10
2.2. GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA	11
2.2.1. Generación hidroeléctrica	11
2.2.2. Principio de funcionamiento de una central hidroeléctrica.....	11
2.2.3. Clasificación de las centrales hidroeléctricas	12
2.3. DETERMINACIÓN DE POTENCIAL HIDROENERGÉTICO	13

2.3.1.	Métodos de medición de flujo.....	14
2.3.2.	Métodos de medición de altura.....	15
2.3.3.	Potencial hidrocínético.....	17
2.4.	CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES.....	18
2.4.1.	Curva de duración de caudales.....	18
2.4.2.	Método tradicional de construcción de CDC – U.S. Geological Survey (USGS)	19
2.4.3.	Principales características de la CDC.....	21
2.4.4.	Selección de caudal de diseño de la turbina hidráulica según CDC.....	22
2.5.	PICO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	23
2.5.1.	Componentes de pico central hidroeléctrica.....	23
2.5.2.	Ventajas y desventajas de las pCH.....	24
2.5.3.	Zonas de demanda para pCH.....	25
2.6.	POTENCIALES SITIOS CON RECURSO HÍDRICO PARA GENERACIÓN DE BAJA POTENCIA.....	26
2.7.	TURBINAS HIDRÁULICAS.....	28
2.7.1.	Turbina hidráulica.....	28
2.7.2.	Clasificación de las turbinas hidráulicas.....	29
2.8.	TURBINAS PICO HIDRÁULICAS.....	30
2.8.1.	Turbina de flujo transversal (TFC).....	31
2.8.2.	Turbina hélice.....	33
2.8.3.	PowerPal.....	34
2.8.4.	Turbina Nautilus ULH.....	36
2.8.5.	Bombas como turbinas (PAT).....	37
2.8.6.	Turbina tornillo de Arquímedes (AST).....	38
2.8.7.	Unidad tipo espiral PicoPica.....	40
2.8.8.	Turbina de vórtice gravitacional.....	41
2.8.9.	Turbina hidrocínética – turbina Ampair UW100.....	42

2.9. SELECCIÓN DE TURBINA PICO HIDRÁULICA	43
2.10. DISEÑO DE TURBINA MICHEL BANKI	45
2.10.1. Parámetros principales de diseño	45
2.10.2. Triángulo de velocidades	46
2.10.3. Número de álabes.....	50
2.10.4. Geometría del rodete.....	50
2.10.5. Geometría del inyector.....	51
2.10.6. Geometría del álabe	52
2.11. TUBERÍA FORZADA.....	53
2.11.1. Cálculo preliminar del diámetro interno	54
2.11.2. Cálculo de pérdidas por fricción	54
2.12. GENERADORES ELÉCTRICOS	54
2.12.1. Generador de inducción o jaula de ardilla	55
2.12.2. Generador síncrono de imanes permanentes.....	55
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA	56
3.1. MATERIALES.....	56
3.1.1. Materiales.....	56
3.1.2. Equipos	56
3.1.3. Softwares.....	56
3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.2.1. Generalidades del recurso hídrico y alrededores	57
3.2.2. Determinación del potencial del recurso hídrico	60
3.2.3. Análisis de la potencia hidrocínética disponible.....	61
3.2.4. Evaluación de las posibles tecnologías de aprovechamiento.....	61
3.2.5. Selección y dimensionamiento de la tecnología más adecuada.....	62
3.3. DISEÑO	63
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA	63

3.5. PROCEDIMIENTO O FORMA DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	
63	
3.6. TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	64
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	65
4.1. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES.....	65
4.1.1. Cálculo de velocidad de flujo	65
4.1.2. Cálculo de caudal diario promedio	65
4.1.3. Cálculos para elaborar CDC	65
4.1.5. CDC – Punto 2.....	70
4.2. VARIACIÓN DE CAUDAL MEDIO, MÍNIMO Y MÁXIMO MENSUAL.....	74
4.3. VARIACIÓN DE VELOCIDAD MEDIA, MÍNIMA Y MÁXIMA MENSUAL	76
4.4. ALTURA BRUTA	78
4.5. SELECCIÓN DE TURBINA.....	79
4.6. ALTURA NETA	79
4.6.1. Cálculo de pérdidas en tubería forzada.....	79
4.6.2. Altura neta.....	80
4.7. DISEÑO DE TFC PARA APROVECHAMIENTO EN PUNTO 1	81
4.7.1. Parámetros principales de diseño.....	81
4.7.2. Triángulo de velocidades en el rodete	82
4.7.3. Geometría del rodete.....	83
4.7.4. Geometría del inyector.....	84
4.7.5. Geometría del álabe	85
4.7.6. Potencia de generación	86
4.8. PICOPICA 10 PARA APROVECHAMIENTO EN PUNTO 2	86
4.9. POSIBLES CARGAS PARA SISTEMAS DIMENSIONADOS	87
4.10. RESUMEN DE RESULTADOS.....	88
4.11. DISCUSIONES	89

4.11.1.	SOBRE LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES	89
4.11.2.	POTENCIAL HIDROKINÉTICO	90
4.11.3.	TECNOLOGÍA PARA GENERACIÓN PICOHIDROELÉCTRICA	90
4.11.4.	POTENCIALES APROVECHAMIENTOS	92
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1.	CONCLUSIONES.....	94
5.2.	RECOMENDACIONES	95
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES	96
	ANEXOS	101

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Elementos geométricos de la sección de un canal trapezoidal	10
<i>Figura 2.</i> Central hidroeléctrica de pasada	13
<i>Figura 3.</i> Ilustración del método del flotador.....	15
<i>Figura 4.</i> Determinación de altura con manguera de nivelación.....	16
<i>Figura 5.</i> Determinación de altura con nivel de ingeniero	17
<i>Figura 6.</i> Ejemplo de una curva de duración de caudales en porcentaje.....	18
<i>Figura 7.</i> Componentes de instalación pico hidroeléctrica	24
<i>Figura 8.</i> Central hidroeléctrica con turbina de acción o de tipo Pelton	29
<i>Figura 9.</i> Central hidroeléctrica con turbina de reacción de tipo Francis	30
<i>Figura 10.</i> Vista en explosión de TFC.....	31
<i>Figura 11.</i> Rotor de TFC	32
<i>Figura 12.</i> Componentes de una turbina hélice	33
<i>Figura 13.</i> Turbina PowerPal LH en operación.....	34
<i>Figura 14.</i> Configuración típica de una turbina PowerPal MGH-LH	35
<i>Figura 15.</i> Esquema de instalación de turbina (izquierda) y el modelo T-ULH (derecha).....	36
<i>Figura 16.</i> Tipos de turbinas hidráulicas y PaT para micro-hidro energía.....	38
<i>Figura 17.</i> Modelo de turbina tipo tornillo de Arquímedes.....	39
<i>Figura 18.</i> Turbina PicoPica de 10 W en funcionamiento.	40
<i>Figura 19.</i> Elementos principales de una micro central hidroeléctrica con turbina tipo vórtice	41
<i>Figura 20.</i> Turbina sumergible modelo Ampair UW100.	42
<i>Figura 21.</i> Curva potencia (W) vs velocidad (nudos). 1 nudo = 0.514 m/s	43
<i>Figura 22.</i> El rango de altura y caudal correspondiente a la potencia generada de diferentes turbinas.....	44
<i>Figura 23.</i> Eficiencia de pequeñas turbinas hidráulicas	45
<i>Figura 24.</i> Diagrama de velocidades para turbina Michell-Banki.	47
<i>Figura 25.</i> Geometría del inyector.....	51
<i>Figura 26.</i> Geometría del álabe de regulación.....	52
<i>Figura 27.</i> Geometría del álabe de rodete en TFC	53
<i>Figura 28.</i> Macro localización de recurso hídrico presente en Canal Alto	58
<i>Figura 29.</i> Micro localización de recurso hídrico presente en Canal Alto	59
<i>Figura 30.</i> Curva de duración de caudales (abscisa en días) – Punto 1.....	66

<i>Figura 31.</i> Curva de duración de caudales en función a porcentaje de excedencia – Punto 1	68
<i>Figura 32.</i> Curva de duración del flujo en escala logarítmica – Punto 1	69
<i>Figura 33.</i> Curva de duración de caudales (abscisa en días) – Punto 2.....	70
<i>Figura 34.</i> Curva de duración de caudales en función a porcentaje de excedencia – Punto 2	72
<i>Figura 35.</i> Curva de duración del flujo en escala logarítmica – Punto 2	73
<i>Figura 36.</i> Variación de caudales máximo, mínimo y medio durante el año - Punto 1	74
<i>Figura 37.</i> Variación de caudales máximo, mínimo y medio durante el año - Punto 2	75
<i>Figura 38.</i> Variación de velocidades máxima, mínima y media durante el año - Punto 1	76
<i>Figura 39.</i> Variación de velocidades máxima, mínima y media durante el año - Punto 2.....	77
<i>Figura 40.</i> Desnivel de muy baja altura cerca del punto 1	78
<i>Figura 41.</i> Potencial complejo de generación de baja potencia para iluminación.	87
<i>Figura 42.</i> Posibles lugares para uso de energía eléctrica.	88

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Canales para posible aprovechamiento hidroeléctrico	9
<i>Tabla 2.</i> Percentiles para gráfica de CDC.....	21
<i>Tabla 3.</i> Principales parámetros de las turbinas PowerPal	35
<i>Tabla 4.</i> Parámetros de la turbina ULH Nautilus	37
<i>Tabla 5.</i> Ponderaciones empleadas para selección de turbina	63
<i>Tabla 6.</i> Percentiles de CDC – Punto 1	67
<i>Tabla 7.</i> Caudales característicos de la CDC – punto 1.....	67
<i>Tabla 8.</i> Percentiles de CDC – Punto 1	71
<i>Tabla 9.</i> Caudales característicos de la CDC – punto 1.....	71
<i>Tabla 10.</i> Caudales máximo, mínimo y medio mensual – Punto 1	74
<i>Tabla 11.</i> Caudales máximo, mínimo y medio mensual – Punto 2	75
<i>Tabla 12.</i> Velocidades máxima, mínima y media mensual – Punto 1	76
<i>Tabla 13.</i> Velocidades máxima, mínima y media mensual – Punto 1	77
<i>Tabla 14.</i> Cuadro de puntuación para selección de turbina	79
<i>Tabla 15.</i> Dimensiones de inyector para diámetro de 250 mm	84
<i>Tabla 16.</i> Cuadro resumen de resultados en punto 1 y punto 2.....	88

RESUMEN

En los últimos años diversos recursos hídricos como arroyos o canales están siendo considerados para posibles instalaciones hidroeléctricas. El trabajo que aquí se presenta aborda el estudio del aprovechamiento del recurso hídrico presente en un canal de riego para sembríos con el fin de generar energía eléctrica de baja potencia. Para lograrlo se realizaron mediciones de flujo de agua por el periodo de 12 meses en el lugar objeto de estudio: el Canal Alto del distrito de Guadalupe – La Libertad, luego, de acuerdo al potencial hídrico hallado se exploraron alternativas de generación pico-hidroeléctrica. El estudio determinó que el potencial hidrocínético es muy bajo para un adecuado aprovechamiento por parte de la tecnología hidráulica actual; sin embargo, la pequeña altura neta de 1.6 m con un caudal de 200 l/s al 82.5% de permanencia durante el año puede aprovecharse por una turbina de flujo cruzado para generar 1.95 kW de potencia y abastecer cargas aledañas como viviendas o un recreo campestre.

Palabras clave:

Recurso hídrico, canal, pico-hidroeléctrica, turbina de flujo cruzado.

ABSTRACT

In recent years, various water resources such as streams or canals are being considered for possible hydroelectric installations. The work presented here deals with the study of the use of the water resource present in an irrigation channel for crops in order to generate low-power electrical energy. To achieve this, water flow measurements were made for a period of 12 months in the place under study: the Canal Alto in the district of Guadalupe - La Libertad, then, according to the water potential found, alternatives for pico-hydroelectric generation were explored. The study determined that the hydrokinetic potential is too low for adequate use by current hydraulic technology; however, the small net head of 1.6 m with a flow rate of 200 l/s at 82.5% permanence during the year can be used by a cross-flow turbine to generate 1.95 kW of power and supply neighboring loads such as homes or a country recreation.

Keywords:

Water resource, canal, pico-hydroelectric, cross flow turbine.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

En las últimas décadas el desarrollo tecnológico ha orientado sus esfuerzos a la mejora de los sistemas de aprovechamiento de recursos energéticos renovables con la finalidad de dar una alternativa de generación de energía que no continúe con el deterioro del medio ambiente y sus fatales consecuencias, además se pretende llevar la electricidad a aquellas comunidades aisladas de la red convencional y reducir así la brecha de electrificación a nivel mundial. Es así, que en la actualidad existen modernos y diversos sistemas de generación de energía eléctrica renovable y sostenible como las centrales eólicas, solares y mini hidráulica, tales sistemas son capaces de abastecer gran porcentaje de la energía eléctrica demandada por un país, es decir, pueden abastecer enormes cantidades de potencia con centrales típicas del orden de los MW. Sin embargo, también existe potencial hídrico para generar energía de baja potencia como el que se presenta en flujos con ultra baja altura o de altura nula (pero altas velocidades) a los cuales no se les ha dado demasiado interés por tratarse de bajas potencias de generación pero que su desarrollo podría contribuir enormemente a las tendencias actuales sobre generación distribuida y a la electrificación de zonas totalmente aisladas de la energía provista por la red. Tal potencial puede encontrarse en ríos o arroyos, canales para irrigación agrícola, sistemas de tubería, aguas residuales, etc., por ejemplo, se han dado ya algunos aprovechamientos: en Vietnam se ha empleado material artesanal para instalar varias unidades pico hidráulicas de 200 W en pequeños arroyos y en Taiwán se han instalado sistemas micro hidráulicos que emplean agua de los canales de riego agrícola (Zhou & Deng, 2017)

En nuestro país, el desarrollo de esta energía hidráulica no convencional solo se ha manifestado de manera aislada y empírica, no existiendo demasiada información sobre

el potencial hidroenergético de baja potencia a pesar de ser un país de condiciones favorables para desarrollar la micro y pico hidráulica, mediante nuestros canales de irrigación, por citar un ejemplo, y así reducir la brecha de la electrificación rural y llegar a las comunidades más aisladas de nuestro territorio nacional. Es así que en esta investigación se ha realizado un estudio sobre el aprovechamiento del recurso hídrico existente en un canal para generación eléctrica de baja potencia en el distrito de Guadalupito, exactamente se trata de uno de canales de la zona denominado Canal Alto. El estudio busca contribuir con la información aquí recabada, sobre el potencial hidroenergético nacional de baja carga y evaluar diferentes alternativas para posibles instalaciones, además de sentar un precedente para futuras investigaciones en diferentes zonas del territorio nacional, siendo los sistemas de irrigación agrícola similares en las diversas localidades de nuestro país.

1.2. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se tuvieron como consideraciones previas, los siguientes antecedentes:

Uchiyama, Honda, Okayama, & Degawa (2016) en el trabajo de investigación titulado “*A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine*” realizaron un estudio sobre la viabilidad del aprovechamiento energético de las aguas residuales que fluyen por las tuberías de una localidad japonesa, mediante una turbina pico-hidráulica, para ello, en primera instancia midieron durante el periodo de un año el caudal de aguas residuales en dos puntos de conexión al alcantarillado de la cuenca del río Toyogawa, Japón, para determinar el potencial hidroenergético de las aguas residuales. Posteriormente, realizaron experimentos con una turbina pico hidráulica hueca para indagar sobre su rendimiento bajo el supuesto de una futura instalación en la tubería de alcantarillado. La evaluación de la eficiencia y

comportamiento de la turbina se realizaron netamente en situaciones de laboratorio en las que se simuló el paso de materia extraña (como las existentes en las aguas residuales) a través de la turbina hueca. Los resultados obtenidos muestran un caudal típico de 0.159 m³/s, obteniéndose un potencial hidráulico de 328 W y 222 W en los puntos de conexión, luego, la eficiencia de la turbina se determinó en 0.2, finalmente la potencia eléctrica en los puntos de conexión Toyohashi 1 y Tobu 11-2 es de 66 W y 44 W, respectivamente. De acuerdo a las investigaciones, los autores concluyen que las aguas residuales en los puntos de conexión Toyohashi 1 y Tobu 11-2 tienen potencial hidráulico, que se puede utilizar para la generación de energía durante todo el año, para lo cual el diseño de la turbina picohidráulica hueca diseñada con rodete de palas redondeadas es idóneo para esta aplicación.

Wang, y otros (2008) en su trabajo de investigación titulado *“Installation and Practical Operation of the First Micro Hydro Power System in Taiwan Using Irrigation Water in an Agriculture Canal”* realizaron el diseño, instalación y mediciones experimentales del primer prototipo de micro central hidroeléctrica en un canal de riego agrícola en Taiwán. Para ello, los investigadores exploraron meticulosamente las dimensiones reales del canal seleccionado, para luego realizar el diseño y posteriormente la instalación y operación del prototipo que consta de ocho subsistemas: rueda hidráulica tipo “undershot”, dispositivo de protección por infrarrojos, caja de cambios, aliviadero, álabes, sistema de control eléctrico, generador de imanes permanentes y compuerta hidráulica. Una vez instalado el sistema micro hidráulico se realizaron las mediciones de campo. Los resultados obtenidos para una carga C.A. de 1 kW muestran que el sistema eléctrico es muy estable para convertir el voltaje variable y la corriente generada en una fuente de voltaje de CA estable incluso si las condiciones de carga, el flujo de agua y la velocidad de rotación de la rueda hidráulica fluctúan en el tiempo. Por otro lado, el diseño del

sistema mecánico es adecuado para convertir el agua de riego variable que fluye en una fuente de voltaje AC monofásico con excelente calidad de energía. Los autores concluyen que el sistema ha operado de manera adecuada ante las variaciones de flujo en el canal y aunque se ha diseñado para una potencia nominal de salida de 1.5 kW, se trata de un prototipo inicial y se prevé que es capaz de entregar mayor potencia en las mismas condiciones de flujo de agua. Afirman también que este sistema puede replicarse en el mismo canal o en otros para generar mayor potencia eléctrica.

Correa (2012) en su tesis para optar al título de ingeniero civil, “*Generación de energía hidroeléctrica en canales de regadío*” de la Universidad de Chile, investigó sobre la generación de energía hidroeléctrica mediante una micro central de agua fluyente ubicada en canales de regadío existentes en el Fundo Santa Isidora de Coibungo, Comuna de Villa Alegre, Séptima Región del Maule, Chile. Para realizar este trabajo, primero, se determinó el potencial hídrico disponible, empleando para esto, el catastro de cada canal y la normativa que regula la distribución mensual de los caudales disponibles, además se realizaron aforos puntuales para contrastar la información estadística sobre el caudal promedio mensual con el caudal real de cada canal, luego se llegaron a acuerdos con los regantes de cada canal para la futura realización del proyecto, aquí se presentó una limitante ya que con un grupo de usuarios de uno de los canales objetivo del proyecto, no se llegó a un acuerdo, es así que no se aprovechó su caudal. Posteriormente se realizó un proceso de simulación para determinar la potencia de la central y se detallan las obras civiles y electromecánicas a llevar a cabo. Los resultados obtenidos determinan que, con el caudal disponible de 6 canales de regadío, un desnivel de 4.5 m, se puede generar una potencia de 51.6 kW con un caudal de diseño de 1.35 m³/s y con un factor de planta de 0.89 se puede generar anualmente una media de 403 MWh/año. El autor concluye que, para pequeñas comunidades de regantes, agricultores y otras asociaciones es posible la

implementación de proyectos de generación con centrales hidroeléctricas de pasada para así generar un ingreso adicional y optimizar el uso de los canales de riego.

Salazar (2014) en su tesis para optar al grado de Maestro en Ciencias, titulada *“Generación de energía eléctrica con pequeños complejos de centrales hidráulicas utilizando turbinas lineales horizontales en canales de riego hasta 1 MW”*. En este trabajo, el investigador determinó el potencial energético de los principales canales de riego existentes en el Perú para darle una utilidad adicional a su función de riego: generar energía eléctrica mediante turbinas horizontales. Salazar considera en su estudio a los principales canales de irrigación a nivel nacional: Chira (Piura), Tinajones (Lambayeque), Jequetepeque-Zaña (La Libertad), Majes (Arequipa), Olmos (Lambayeque), Chavimochic (La Libertad) y Chincas (Áncash); sin embargo, se realiza una evaluación referencial en base al Canal de la irrigación Majes, pudiendo replicarse para los canales mencionados. Para la determinación del caudal disponible se emplea la información estadística referente al canal, la cual se ha registrado en años anteriores según promedios mensuales, seguidamente, de acuerdo a esto se procede a realizar una simulación para la generación de energía mediante una central de pasada con un desnivel neto de 2.0 m. Para la simulación de la central se toman 5 casos y para efectos de análisis se escoge el caso de mayor caudal disponible. El autor manifiesta que los factores de lugar, tiempo y dinero son las mayores limitantes para la realización del presente proyecto en el corto plazo. Los resultados muestran que con un caudal disponible de 9.18 m³/s, se tiene un potencial energético de 121.1 kW, y que con un factor de planta de 0.90, generaría una media de 1 060 671 MWh/año y el costo estimado de la inversión en este proyecto sería de S/. 544 950.00. Finalmente, el autor concluye que existe un enorme potencial energético en nuestro país, constituido por pequeños complejos hídricos como son los canales de riego existentes, este potencial ofrece alternativas de generación de

potencia viables técnica y económicamente, pudiendo constituir en solución energética para localidades aisladas de la red, así como convertirse en el inicio de la generación distribuida en nuestro país.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué potencial presenta el recurso hídrico existente en el canal alto del distrito de Guadalupe para su aprovechamiento en generación de energía eléctrica de baja potencia?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Realizar el estudio del aprovechamiento del recurso hídrico para generar energía eléctrica de baja potencia en el distrito de Guadalupe – La Libertad.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el potencial del recurso hídrico presente en un tramo del canal de riego para sembríos denominado Canal Alto del distrito de Guadalupe, para posible aprovechamiento hidroeléctrico.
- Presentar alternativas para el aprovechamiento hidroeléctrico de baja potencia del Canal Alto del distrito de Guadalupe.
- Dimensionar la tecnología más adecuada para el aprovechamiento del recurso hídrico presente en el Canal Alto del distrito de Guadalupe, con fines de generación de potencia eléctrica.
- Proponer posible uso y aplicación del sistema dimensionado para abastecimiento de potencia a cargas aledañas.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El recurso hídrico del Canal Alto del distrito de Guadalupe presenta potencial energético para la generación de energía eléctrica de baja potencia en la escala de pico-generación; en virtud a la velocidad (potencial hidrocínético), desnivel y disponibilidad de todo el caudal medio.

1.6. JUSTIFICACIÓN

Nuestro territorio nacional presenta potencial hídrico para generar energía eléctrica de baja potencia que aún no ha sido explorado, como el presente en los canales de riego, pero su aprovechamiento podría constituir como solución energética a distintos problemas en este ámbito, siendo el más importante la reducción de la brecha en la electrificación nacional, es así que el presente estudio pretende acrecentar la información sobre el recurso hídrico disponible para el desarrollo de sistemas hidroeléctricos de baja potencia para futuras investigaciones y posibles instalaciones a pequeña, micro o pico escala. El presente estudio se desarrolló en el distrito de Guadalupe, el cual posee una red de canales para irrigación de los sembríos así como muchas otras localidades en todo el Perú, en virtud de lo cual, el estudio sobre el aprovechamiento del recurso hídrico aquí expuesto, puede constituir material precedente para investigaciones futuras en las cuales se pueda presentar a la generación distribuida de baja potencia mediante canales como solución a ciertas necesidades energéticas de nuestro país.

Finalmente podemos enfatizar en que las investigaciones sobre recursos energéticos renovables fomentan y/o promueven iniciativas de generación mediante energías limpias como la hidroeléctrica de pequeña, micro o pico escala, las cuales mitigan la emisión de gases de efecto invernadero, lo que favorece el cuidado del medio ambiente en el que vivimos.

1.7. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Para el presente trabajo de investigación hubiera sido ideal estudiar la variabilidad del flujo de agua en el canal con un instrumento de mayor precisión y automatización, que hubiera permitido recolectar data todo el día en lugar de las mediciones puntuales que se dieron durante una o dos horas en el canal; sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo y dinero del investigador esto no fue posible de realizar, incluso no se llegó a medir todos los días como lo previsto sino con una frecuencia estimada de 6 días por semana. Esta limitación no es determinante en la investigación, pero es conveniente mencionarla.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES SOBRE IRRIGACIÓN Y CANALES DE RIEGO

2.1.1. Potencial en canales de riego del Perú para generación hidroeléctrica

Según Salazar (2014) los canales del Perú de acuerdo con su diseño poseen flujos con velocidades considerables, lo que significa que tienen una cantidad considerable de energía disponible, en virtud a estas velocidades, se pueden realizar aprovechamientos mediante turbinas hidrocinéticas de manera puntual – es decir con solo una unidad generadora – o mediante un conjunto de turbinas dispuestas sobre los canales, además expone que son sitios para un potencial aprovechamiento:

Tabla 1

Canales para posible aprovechamiento hidroeléctrico

Canal	Caudal (m ³ /s)
Chira - Piura	7 a 70
Tinajones - Lambayeque	5.5 a 14.48
Jequetepeque y Zaña - La Libertad	17.1 a 28.5
Majes - Arequipa	23 a 30
Olmos - Lambayeque	22
Chavimochic - La Libertad	82
La Víbora de Chincas - Áncash	12 a 19

Fuente: Adaptado de Salazar, L. (2014).

Los mencionados canales pueden emplearse también de manera convencional para generar energía mediante centrales hidroeléctricas de pasada. Según Tantaleán y Polo (2020) en Perú existe gran número de canales que por sus características de

limpieza y fácil regulación constituyen fuente de energía hidráulica que puede ser empleada para satisfacer necesidades eléctricas de zonas rurales.

2.1.2. Irrigación

Según Chique (2013), se conoce como riego al aporte de agua al terreno con la finalidad de facilitar el desarrollo de los cultivos. Para tal fin se deben emplear obras de captación y conducción para transportar el agua eficientemente hacia las parcelas agrícolas. Una de las infraestructuras principales de conducción son los canales.

2.1.3. Canales de riego

Según Barreto (2015) los canales tienen por principal objetivo transportar el agua, siendo la mayoría de veces un flujo abierto, además de trabajar por gravedad y estar sometidos solo a la presión atmosférica. Los canales pueden transportar cantidades de agua desde unos pocos litros por segundo a varios metros cúbicos por segundo.

Villón (2008) afirma que las secciones transversales más frecuentes para los canales artificiales son los de sección trapezoidal, rectangular, triangular como secciones abiertas y los de sección circular, así como los de herradura como secciones cerradas. Además, un canal trapezoidal presenta los elementos geométricos expuestos en la siguiente figura y cuyos nombres se presentan posteriormente a la figura.

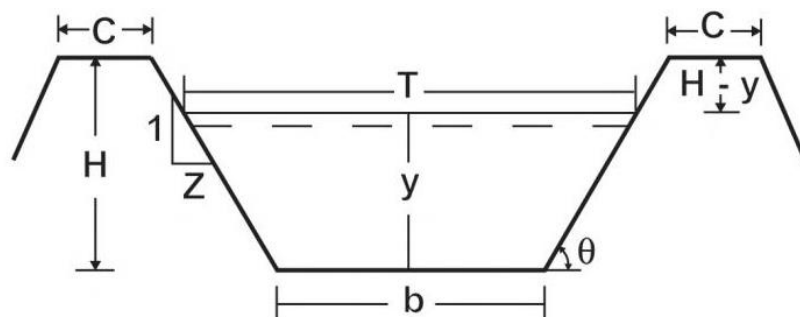


Figura 1. Elementos geométricos de la sección de un canal trapezoidal

Fuente: Villón (2008)

- y: tirante de agua, máxima profundidad que alcanza el agua desde la superficie
- b: ancho de solera, longitud de la base menor de la sección del canal
- T: espejo de agua, ancho de la superficie libre del agua
- C: ancho de corona
- H: profundidad total del canal
- θ : ángulo de inclinación de paredes laterales del canal, respecto de la horizontal
- Z: Talud, valor de la horizontal cuando la vertical se iguala a la unidad

Villón (2008) define el área hidráulica (A) como aquella sección ocupada por el flujo de agua a su paso por el canal. Y nos da la siguiente relación para calcularla:

$$A = \frac{(T+b)}{2} y \quad (1)$$

2.2. GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

2.2.1. Generación hidroeléctrica

Ortiz (2001) señala que una central o planta hidroeléctrica se refiere al conjunto de obras, maquinaria e instalaciones destinadas a transformar la energía hidráulica del agua en energía eléctrica. Esta energía hidráulica se puede concebir como la combinación de la energía potencial y cinética de un flujo de agua debido a una caída de altitud, la cual es convertida por un equipo electromecánico turbina-generator en energía eléctrica (Rodríguez & Suárez, 2013).

2.2.2. Principio de funcionamiento de una central hidroeléctrica

El principio de funcionamiento de una central hidroeléctrica – de ahora en adelante CH – depende de dos factores: el caudal (Q, usualmente en m³/s) y el desnivel (en m), el primero hace referencia al flujo de agua y el desnivel es la altura bruta de caída de dicho flujo, el cual mediante una tubería de presión es transportada hacia el equipo

electromecánico turbina – generador y entrega parte de su energía potencial y cinética para generar electricidad. La potencia hidroeléctrica de salida se calcula como sigue

$$P_{CH} = \eta\gamma QH \quad [kW] \quad (2)$$

η es la eficiencia de toda la instalación y γ es el peso específico del agua = 9.81 kN/m³

2.2.3. Clasificación de las centrales hidroeléctricas

Las CH se clasifican según la potencia de generación P que éstas puedan llegar a producir, así, según Cardozo (2011):

- Si, $P < 100$ kW: Micro central hidroeléctrica.
- Si, $100 \leq P < 1000$ kW: Pequeña central hidroeléctrica.
- Si, $1000 \leq P < 10000$ kW: Mediana central hidroeléctrica.
- Si, $10000 \text{ kW} \leq P$: Gran central hidroeléctrica.

En la actualidad se habla también de pico centrales hidroeléctricas (pCH), cuya potencia de generación es menor o igual a 5 kW (Lahimer, y otros, 2012). Las CHs se clasifican también, de acuerdo al tipo de embalse que se pretende emplear, es así que tenemos los siguientes tipos:

Centrales hidroeléctricas con embalse

En estas centrales hidroeléctricas se da el almacenamiento de grandes cantidades de agua por medio de una o más represas aprovechando las épocas favorables del año.

El embalse juega un papel importante en la regulación del flujo volumétrico que pasa por las turbinas, con el fin de contrarrestar las variaciones de caudal provenientes del río (Obregón, 2015).

Centrales hidroeléctricas de pasada

Utilizan el caudal de un río sin realizar grandes represas o embalsamientos, sino que se hace una derivación de una cantidad determinada de caudal del río para su posterior aprovechamiento energético aguas abajo, también se le llama central de agua fluyente (Mallitásig, 2008). Complementariamente, Enel (2018) afirma que este tipo de centrales aprovecha el desnivel natural del curso de un río y operan de forma continua ya que no tienen capacidad para almacenar agua.

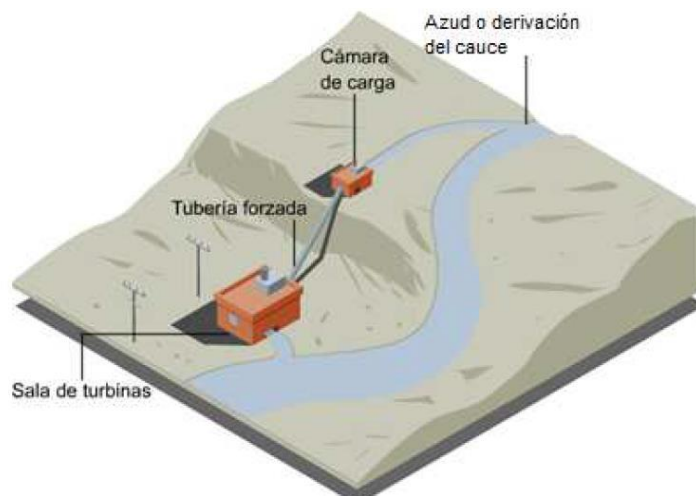


Figura 2. Central hidroeléctrica de pasada

Fuente: Mallitásig (2008)

Centrales hidroeléctricas de bombeo

Consiste en que la potencia excedente en periodos de poco consumo se utiliza para mover bombas que toman agua de un embalse inferior de la CH y la elevan al embalse propio de la central, a un nivel superior. Al cesar los excedentes, cesa inmediatamente el bombeo y se invierten los términos (Mallitásig, 2008)

2.3. DETERMINACIÓN DE POTENCIAL HIDROENERGÉTICO

Se debe realizar una evaluación del potencial hidroenergético en la zona del recurso, para así definir los parámetros que harán posible la explotación del recurso hídrico y los

siguientes pasos a seguir, estos parámetros de medular importancia son la altura y el caudal de agua disponible (Dávila, Vilar, Villanueva, & Quiroz, 2010). Existen diversos métodos para realizar las mediciones de caudal y caída y “la utilización de cualquiera de estos dependerá de los materiales y equipos que se pueda llevar o encontrar en el lugar de evaluación, nivel de estudio, así como el tamaño del proyecto (pico, micro o minicentral hidráulica)” (Dávila y otros, 2010).

HYDRO POWER (2009) sugiere los siguientes métodos para estimar el caudal:

2.3.1. Métodos de medición de flujo

Método de área-velocidad (método del flotador)

Se escoge un tramo de longitud “L” del agua fluyente que sea regular y con poca o nula turbulencia, luego se mide el área “A” de sección transversal que corresponde al perímetro mojado. Luego se mide el tiempo “t” que tarda el flotador en recorrer el tramo y con la siguiente ecuación se halla la velocidad superficial “v” del flujo

$$v = L/t \quad [m/s] \quad (3)$$

Este valor corresponde con la velocidad superficial del flujo y debe corregirse para hallar la velocidad media “ v_m ” y calcular el caudal “Q”. Para ello, se emplea una constante “c” que depende de las condiciones del canal. Para canales revestidos de concreto liso, $c = 0.85$

$$v_m = c \cdot v \quad (4)$$

$$Q = v_m \cdot A \quad [m^3/s] \quad (5)$$

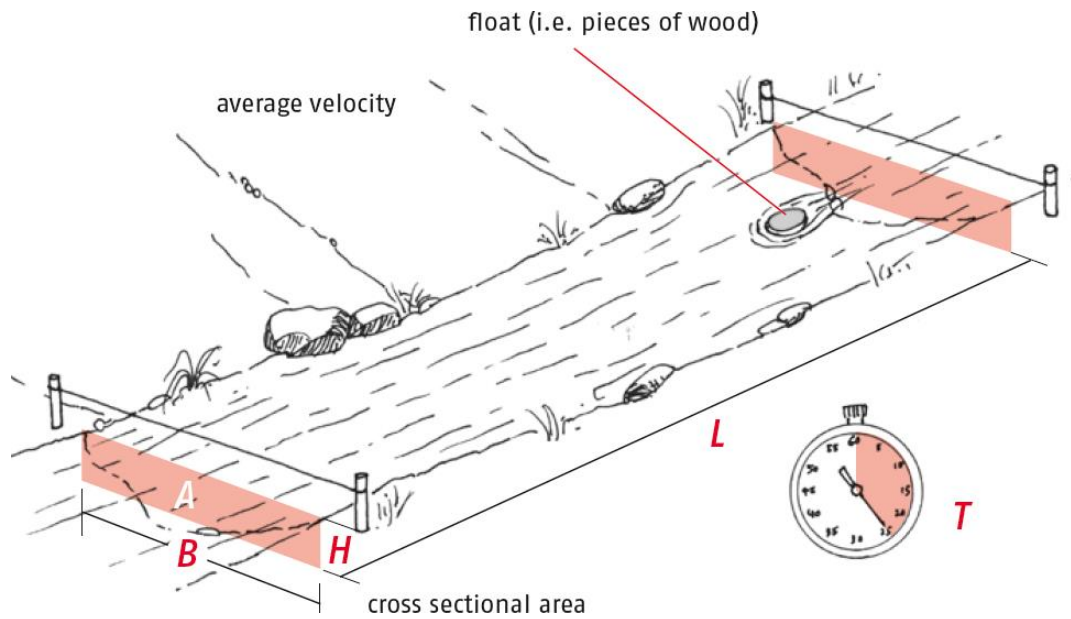


Figura 3. Ilustración del método del flotador.

Fuente: HYDRO POWER (2009)

Método de dilución de sal

Consiste en medir el cambio en la conductividad del agua, vertiendo en esta una disolución de sal. Para la medir debe emplearse un sofisticado instrumento llamado conductímetro. El caudal se determina mediante una relación matemática.

Método del correntómetro

Se mide la velocidad del flujo de agua con ayuda de una hélice calibrada que forma parte del correntómetro, midiendo el área se llegar a estimar el caudal.

2.3.2. Métodos de medición de altura

Dávila y otros (2010) respecto a la estimación del desnivel, exponen:

Método de la manguera de nivelación

Se fundamenta en el principio de vasos comunicantes, consiste en llenar la manguera con agua y registrar la altura determinada por el nivel de agua mediante una regla

graduada, el proceso se repite hasta completar la altura requerida. Método recomendado en saltos pequeños por ser económico y de precisión aceptable.

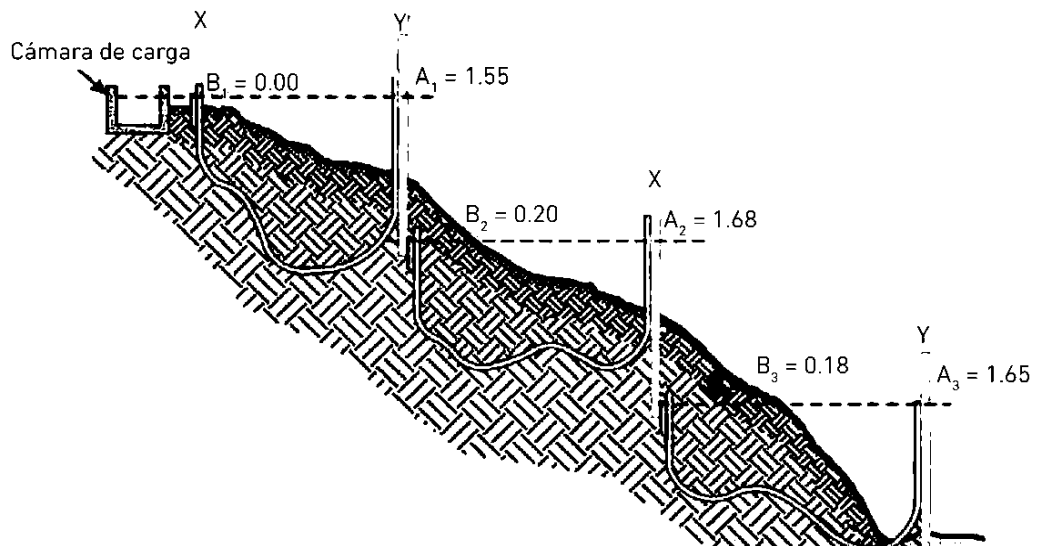


Figura 4. Determinación de altura con manguera de nivelación

Fuente: Dávila y otros (2010)

Método de nivel de carpintero y reglas

Este método al igual que el de manguera de nivelación, se fundamenta en el mismo principio; sin embargo, en este método la horizontalidad se determina mediante un nivel de carpintero, el cual se coloca sobre una tabla.

Método de nivel de ingeniero

Método bastante preciso, pero requiere de operadores conocedores. El procedimiento consiste en colocar el portamira en la cámara de carga, el operario registra la lectura y gira el nivel para tomar otro punto hacia el otro lado y se calcula la altura parcial como la diferencia entre las lecturas. Luego, el nivel se desplaza hasta visualizar el portamira del punto anterior, se repite el primer paso y se continúa hasta completar la altura total, la cual es la suma de las alturas parciales.

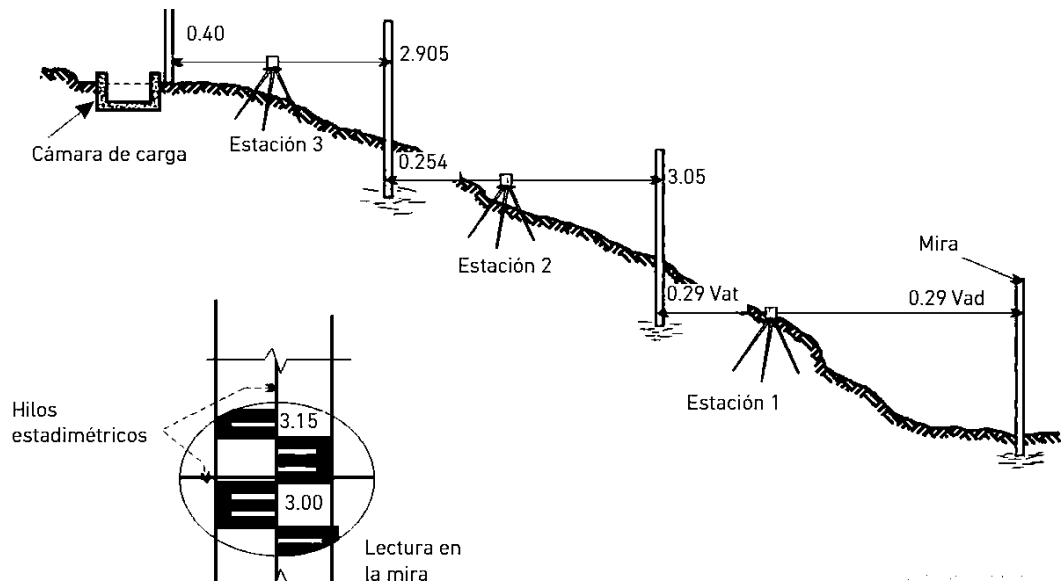


Figura 5. Determinación de altura con nivel de ingeniero

Fuente: Dávila y otros (2010)

2.3.3. Potencial hidrocínético

Cuando no existe desnivel en el flujo de agua, se puede considerar el potencial hidrocínético para su aprovechamiento en producción de energía eléctrica. Según Saini, Kumar, & Saini (2020), la potencia hidrocínética teórica se calcula de acuerdo a la siguiente relación:

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (6)$$

donde

A : Área de rotor en m^2

P_0 : Potencia hidráulica disponible de flujo de agua en W

ρ : Densidad del agua, generalmente 1000 kg/m^3

v : Velocidad media del flujo de agua en m/s

Sin embargo, Saini y otros (2020) añaden que para hallar la potencia de generación P_g , debemos considerar un coeficiente de potencia de la turbina (C_p), luego:

$$P_g = C_p P_0 = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3 \quad (7)$$

2.4. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES

2.4.1. Curva de duración de caudales

López, Mora, & Espejo (2014) afirman que la curva de duración de caudales (CDC) es una útil metodología en el análisis del régimen de flujo de una cuenca hidrográfica y que puede determinarse mediante flujos diarios, mensuales o anuales. La CDC nos permite conocer el porcentaje de un cierto periodo durante el cual los flujos han sido igualados o excedidos. Las CDC señalan de una manera sencilla la permanencia de cierto nivel de caudal; pudiendo ser elevado, medio o bajo, a su vez proporcionan información sobre la variabilidad de la corriente de agua durante un periodo determinado. En la figura 6 se muestra una CDC típica, en la cual se observa en las ordenadas la escala en unidades de caudal (m^3/s) y en las abscisas el tiempo de excedencia del caudal en porcentaje (%).

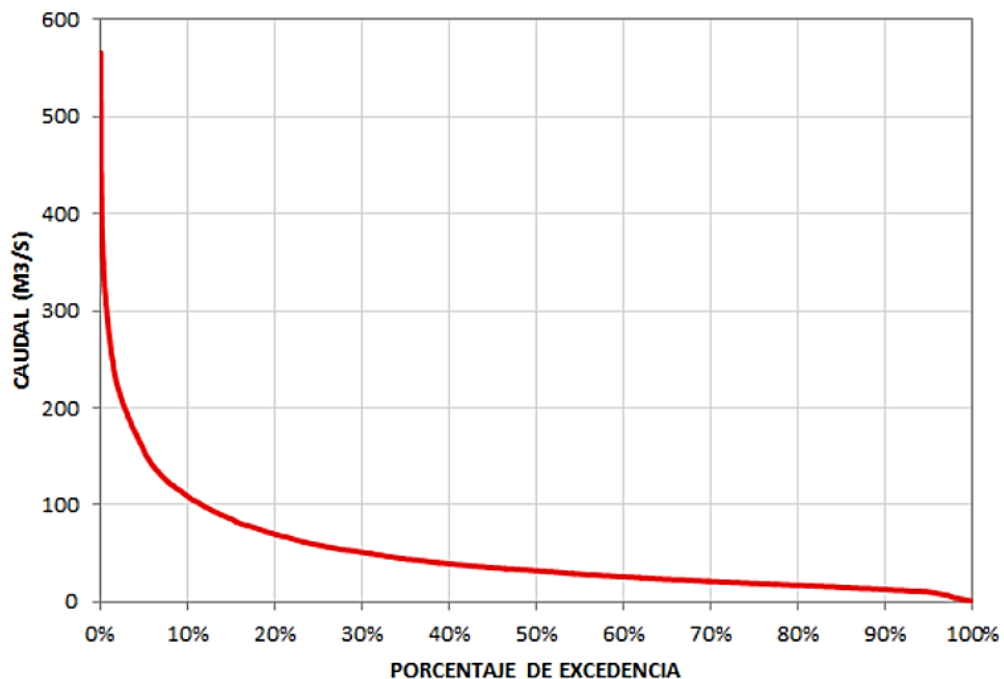


Figura 6. Ejemplo de una curva de duración de caudales en porcentaje.

Fuente: Salazar (2016)

Según Marín (2011), la CDC es de mucha utilidad en la ejecución de diversos proyectos de ingeniería, por ejemplo, para la puesta en marcha de todo proyecto relacionado con centrales hidroeléctricas de agua fluyente, se requiere construir curvas de duración de flujo a fin de conocer la probabilidad de que un flujo determinado exceda cierto caudal de agua. Por otro lado, según Abdullah (2014), el caudal anual medio que se obtiene da una idea del potencial energético de un flujo de agua, además la CDC se puede aplicar a períodos de tiempo particulares, así como para años particulares.

Salazar (2016) señala que, la CDC es un indicador del comportamiento del flujo volumétrico de agua en un año típico, razón por la cual el área que se encuentra debajo de la curva de duración de caudales es igual al volumen promedio de agua transportada durante un año y cuando esta cantidad obtenida se divide entre la cantidad de días del periodo correspondiente (usualmente un año), se hallará el caudal medio diario. El flujo de agua que corresponde al 50% del tiempo igualado o excedido representa el caudal mediano del periodo.

La CDC se presenta generalmente de dos maneras: La primera es teniendo en el eje de las abscisas el porcentaje de excedencia del caudal y la otra metodología con el eje x en días. El caudal viene dado generalmente en m^3/s .

2.4.2. Método tradicional de construcción de CDC – U.S. Geological Survey (USGS)

De acuerdo con Salazar (2016) esta metodología consiste en elaborar una única curva de duración de flujo utilizando para ello toda la data de mediciones disponible del flujo objeto de estudio. A su vez, Salazar (2016) expresa que, a los caudales medidos se les denota como $q(i)$, $i = 1, 2, \dots, N$, y se les asigna un número de orden para así conformar un conjunto ordenado de datos $q(i)$, en donde N representa la cantidad de

datos y $q(1)$ y $q(N)$ son el caudal mayor y el caudal menor del conjunto de datos, respectivamente. Luego, se calcula la probabilidad de excedencia de los flujos volumétricos ordenados, esto es, p_i . Lo usual es utilizar alguna ecuación que permita calcular la probabilidad de excedencia, como la relación que se muestra a continuación:

$$p_i = P(Q \geq q_{(i)}) = \frac{i}{N+1} \quad (8)$$

Finalmente, cada caudal $q(i)$ se grafica con su respectivo valor de probabilidad de ser igualado o excedido p_i , determinando de esta forma la CDC. De existir valores iguales de caudal dentro del rango de datos, la probabilidad p_i de cada uno de estos será la mayor probabilidad calculada para dicho valor.

Según manifiesta Salazar (2016) existen 15 percentiles que permiten representar de forma aproximada la curva de duración de caudales, los cuales permiten abarcar todo el rango de caudales (altos, medios y bajos) y corresponden a los porcentajes de excedencia que se presentan en la tabla 2, donde, por convenio se establece que los caudales del 0.1% al 10% de porcentaje de excedencia, es decir los caudales denotados como $Q_{0.1}$, $Q_{0.5}$, $Q_{1.0}$, Q_5 , Q_{10} , corresponden a caudales altos, los caudales del 20% al 60% de porcentaje de excedencia, esto es Q_{20} , Q_{30} , Q_{40} , Q_{50} , Q_{60} a caudales medios y los caudales del 70% al 99% de porcentaje de excedencia, es decir, Q_{70} , Q_{80} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{99} , son considerados caudales bajos. A continuación, se muestra la tabla con los percentiles para graficar la curva de duración de flujo.

Tabla 2

Percentiles para gráfica de CDC

PERCENTIL	PORCENTAJE DE EXCEDENCIA
Q_0.1	0.1 %
Q_0.5	0.5 %
Q_1.0	1.0 %
Q_5.0	5.0 %
Q_10	10.0 %
Q_20	20.0 %
Q_30	30.0 %
Q_40	40.0 %
Q_50	50.0 %
Q_60	60.0 %
Q_70	70.0 %
Q_80	80.0 %
Q_90	90.0 %
Q_95	95.0 %
Q_99	99.0 %

Fuente: Salazar (2016)

2.4.3. Principales características de la CDC

La Comisión Nacional de Riego de Chile (2020) señala que la pendiente la CDC fluctúa según la data disponible, esto es, si se trabaja con caudales diarios se genera una curva con mayor pendiente que una hallada mediante caudales mensuales. Si la CDC se grafica en escala logarítmica, obtendríamos una recta; si esta tiene elevada pendiente, estamos ante caudales muy fluctuantes; por otro lado, si la pendiente es pequeña, estamos ante cambios pequeños de caudal. En la CDC se definen los siguientes caudales característicos:

- *Caudal medio anual*: Valores promedio de los 12 caudales medios mensuales.
- *Caudal característico máximo*: Caudal rebasado 10 días al año.
- *Caudal mínimo probable o de estiaje*: es el caudal que la corriente debe suministrar durante todo el año con una probabilidad de excedencia del 95%.

- *Caudal de servidumbre (Q_{sf}):* el necesario que hay que dejar en el río por su cauce normal. Incluye el caudal ecológico y el necesario para otros usos.
- *Caudal mínimo técnico (Q_{mt}):* es aquel directamente proporcional al caudal de equipamiento con un factor de proporcionalidad, K, que depende del tipo de turbina
- *Caudal de equipamiento o caudal nominal (Q_e):* el que puede turbinarse, lo indica el proveedor en su propuesta y corresponde al indicado en la placa del equipo.

2.4.4. Selección de caudal de diseño de la turbina hidráulica según CDC

SHAPES Project (2010) señala que el diseño de turbina se basa en la CDC del sitio, una herramienta crucial para optimizar producción y viabilidad del proyecto.

La Comisión Nacional de Riego de Chile (2020) manifiesta que, valores adecuados de probabilidad de excedencia serían de 50% para sistemas conectados a red (On-Grid) y de 75% para sistemas aislados (Off-Grid). Para el caudal de diseño se deberá tener presente dos escenarios: un sistema con respaldo de red (On - grid) o aislado (isla u Off Grid); en el primer caso la confiabilidad es mayor y el diseño puede contemplar un caudal más alto (consecuentemente menor probabilidad de excedencia), en el segundo caso se deberá considerar mayor probabilidad de permanencia.

Finalmente, La Comisión Nacional de Riego de Chile (2020) indica que, la selección del caudal de diseño depende de varios factores y a veces no se elige el caudal que proporciona mayor producción, ya que hay que tener en cuenta otros factores como: tiempo de permanencia de una determinada potencia (por ejemplo, un sistema aislado), la inversión necesaria, instalaciones existentes que condicionan el flujo a

derivar (canales, tubería, etc.), los caudales mínimos que pueden dejar fuera de servicio el equipo u otras causas.

2.5. PICO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

De acuerdo con Haidar, Senan, Nomanb, & Radman (2012) una pico central hidroeléctrica (pCH) es aquella capaz de entregar una potencia máxima de 5 kW. Es una muy buena alternativa para suministrar electricidad a zonas remotas y aisladas a las que no llega la red convencional y que sufren de déficit de energía. En la generación pico hidroeléctrica, el impacto ambiental es insignificante ya que no existen construcciones de grandes represas y los esquemas pueden ser administrados y mantenidos por el propio consumidor.

2.5.1. Componentes de pico central hidroeléctrica

Landa & Llanganate (2009) expresan que, los componentes de una típica pico central hidroeléctrica son los siguientes:

- *La fuente de agua:* puede ser un arroyo, pequeño riachuelo o algún canal empleado para riego agrícola.
- *Cámara de carga:* es aquella que en ocasiones se puede diseñar para formar un reservorio y así proporcionar confiabilidad al sistema pico hidroeléctrico.
- *Tubería forzada:* también denominada tubería de presión, es aquella por donde fluye el agua a presión hacia la turbina hidráulica.
- *Turbina hidráulica:* turbomáquina encargada de la transformación de la potencia hidráulica contenida en el flujo de agua en potencia mecánica de rotación.
- *Generador eléctrico:* convierte la potencia mecánica en potencia eléctrica

- *Controlador electrónico*: hace que la potencia eléctrica generada en el equipo turbo-generador corresponda con las cargas eléctricas que se conectan al sistema y que de esta manera la central trabaje de la manera más eficiente posible sin perturbaciones en la operación.

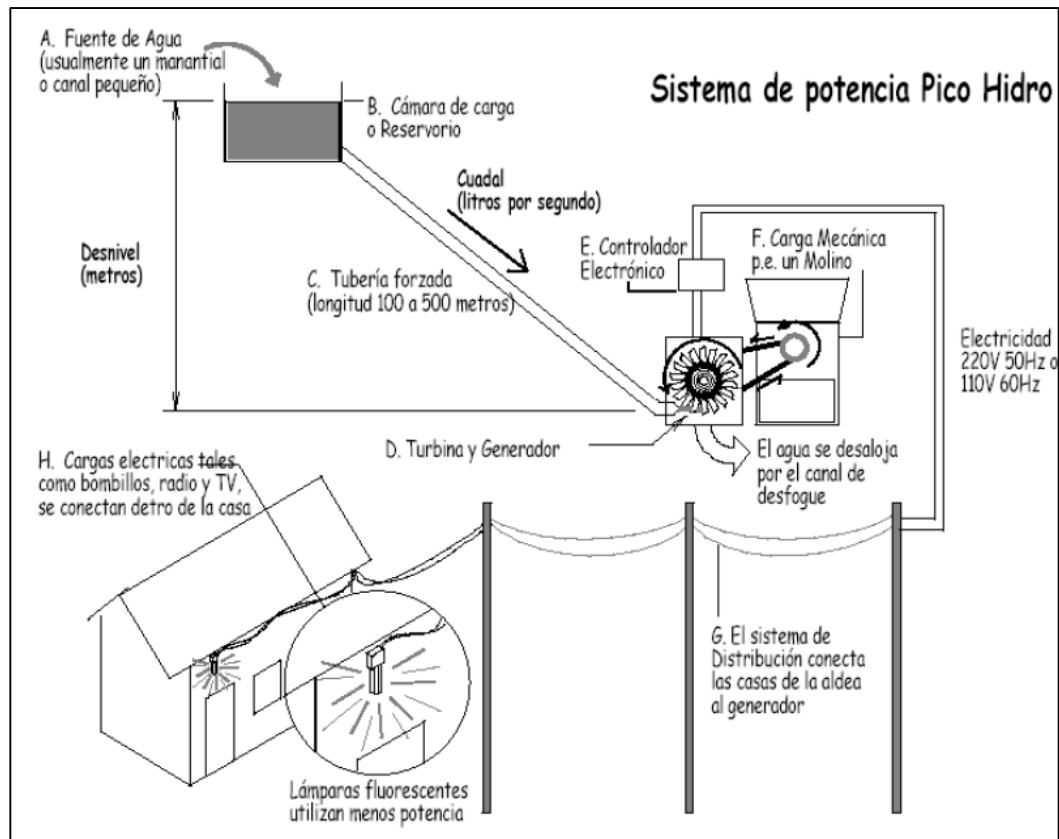


Figura 7. Componentes de instalación pico hidroeléctrica

Fuente: Landa & Llanganate (2009)

2.5.2. Ventajas y desventajas de las pCH

Ventajas

- Es un recurso de energía limpia, sustentable y renovable, con mínimo impacto ambiental debido a que no requiere de grandes embalses (Energypedia, 2016).

- Mediante un correcto dimensionamiento del sistema se obtienen costos mínimos por kW en comparación a los sistemas fotovoltaicos, eólicos o grupo electrógeno (Medina & Sigchi, 2021).
- Costes mínimos de funcionamiento y seguimiento (a diferencia de las baterías en los sistemas fotovoltaicos), además de requerir pequeños esfuerzos en lo concerniente a mantenimiento (Energypedia, 2016).
- Los componentes de una pCH son pequeños y compactos, debido a esto su transporte e instalación es muy sencilla, pudiendo llegar a zonas de difícil acceso y ser instalados por personal con poca capacitación (Medina & Sigchi, 2021).

Desventajas

- Se requiere de un adecuado estudio de pre factibilidad sobre el flujo presente en el arroyo o canal y muchas veces no se cuenta con datos de mediciones y la instrumentación para realizarlas es nula (Energypedia, 2016).
- Por lo general, las pCH han sido independientes, con una sola casa o un pequeño grupo de casas conectadas a una sola turbina. No se pueden conducir cargas grandes porque no hay suficiente capacidad (Electrical Energy Management Group, 2021).

2.5.3. Zonas de demanda para pCH

Según manifiesta Lahimer, y otros (2012), existen aspectos de los sistemas o centrales pico hidroeléctricas tales como la rentabilidad, continuidad, sostenibilidad y recuperabilidad que en las tendencias de desarrollo tecnológico actual constituyen grandes estímulos y motivación para el empleo de estos sistemas en los casos que a continuación se exponen:

Hogares de bajos ingresos

La pCH está diseñada principalmente para electrificación rural, para permitir que los hogares de bajos ingresos disfruten del uso de electrodomésticos estándar y proporcionar energía mecánica para impulsar equipos agrícolas. Además, la utilización de las pCH para recargar baterías de automóviles y equipos portátiles ha dado mayor comodidad a las áreas rurales.

Empresa de alta rentabilidad

Motorola, Inc. descubrió que la sustentabilidad, el bajo costo y el bajo mantenimiento del esquema pico hidroeléctrico hacen que esta tecnología sea una solución ideal para la generación de energía cuando una conexión a la red no es factible para la comunicación inalámbrica y de sus estaciones basadas en la red.

Como dispositivo de recuperación de energía

Las picoturbinas hidráulicas se consideran un buen dispositivo de recuperación de energía porque pueden funcionar con una altura y un caudal muy bajos. Por ejemplo, pueden utilizar la energía de las plantas de tratamiento de aguas residuales, tuberías en redes de distribución de agua, etc.

2.6. POTENCIALES SITIOS CON RECURSO HÍDRICO PARA GENERACIÓN DE BAJA POTENCIA

Por la naturaleza del recurso hídrico a investigar, consideraremos como generación de baja potencia a los sistemas **pico hidroeléctricos**, en los que tenemos sistemas de ultra baja altura (denominado ULH por sus siglas en inglés) y altura cero (turbinas hidrocinéticas).

Según Zhou & Deng (2017) los sitios de agua-energía ULH existentes se introducen dentro de los siguientes casos:

- *Ríos y arroyos*, presentan enorme potencial ULH para generación hidroeléctrica con el equipo adecuado y mínimo impacto, a su vez los flujos con altura cero pueden producir energía en función a la velocidad empleando una turbina hidrocínética.
- *Canales*, son considerados lugares idóneos para sistemas de generación micro-hidroeléctrica ULH. Con velocidades suficientes se pueden emplear en generación hidrocínética tanto las vías fluviales como canales existentes para riego agrícola.
- *Sistemas de tubería*, tales como aquellos de circulación de agua para refrigeración industrial, red de suministro de agua potable y líneas de suministro de agua de las centrales hidroeléctricas presentan presiones excedentes que pueden ser aprovechadas para generación de energía eléctrica.
- *Sistemas de aguas residuales*, su empleo para sistemas hidroeléctricos aún está en desarrollo, aunque en ascenso debido a la variedad de caudales existentes, así como el desarrollo de nuevas turbinas de baja potencia.

Según Uchiyama, Honda, Okayama, & Degawa (2016), en Japón la generación hidráulica empleando aguas residuales se ha estimado en $4 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h} \cdot \text{a}^{-1}$, motivo por el cual el gobierno japonés pretende emplear el caudal de las aguas residuales como recurso energético. Por otro lado, Botto et al., citado por Zhou & Deng (2017) consideró la tecnología de turbinas hidrocínéticas de agua aplicable a canales de pequeñas dimensiones como un gran avance en la producción de energía amigable con el medio ambiente, además analizó la base de datos de canales empleado para irrigación regionales de Piemonte (noroeste de Italia) para rastrear la producción potencial de energía de ese recurso.

2.7. TURBINAS HIDRÁULICAS

2.7.1. Turbina hidráulica

Zamora & Viedma (2016) manifiestan que una turbina hidráulica es una turbomáquina motora ya que es capaz de extraer energía mecánica de un flujo mediante un intercambio de momentum entre el fluido y la máquina a través de un órgano giratorio denominado rodete. El flujo se desplaza continuamente a través del espacio comprendido entre los álabes del rotor, los cuales conforman pequeños canales de circulación. Zamora & Viedma (2016) señalan además que se puede definir una turbina también como una máquina rotodinámica de fluido incompresible conformada por un órgano fijo o estator y un órgano móvil o rotor. Una turbina convencional tiene los tres siguientes componentes:

- *El distribuidor*, que es el componente que guía al fluido hacia la entrada del rodete en dirección y magnitud adecuadas para un óptimo aprovechamiento de su energía. En ciertas turbinas son álabes fijos no giratorios pero regulables en orientación.
- *El difusor*, es el encargado de recoger el fluido a la salida del rodete y conducirlo de forma eficiente para que reduzca su energía cinética y recupere presión estática. En las turbinas se le denomina también tubo de aspiración.
- *El rotor*, órgano inherente a toda turbina provisto de álabes en el cuál se da el intercambio energético.

No toda turbina hidráulica debe contar necesariamente con los elementos indicados líneas arriba si no que algunas turbinas pueden prescindir elementos como el distribuidor o difusor e incluso ambas.

2.7.2. Clasificación de las turbinas hidráulicas

Turbinas de acción

Medina & Sigchi (2021) manifiestan que estas turbinas aprovechan solo la energía cinética del flujo de agua y que es transmitida al rodete. Según Zamora & Viedma, (2016) la presión a la entrada y a la salida del rodete es la misma. Toda la conversión de energía de presión en energía cinética se sitúa en la tobera del inyector y el flujo de agua sólo incide sobre los sucesivos álabes en forma de uno o varios chorros discretos a gran velocidad. Dentro de estas turbinas, la más conocida es la **turbina Pelton**, pero existen otras como la **Turgo** y la **Michell – Banki**.

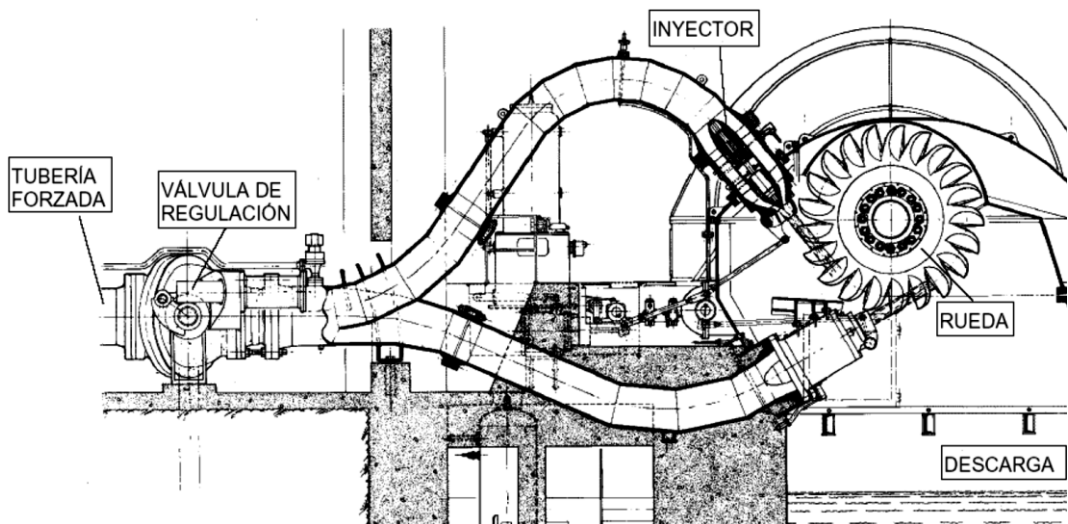


Figura 8. Central hidroeléctrica con turbina de acción o de tipo Pelton

Fuente: Zamora & Viedma (2016)

Turbinas de reacción

Medina & Sigchi (2021) expresan que estas turbinas aprovechan la energía de presión conforme el fluido atraviesa los álabes del rotor y utilizan así tanto energía cinética como de presión del fluido. De acuerdo con Potter, Wiggert, & Ramadan (2016), en las turbinas de reacción el flujo de agua sale del distribuidor a cierta presión para entrar al rodete, luego de intercambiar momentum el flujo sale del

rodete hacia un difusor, llamado tubo de aspiración, que actúa para convertir la energía cinética que queda en el líquido en energía de presión. Dentro de esta categoría de turbinas tenemos: la tipo **Francis, Kaplan, Deriaz**, entre otras.

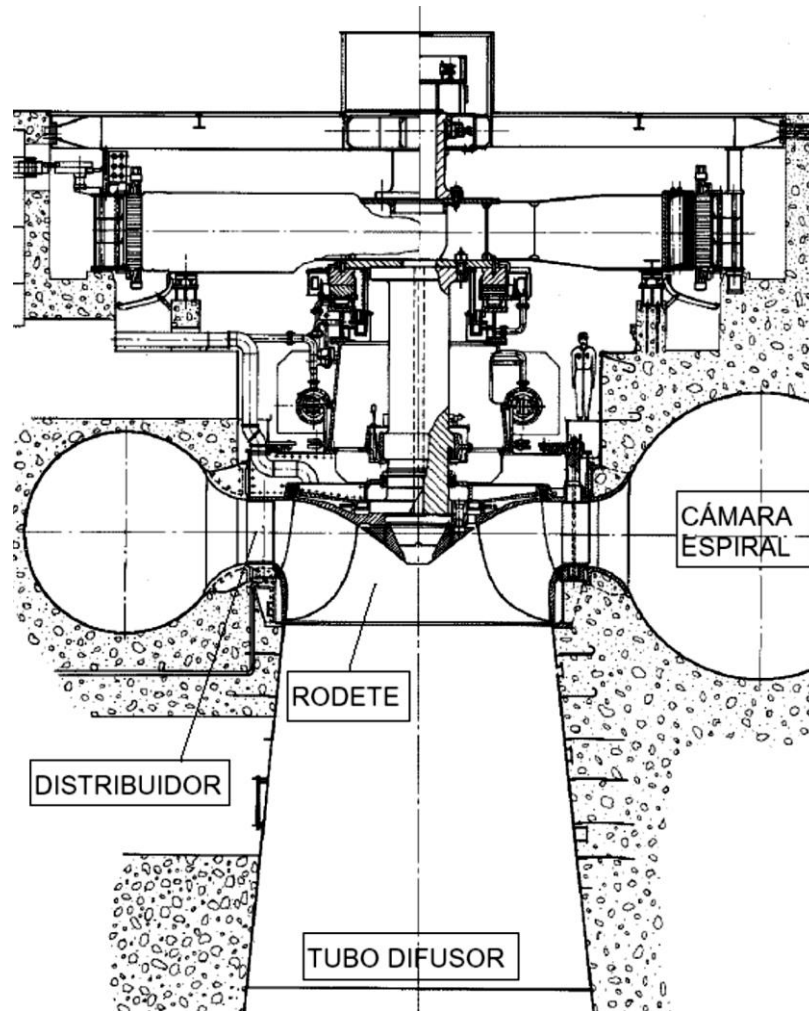


Figura 9. Central hidroeléctrica con turbina de reacción de tipo Francis

Fuente: Zamora & Viedm (2016)

2.8. TURBINAS PICO HIDRÁULICAS

Se exponen tipos de turbinas para **potencias de generación menores a 5 kW**, es decir **las turbinas pico hidráulicas** (Lahimer, y otros, 2012).

2.8.1. Turbina de flujo transversal (TFC)

También conocida como turbina Michell – Banki o turbina Osberger. Se puede construir localmente, pero solo se han utilizado en países poco desarrollados. Los antecedentes muestran que han sido empleadas para alturas de 2 a 20 m y caudales de 5 a 500 L/s. Son grandes y de rotación lenta (Lahimer, y otros, 2012).

Generalidades

Medina & Sigchi (2021) exponen que esta turbina es empleada para generación de hasta 2 MW. Lo que la hace elegir en muchas aplicaciones es la simplicidad de su construcción y su menor costo a pesar del bajo rendimiento (70% - 84%). Además, debido a su propio sistema, las TFC no están expuestas a la cavitación.

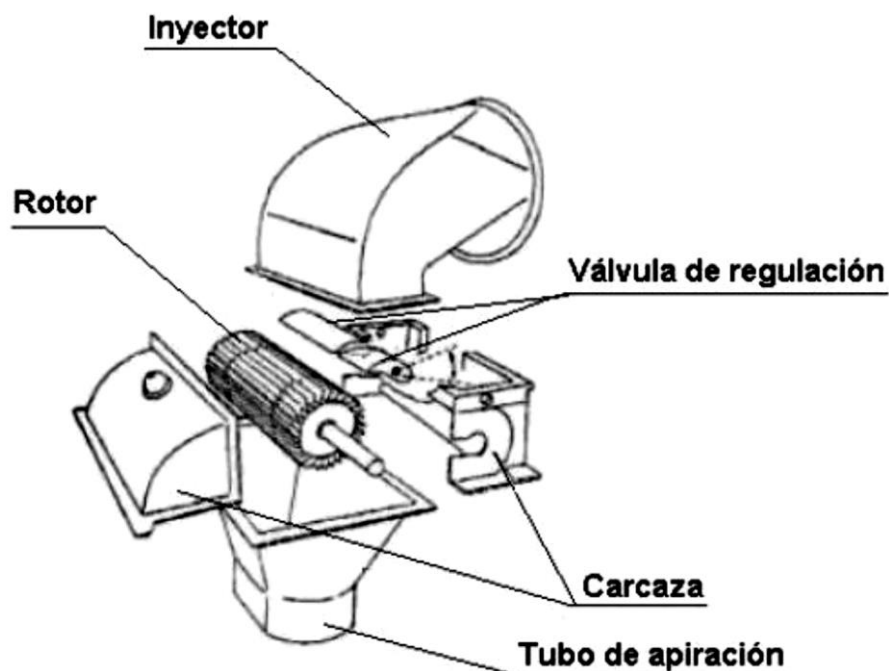


Figura 10. Vista en explosión de TFC

Fuente: Medina & Sigchi (2021)

Componentes

Acorde a lo manifestado por Medina & Sigchi (2021), los principales componentes de esta turbina son el inyector, válvula, rodete, carcasa y descarga.

- *El inyector* permite el ingreso del agua hacia la máquina y la *válvula* de entrada consiste en una pala directriz que divide y dirige la corriente de agua haciendo que esta llegue al rodete sin efecto de golpe.
- *La carcasa* cumple función de chasis y/o cubierta, siendo su objetivo evitar salpique de agua y el ingreso de materia extraña al rotor.
- *El rodete* se constituye de palas de acero perfilado, ajustadas y soldadas a ambos lados de un disco y según su tamaño puede poseer un número de palas específico.

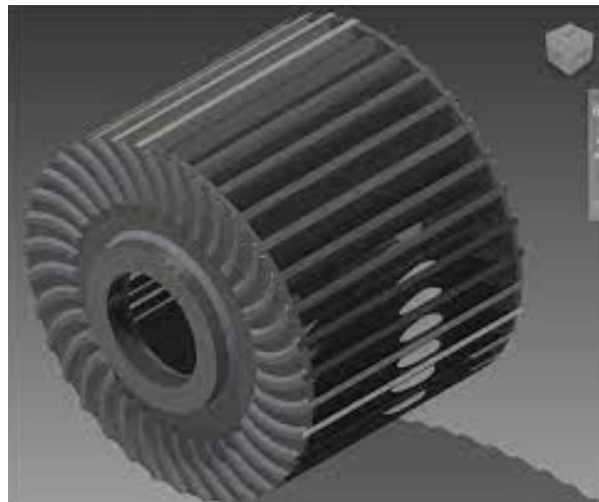


Figura 11. Rotor de TFC

Fuente: Medina & Sigchi (2021)

Principio de funcionamiento

El flujo de recurso hídrico que viene por un tubo usualmente de sección circular, ingresa a una transición de sección circular – rectangular para luego pasar a través del inyector, dentro del cual se halla la válvula reguladora de flujo. Luego de que el agua finaliza su paso por el inyector, ingresa al rotor por su periferia, entregando la mayor parte de su energía (aproximadamente un 70%) al entrar en contacto con los álabes. Se verifica que el flujo del agua en el rodete es esencialmente radial y es por ello que, el agua hace

contacto con los álabes de la turbina en dos instantes siendo el segundo, en el cual el flujo de agua hace una última entrega de su energía hidráulica (el 30% restante). Finalmente, el agua al abandonar el rodete, es descargada por la abertura inferior directamente al canal de descarga o al tubo de aspiración.

2.8.2. Turbina hélice

Myint, Aye, & Pa (2014) expresan que las turbinas de flujo axial son la turbina Kaplan y la hélice. A diferencia de una Kaplan, en la de hélice las palas son fijas. Esta es de reacción particularmente adecuada para instalaciones de baja altura y alto flujo volumétrico.

Componentes

Según Myint, Aye, & Pa (2014) los componentes principales son los siguientes

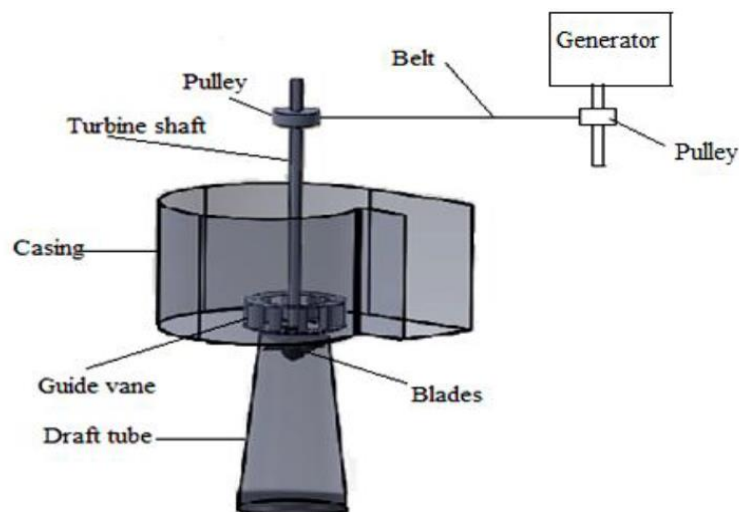


Figura 12. Componentes de una turbina hélice

Fuente: Myint, Aye, & Pa (2014)

Principio de funcionamiento

En una hélice, el agua entra lateralmente en la turbina, es desviada por las paletas guía y luego fluye a través de la hélice. Por lo general, tiene de 4 a 6 o como máximo

10 palas en forma de lámina de aire y se conoce como turbina de reacción de flujo axial de pala fija porque el ángulo de inclinación de las palas del rotor no cambia. La eficiencia de flujo parcial de estas turbinas de palas fijas tiende a ser muy pobre.

Otros aspectos de las turbinas de hélice

La turbina de hélice es una turbina de reacción que se utiliza para alturas entre 2 y 40 m. La eficiencia de conversión de energía de esta turbina disminuye rápidamente una vez que la carga de la turbina cae por debajo del 75 por ciento de su valor nominal. Esta pérdida de rendimiento se puede minimizar variando el ángulo de la hoja de entrada del corredor para que coincida con las condiciones de entrada del corredor con mayor precisión con la velocidad del agua para un flujo dado.

2.8.3. PowerPal

La gama PowerPal LH es capaz de operar con una caída de 1.5 m y generar 220 CA directamente del equipo. Existen dos modelos comerciales: El MGH500LH con salida de potencia continua de 500 W con flujo mínimo de 70 l/s y el MGH1000LH ID con potencia de salida 1000 W con flujo de 130 l/s (PowerPal, 2004)



Figura 13. Turbina PowerPal LH en operación.

Fuente: PowerPal (2004)

Principales características

Según PowerPal (2004) una de las mejores características de estas diminutas turbinas de acoplamiento directo es su peso ligero y portabilidad. La CA se transmite a través de cables de alto voltaje para fines de iluminación. Otra ventaja es que la turbina está diseñada para ser simple de operar y fácil de mantener.

Tabla 3

Principales parámetros de las turbinas PowerPal

		MGH200-LH	MGH500-LH	MGH1000-LH
Flujo de agua	(l/s)	35	70	130
Altura	(m)	1.5	1.5	1.5

Fuente: PowerPal (2004)

La altura debe ser de 1,5 m. Parece deseable mayor potencia de salida, si la altura es demasiado elevada, el rotor girará muy rápido y reducirá la vida útil de los cojinetes. Se debe procurar mantener una altura de 1,4 m a 1,6 m (PowerPal, 2004).

Componentes PowerPal

Consta de dos componentes principales: generador hidroeléctrico y controlador. Los otros componentes se pueden fabricar localmente. El canal de toma puede ser de hojalata, madera u hormigón y la tubería de salida de hojalata (PowerPal, 2004).

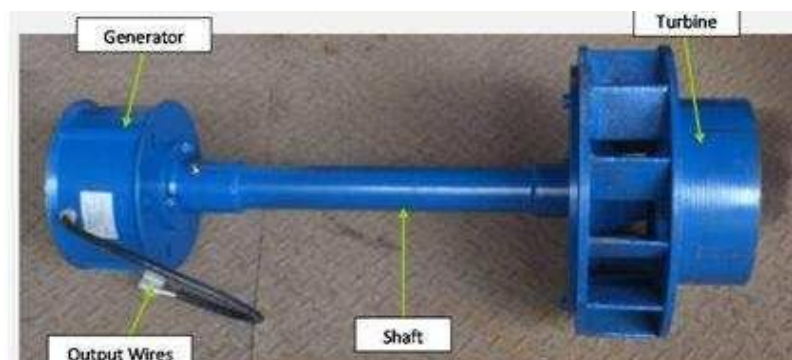


Figura 14. Configuración típica de una turbina PowerPal MGH-LH

Fuente: Susanto & Stamp (2012)

2.8.4. Turbina Nautilus ULH

Nautilus water turbines (2012) afirma que T Ultra Low Head (T-ULH) es una turbina de canal abierto que produce de 0.5 kW a 3.3 kW con un rango de alturas de 1 m a 3,7 m. Para grandes canales abiertos, se instala una compuerta de cilindro opcional para apagar la turbina. Este es un cilindro externo y ayuda a limpiar desechos de la turbina cuando se abre y se cierra. T-ULH está diseñado con álabes de paso más grandes que las aberturas de las paletas guía para evitar obstrucciones.

Características

- Tipo de rotor: Francis
- Alcance de altura: 3 pies (1 m) a 12 pies (3,7 m)
- Rango de flujo: 2.9CFS (80l/s) a 5.2CFS (146 l/s)
- Potencia de salida: 500 W a 3,3 kW

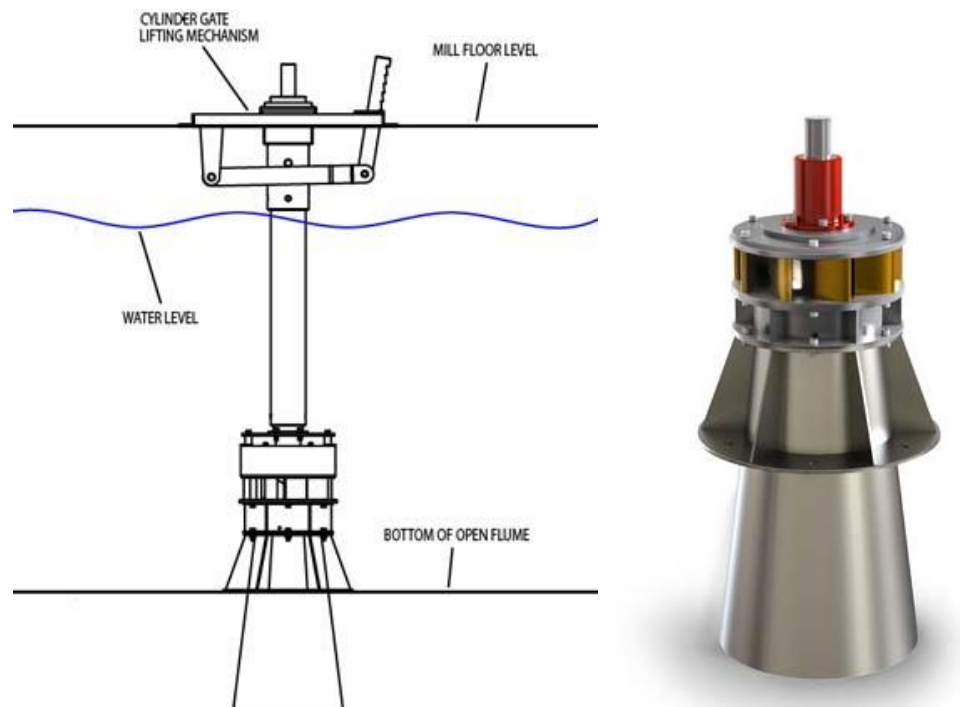


Figura 15. Esquema de instalación de turbina (izquierda) y el modelo T-ULH (derecha)

Fuente: Nautilus water turbines (2012)

Tabla 4

Parámetros de la turbina ULH Nautilus

Altura	(m)	1.2	1.8	2.4	3.0	3.7
Potencia	(W)	652	1197	1843	2576	3386
Caudal	(l/s)	84	103	119	133	146

Fuente: Nautilus water turbines (2012)

2.8.5. Bombas como turbinas (PAT)

Tecnología que hace operar a una bomba en modo inverso para generar electricidad, muy usada en lugares en los cuales las turbinas pico hidroeléctricas son inaccesibles y/o son consideradas como complejas de utilizar (Lahimer, y otros, 2012). Según exponen Morabito & Hendrick (2019), el principal inconveniente en la implementación de pCH es la inversión inicial debido al costo de las clásicas turbinas; sin embargo, esto se puede reducir con el uso de bombas centrífugas en modo turbina (PaT) y trae ventajas tales como bajo costo inicial y de mantenimiento, disponibilidad inmediata y construcción simple. Además, la eficiencia de la PaT es menor que la de las turbinas convencionales.

Selección de PAT

El correcto dimensionamiento de una PAT implica hacer coincidir las condiciones hidráulicas del sitio en cuestión con el rendimiento de una bomba que funciona en reversa, para maximizar el potencial de producción de energía eléctrica. (Lydon, Coughlan, & McNabola, 2017).

El punto más importante en la selección de un PAT es prever su rendimiento al operar como turbina y existen 3 metodologías principales para tal fin: Métodos analíticos 1D, dinámica de fluidos computacional (CFD) y pruebas experimentales,

donde, las pruebas experimentales obtienen los resultados más fiables, pero también son el método que requiere más tiempo. (Lydon, Coughlan, & McNabola, 2017).

Rango de aplicación

Gráficos como el que se muestra a continuación pueden ayudar a seleccionar el tipo de PaT adecuado según las condiciones de altura y caudal.

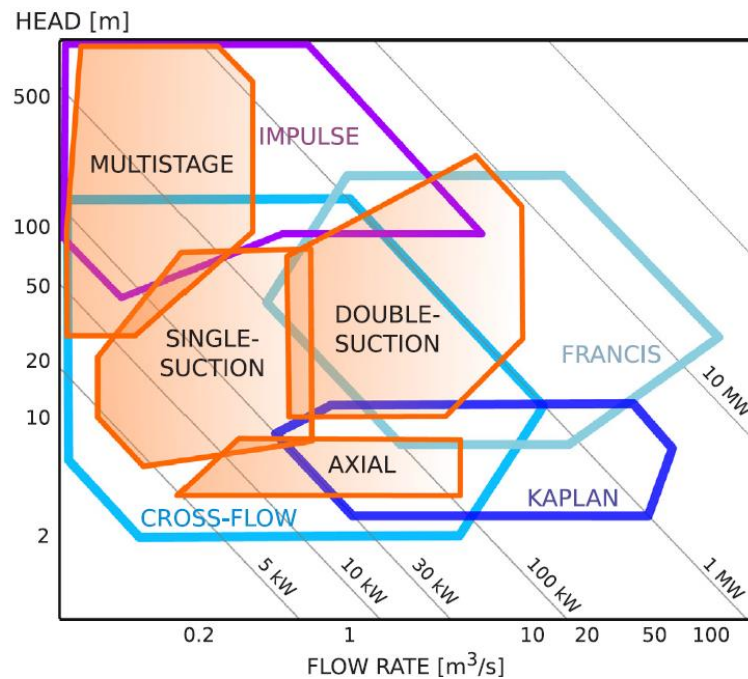


Figura 16. Tipos de turbinas hidráulicas y PaT para micro-hidro energía.

Fuente: Morabito & Hendrick (2019)

2.8.6. Turbina tornillo de Arquímedes (AST)

Según Doost & Lubitz (2020) las AST son una nueva forma de pequeña central hidroeléctrica y pueden funcionar en alturas menores a 5 m y un rango de caudales de alrededor de 1 m³/s con eficiencias prácticas de 60% al 80% y pueden generar hasta 355 kW. Se compone de un conjunto helicoidal de hojas simples que se envuelven alrededor de un cilindro central. Este tornillo está soportado dentro de un canal fijo circundante.

Principio de funcionamiento

El agua que transita por el tornillo de una elevación alta a una baja genera un par de torsión en las superficies del plano helicoidal, lo que hace que el tornillo gire. Esta rotación mecánica se puede utilizar para producir electricidad. En general, hay dos categorías generales de turbinas hidráulicas: impulso y reacción; sin embargo, los AST realizan el trabajo debido a las diferencias de presión entre las palas creadas por el peso del agua, por lo que no se clasifican como de impulso o reacción. Los AST son una tercera categoría de convertidores de energía impulsados por el peso del agua. Estas máquinas pueden considerarse máquinas de presión cuasiestática.

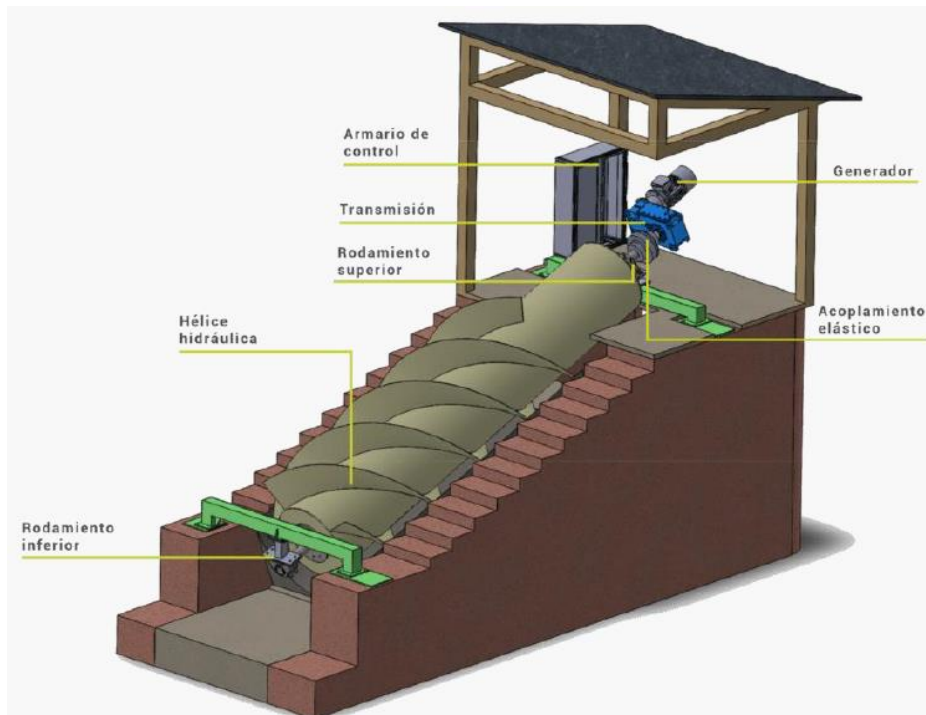


Figura 17. Modelo de turbina tipo tornillo de Arquímedes

Fuente: Lucio (2019)

Ventajas y desventajas de las AST

Lucio (2019) expresa que, una ventaja importante que posee esta turbina es que para la instalación se necesita bajo o nulo costo de obra civil, ya que este prototipo es portátil se puede colocar en cualquier canal que cumpla con las medidas. También

una vez colocada la turbina, esta no produce ninguna clase de ruido. Su funcionamiento se da con bajos caudales lo cual presenta una importante ventaja, además de que su mantenimiento y control es relativamente fácil.

Por otro lado, una de las desventajas de estas turbinas, según Doost & Lubitz (2020) es que actualmente, no existe una teoría ni estándares o reglas generales para su diseño hidráulico óptimo. A su vez, estas turbinas funcionan a bajas velocidades de rotación en relación con otras. Luego, se requiere una caja de cambios para convertir esta velocidad de rotación a la velocidad requerida del generador y esto trae consigo pérdidas que afectan en cierto modo el rendimiento global.

2.8.7. Unidad tipo espiral PicoPica

PicoPica10 es una unidad que permite la generación de alrededor de 10W asegurando un flujo de 10 l/s y una altura de 0.1 m. Este producto se puede ensamblar manualmente y utilizar como iluminación de seguridad. Por otro lado, “PicoPica500” permite una generación de alrededor de 500W asegurando un caudal más alto de 100 l/s y una altura de 0,7 m. (United Nations Industrial Development Organization, 2019)



Figura 18. Turbina PicoPica de 10 W en funcionamiento.

Fuente: United Nations Industrial Development Organization (2019)

2.8.8. Turbina de vórtice gravitacional

Una micro central hidroeléctrica de vórtice gravitacional (GVHP por sus siglas en inglés) utiliza la energía contenida en un vórtice inducido dentro de un tanque para generar electricidad. El agua se evacúa del tanque mediante una salida central en el fondo y regresa a su cauce original, ya sea un río, arroyo o un canal mayor. Para este tipo de aprovechamientos se emplea una turbina de eje vertical colocado en el centro del tanque, donde se genera el vórtice de agua y gira coaxialmente con el vórtice, aprovechando su energía (Alzamora, Glasscock, & Ferris, 2019)

De acuerdo con Alzamora, Glasscock, & Ferris (2019), los elementos típicos de estas instalaciones son: el canal de conducción, el tanque gravitacional, la turbina de vórtice, el generador eléctrico y el canal de salida. Como en toda central hidroeléctrica, el elemento medular para esta micro central es la turbina de vórtice.



Figura 19. Elementos principales de una micro central hidroeléctrica con turbina tipo vórtice

Fuente: Alzamora et al. (2019).

2.8.9. Turbina hidrocínética – turbina Ampair UW100

Güney y Kaygusuz (2010) indican que las turbinas hidrocínéticas son impulsadas por flujo libre cuando existen condiciones de altura ultrabaja o cero. Este tipo de turbina generalmente se aplica en ríos, mareas, vías fluviales artificiales y otros sitios con velocidades de agua suficientes para producir potencia eléctrica (Zhou & Deng, 2017).

Un claro ejemplo de turbina hidrocínética es la turbina picohidráulica sumergible. Adecuada para zonas aisladas porque extrae energía de cualquier flujo rápido con 400 mm de profundidad sin necesidad de alguna caída o caudal masivo. El modelo Ampair UW100 es un alternador robusto y de alto rendimiento, con potencia nominal pico de 100 W. (Seamap UK Ltd, 2018)



Figura 20. Turbina sumergible modelo Ampair UW100.

Fuente: Seamap UK Ltd (2018).

Seamap UK Ltd (2018) manifiesta el Ampair UW100 fabricado por Seamap es una solución potente y eficiente que proporciona una potencia de carga de batería continua de 100 W a una velocidad del agua de 4 m/s. Presenta las siguientes características:

- Modelos de 12 V o 24 V
- *Potencia pico* de 100 W a 4 m/s de velocidad de flujo y 400 mm de profundidad.
- *Generador* de imán permanente de flujo radial y baja velocidad.
- *Diámetro de la turbina* de 312 mm, peso de equipo 10 kg.
- *La turbina* es bidireccional, pero debido a la obstrucción del flujo por parte del cuerpo, es más eficiente si está orientada hacia el flujo de agua.
- **Turbina diseñada** para flujos rápidos en agua dulce o agua salada.

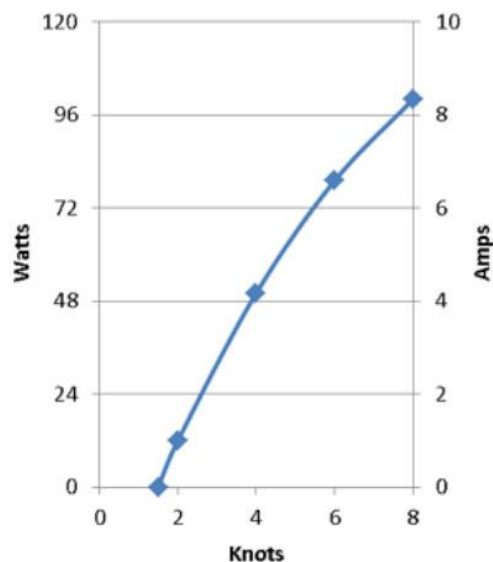


Figura 21. Curva potencia (W) vs velocidad (nudos). 1 nudo = 0.514 m/s

Fuente: Seamap UK Ltd (2018)

2.9. SELECCIÓN DE TURBINA PICO HIDRÁULICA

Según manifiesta Williamson, Stark, & Booker (2014) la selección de turbinas hidráulicas se basa tradicionalmente en la velocidad específica de la turbina, un parámetro no dimensional que incluye la altura, la potencia de salida y la velocidad del eje de salida. A partir de esto, se tiene un dominio de aplicación que comúnmente es usado para seleccionar turbinas, esto se presenta en gráficos como el de la figura 22.

Por otro lado, según Williamson, Stark, & Booker (2014) en el rango pico, los requisitos suelen ser diferentes a los de las turbinas de mayor escala y los requisitos cualitativos se vuelven influyentes en la selección es así que proponen criterios de selección tanto cuantitativos como cualitativos para la selección de una turbina pico hidráulica ya que su configuración no puede seleccionarse de igual modo que una turbina convencional. Dentro de los criterios cuantitativos se tienen en cuenta la altura, el caudal, la eficiencia de la turbina y la potencia de generación. Del lado de los criterios cualitativos se consideran, la accesibilidad al lugar, el nivel de mano de obra, el nivel de mantenimiento que se requerirá para la máquina, la disponibilidad de material para la construcción de la turbina, la magnitud de las obras civiles, entre otros.

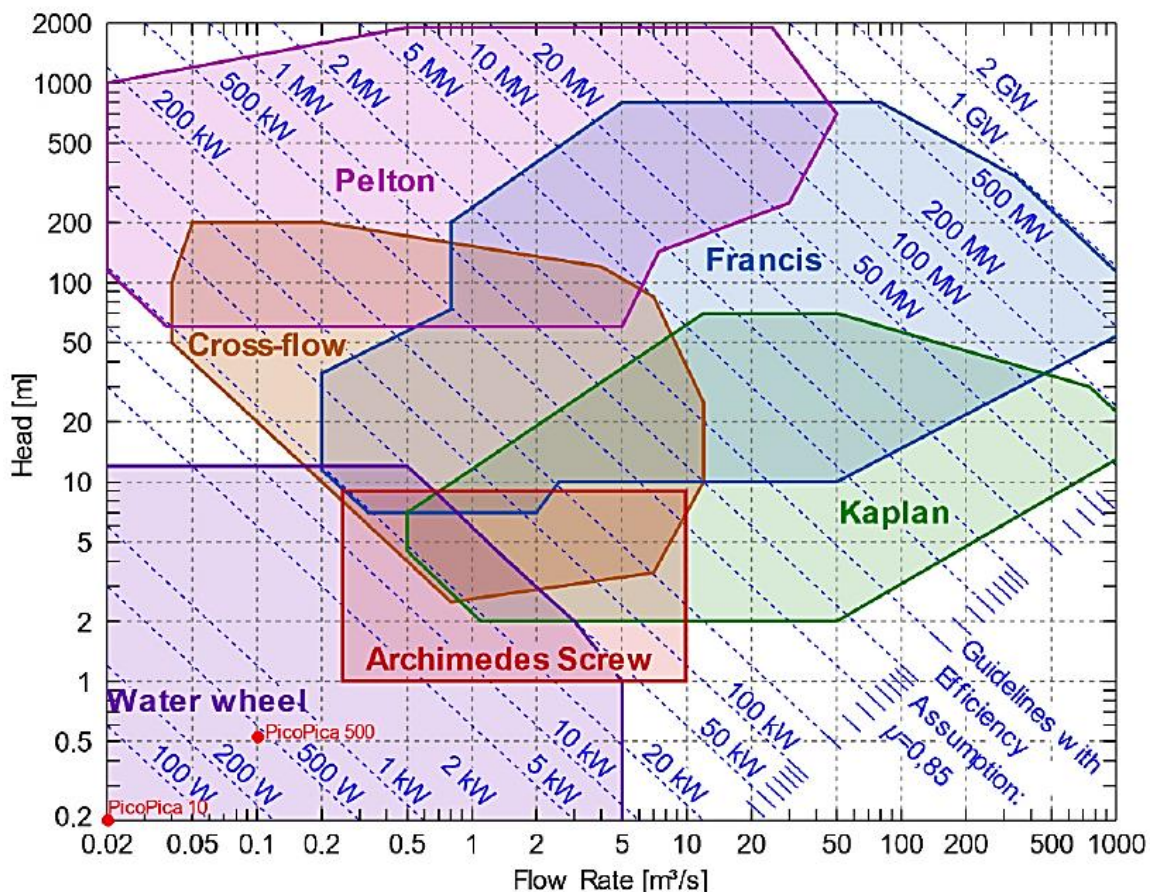


Figura 22. El rango de altura y caudal correspondiente a la potencia generada de diferentes turbinas

Fuente: Doost & Lubitz (2020)

Dado que en la selección de la turbina es importante analizar la variabilidad de la eficiencia respecto de la carga parcial a la que estará sometida la máquina en su puesta en marcha, es conveniente presentar el siguiente gráfico

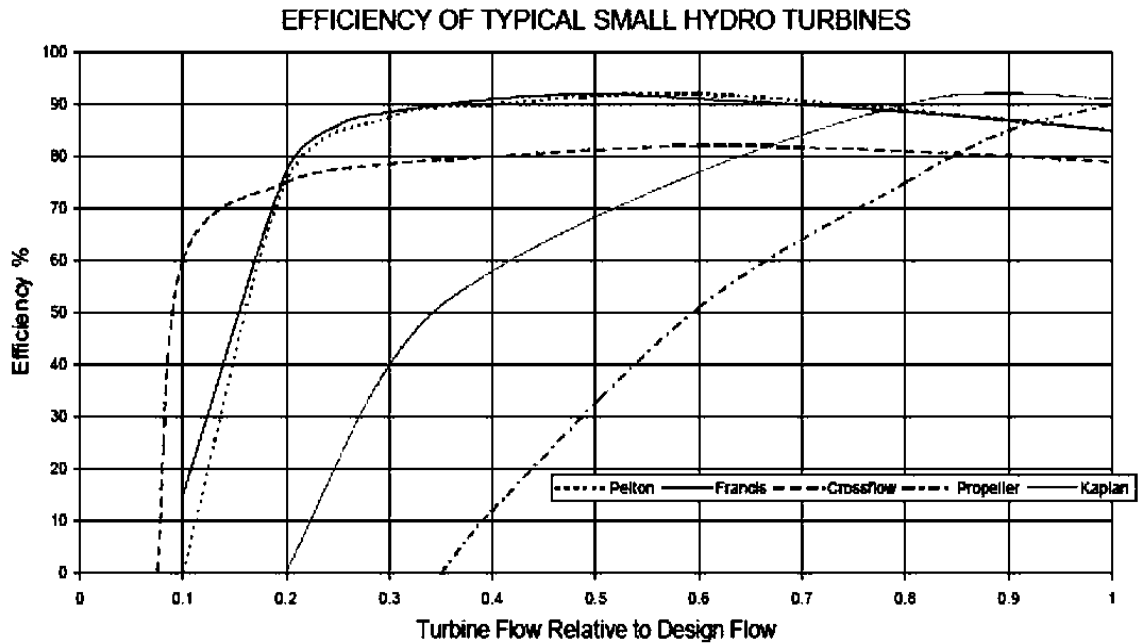


Figura 23. Eficiencia de pequeñas turbinas hidráulicas

Fuente: Razak, y otros (2015)

2.10. DISEÑO DE TURBINA MICHEL BANKI

2.10.1. Parámetros principales de diseño

De acuerdo con Cardona (2016) el rango de aplicación de las TFC lo definen los números específicos de revoluciones, según las siguientes fórmulas:

$$N_q = N \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (9)$$

$$N_s = N \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (10)$$

Donde

N_q : número específico de revoluciones según el caudal

- N_s : número específico de revoluciones según la potencia
 P : potencia al freno de la turbina en C.V.
 Q : caudal máximo en m^3/s
 H : salto neto aprovechable en m
 N : velocidad de giro de la turbina

OLADE (1988) expresa que N_q está comprendido entre 18 – 60 mientras que N_s puede tomar valores de 60 – 200.

La potencia al freno de la turbina se calcula con la siguiente relación

$$P_t = \frac{P_G}{\eta_g \cdot \eta_r} \quad (11)$$

Donde

- P_g : potencia que el generador entrega al sistema eléctrico
 η_g : eficiencia del generador eléctrico
 η_r : eficiencia de la transmisión mecánica entre turbina y generador

El número óptimo de revoluciones N de la turbina se deduce de la fórmula:

$$N = \frac{39.85H^{1/2}}{D_e} \quad (12)$$

Donde:

- D_e : diámetro exterior del rodete

2.10.2. Triángulo de velocidades

La forma típica de un diagrama de velocidades para una turbina Michell- Banki se ilustra en la siguiente figura, para construir este diagrama o triángulo de velocidades es necesario aplicar la ecuación de Bernoulli al flujo de agua entre la superficie de la reserva de agua y la salida del inyector.

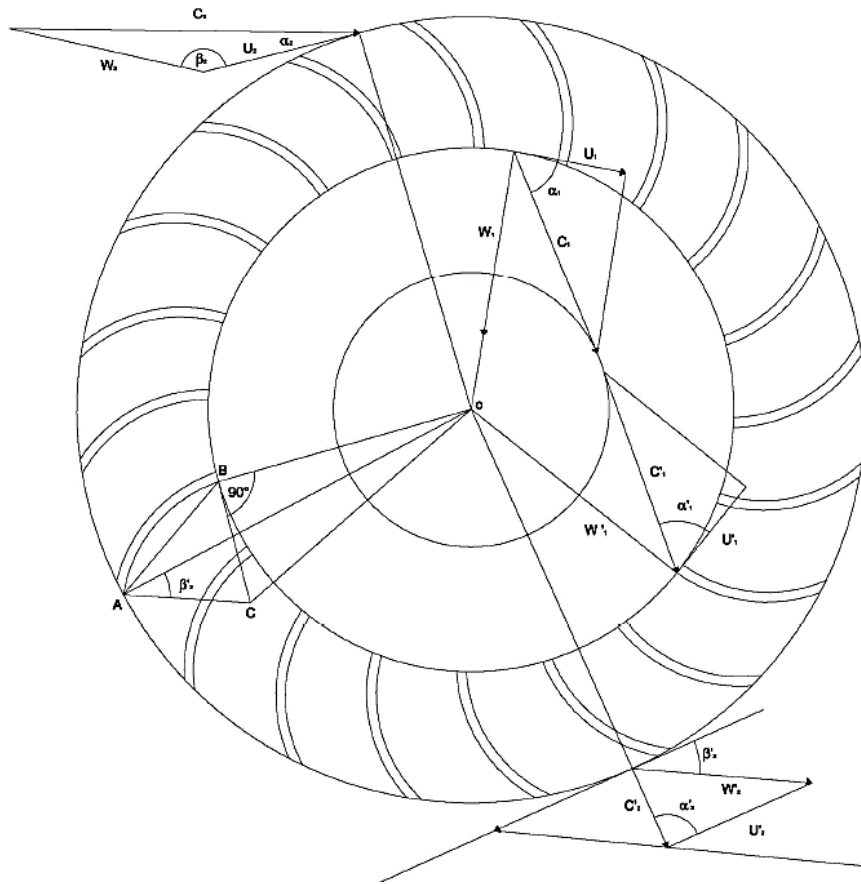


Figura 24. Diagrama de velocidades para turbina Michell-Banki.

Fuente: OLADE (1988)

Una vez aplicada la ecuación de Bernoulli, se realizan las consideraciones respectivas sobre el flujo que atraviesa el rotor se obtiene la velocidad a la salida del inyector c_i :

$$C_i = k_c \sqrt{2gH} \quad (13)$$

La velocidad a la salida del inyector es igual a la de ingreso al rodete C_2 . El chorro se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio α_2 que posee valores prácticos de 16° .

En las turbinas de acción la velocidad tangencial al rodete se expresa como:

$$U_2 = K_u \cdot C_2 \cdot \cos \alpha_2 \quad (14)$$

K_u es coeficiente de velocidad tangencial y para una TFC es aproximadamente 0.5

De acuerdo con la figura 27, podemos calcular la velocidad relativa W como

$$W_2 = C_2 \sqrt{1 - K_u(2 - K_u)\cos^2\alpha_2} \quad (15)$$

Luego se calcula el ángulo β_2 y con este último dato queda definido el triángulo de velocidades en la entrada del rodete. En el interior del rodete se cumple

$$U_1 = U'_2; C_1 = C'_2; \alpha_1 = \alpha'_2$$

$$\beta'_1 = 180^\circ - \beta_1 \rightarrow \beta'_1 = \beta_1 = 90^\circ$$

A la salida del rodete se forma un diagrama de velocidades en el que:

$$U'_2 = U_2 = K_u \cdot C_2 \cdot \cos\alpha_2 \quad (16)$$

$$\beta_2 = 180^\circ - \beta'_2$$

$$\beta'_2 = \sin^{-1} \left[\frac{\text{sen}\alpha_2}{[1 - K_u(2 - K_u)\cos^2\alpha_2]^{1/2}} \right] \quad (17)$$

La velocidad relativa está expresada por:

$$W'_2 = K_f W_2 \quad (18)$$

Siendo K_f el coeficiente de velocidad relativa que expresa las pérdidas por fricción del agua con los alabes del rodete y puede tomar un valor aproximado de 0.98. Luego, con estas velocidades se obtiene la velocidad absoluta del agua a la salida del rodete:

$$C'_2 = C_2 \sqrt{K_f^2 [1 - K_u(2 - K_u)\cos^2\alpha_2] + K_u^2 \cos^2\alpha_2 - 2K_f \cos^2\alpha_2 (1 - K_u)K_u} \quad (19)$$

El ángulo de salida respecto a la tangente del rodete se obtiene con la expresión:

$$\alpha'_2 = \sin^{-1} \left| \frac{K_f \sin \beta'_2 \sqrt{1 - K_u(2 - K_u) \cos^2 \alpha_2}}{\sqrt{K_f^2 + K_u \cos^2 \alpha_2 [K_u - K_f^2(2 - K_u) - K_f]}} \right| \quad (20)$$

Estas relaciones se expresan en forma práctica cuando se definen las constantes $\alpha_2 = 16^\circ$, $K_c = 0.98$, $K_u = 0.5$ y $K_f = 0.98$, obteniéndose las expresiones prácticas:

$$C_2 = 4.34 H^{1/2} \quad (21)$$

$$U_2 = 2.09 H^{1/2} \quad (22)$$

$$W_2 = 2.40 H^{1/2} \quad (23)$$

$$W'_2 = 2.35 H^{1/2} \quad (24)$$

$$C_{2'} = 1.20 H^{1/2} \quad (25)$$

$$\beta'_2 = 30^\circ \quad (26)$$

$$\beta_1 = 90^\circ \quad (27)$$

Como se puede observar los diagramas de velocidades solo dependen de la altura y los ángulos son independientes de las condiciones de altura y caudal.

Para determinar la eficiencia hidráulica de la turbina se aplica la siguiente ecuación:

$$\eta_H = 2k_c^2 \cdot \cos^2 \alpha_2 \cdot k_u(1 - k_u)(1 + k_f) \quad (28)$$

También conviene considerar las pérdidas volumétricas, las pérdidas por choques, las pérdidas mecánicas y que se obtengan buenos acabados en la fabricación. Con estas consideraciones la eficiencia puede alcanzar un 82%.

2.10.3. Número de álabes

De acuerdo con Medina & Sigchi (2021), el número óptimo de álabes para una turbina de flujo cruzado varía de 24 a 30 álabes. La elección del número ideal de álabes debe tener en cuenta que un reducido número de estos provocará pulsaciones en la generación de potencia de la turbina mientras que un número elevado de álabes producirá una aceleración de la vena fluida a través del rodete con el consecuente aumento de las pérdidas.

2.10.4. Geometría del rodete

La geometría del rotor se halla con los ángulos determinados en el punto anterior. La relación del diámetro interno D_i , respecto al diámetro externo D_e , se expresa por

$$D_i = 0.66 D_e \quad (29)$$

El radio de curvatura de los álabes del rodete r se expresa como:

$$r = 0.163 D_e \quad (30)$$

El ángulo de curvatura de los álabes del rodete se obtiene con la fórmula

$$\varphi = 2 \arctan \left| \frac{\cos \beta'_2}{\left| \frac{D_i}{D_e} \right| + \sin \beta'_2} \right| = 73^\circ \quad (31)$$

En el diseño de TFC se debe considerar que desde el punto de vista teórico existe una limitante en cuanto al arco de admisión, expresada por:

$$\angle BOC = 2 \arctan \left| \frac{\sqrt{1 - k_u(2 - k_u)\cos^2 \alpha_2}}{\left| \frac{D_i}{D_e} \right| k_u \cos \alpha_2} \right| = 120^\circ \quad (32)$$

El diámetro máximo del eje que soportará a todo el cuerpo del rodete se obtiene a través de la siguiente expresión práctica:

$$d = 0.328 D_e \quad (33)$$

2.10.5. Geometría del inyector

La geometría de inyector mayormente empleada es la diseñada en el manual de OLADE, el cual no sufre cambios para diferentes alturas y caudales, la única dimensión que se ve afectada es el ancho del inyector que se halla con la relación

$$B = \frac{0.96Q}{D_e\sqrt{H}} \quad (34)$$

Las demás dimensiones se obtienen según la tabla y gráficas que se muestran

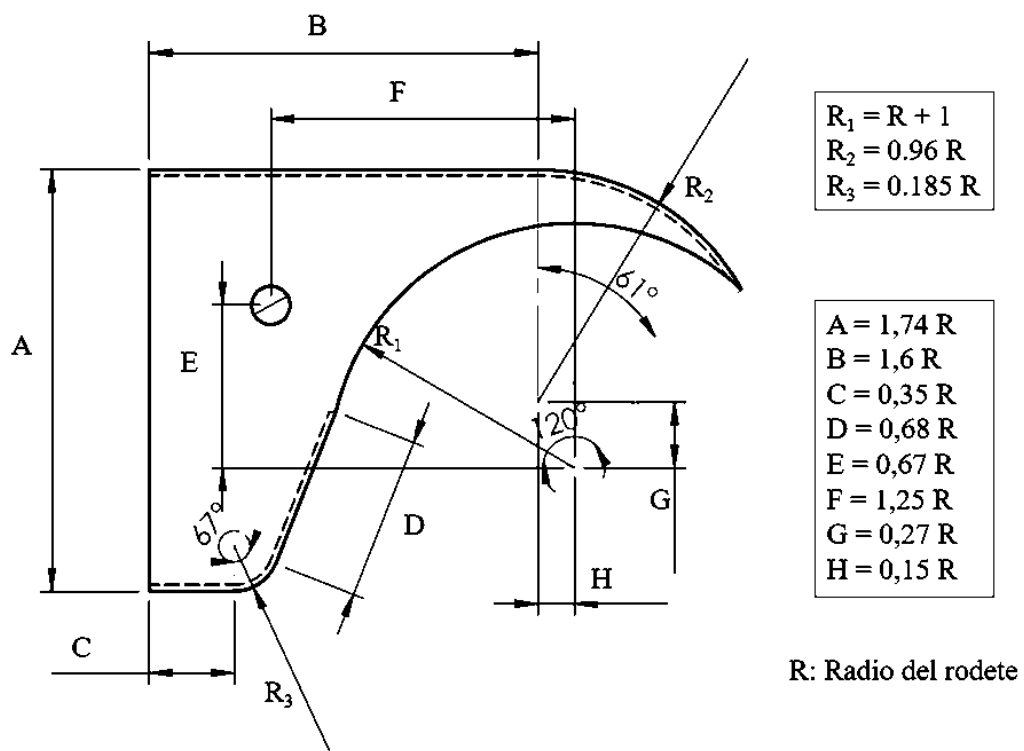


Figura 25. Geometría del inyector

Fuente: Adaptado de por Cardona (2016)

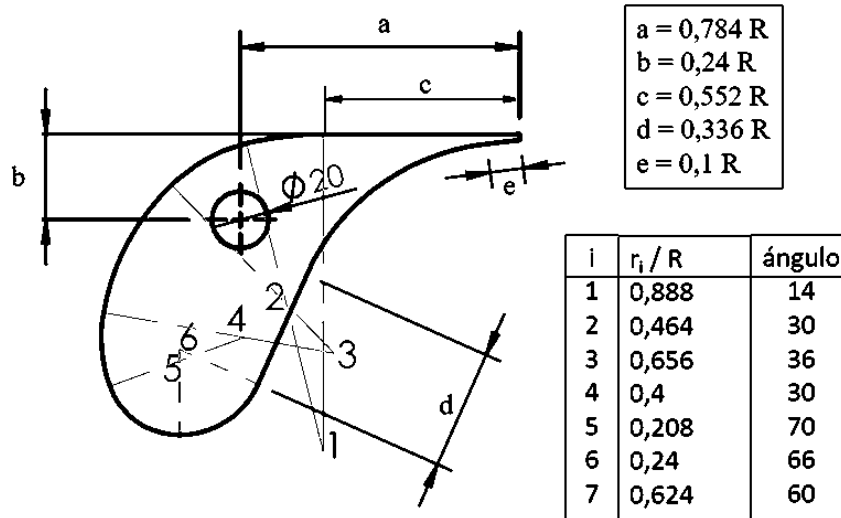


Figura 26. Geometría del álabe de regulación

Fuente: Adaptado de Cardona (2016)

2.10.6. Geometría del álabe

Medina & Sigchi (2021) expresan que se tienen los siguientes parámetros que determinan la geometría del álabe del rotor de la TFC

Ángulo entre álabes \hat{z}

$$\hat{z} = \frac{360^\circ}{z} \quad (35)$$

Ángulos característicos del álabe

$$\theta = 60^\circ - \hat{z}/2 \quad (36)$$

$$\lambda = 150^\circ - \hat{z}/2 \quad (37)$$

$$\delta = \hat{z} + 60^\circ \quad (38)$$

Se define el ancho radial del álabe **A** como:

$$A = R - r \quad (39)$$

$$A = R \left(1 - \frac{\text{sen } \gamma}{\text{sen } \lambda} \right) \quad (40)$$

La cuerda del álabe A_p puede obtenerse de la siguiente manera:

$$A_p = R \frac{\text{sen } \hat{z}}{\text{sen } \lambda} \quad (41)$$

Por último, el radio del álabe R_a se obtiene como sigue:

$$R_a = R \frac{\text{sen } \hat{z}}{\text{sen } \delta} \cdot \frac{\text{sen } \theta}{\text{sen } \lambda} \quad (42)$$

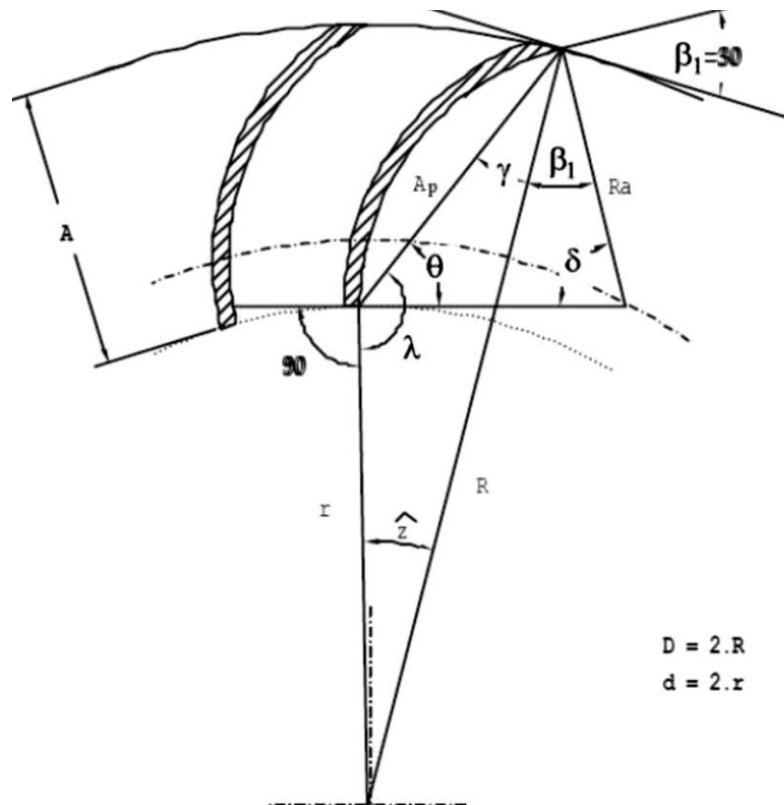


Figura 27. Geometría del álabe de rodete en TFC

Fuente: Cardona (2016)

2.11. TUBERÍA FORZADA

De acuerdo con Trujillo (2017) el dimensionamiento de la tubería de presión se realiza con el fin de conducir el agua bajo presión a la turbina.

2.11.1. Cálculo preliminar del diámetro interno

Como cálculo preliminar se emplea la ecuación de Bondschú:

$$D = 1.27 \cdot \frac{Q^{0.4268}}{(H_b + h_s)^{0.1423}} \quad (43)$$

Donde

H_b : Altura bruta (m)

h_s : Altura sobrepresión por golpe de ariete (m). Se recomienda un valor de $0.3H_b$

2.11.2. Cálculo de pérdidas por fricción

Se emplea la ecuación de Darcy–Weisbach para hallar las pérdidas por fricción h_f

$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (44)$$

Donde

f : factor de fricción

L : longitud de tubería

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} + \frac{ks}{3.71D} \right) \quad (45)$$

Donde

Re : número de Reynolds

ks : rugosidad absoluta del PVC

Se selecciona un diámetro comercial tal que las pérdidas por fricción sean de 5%.

2.12. GENERADORES ELÉCTRICOS

Para aprovechamientos de baja potencia, Zhou & Deng (2017) manifiestan que los **generadores** adecuados serían:

2.12.1. Generador de inducción o jaula de ardilla

A pesar de ser menos eficiente que una máquina síncrona de imanes permanentes equivalente y la necesidad de funcionar a una velocidad más o menos fija, este tipo de generador de inducción es una opción atractiva para la generación de energía hidroeléctrica a escala pico/micro/mini debido a las siguientes ventajas: bajo costo, robustez, arranque más simple y control más simple. Además, un generador de jaula de ardilla requiere la menor cantidad de mantenimiento debido a su construcción de rotor sin escobillas simple y resistente. Sin embargo, se debe instalar un controlador confiable para regular el voltaje y la frecuencia.

2.12.2. Generador síncrono de imanes permanentes

Las instalaciones hidroeléctricas de baja altura generalmente experimentan variaciones extremas en el flujo y la altura hidráulica, lo que requiere un generador que pueda tolerar variaciones de potencia de entrada. Los generadores que se basan en máquinas de imanes permanentes son muy adecuados para condiciones de velocidad lenta y variable porque su rendimiento se puede mantener a diferentes velocidades de rotación. Recientemente se ha demostrado que un tipo de generador de imanes permanentes de flujo axial se puede mejorar para producir las siguientes ventajas: mantenimiento mínimo, sin problemas de calor dentro de las bobinas, alta eficiencia a RPM más bajas y costo de producción de electricidad mejorado. Sin embargo, los generadores de imanes permanentes tienen desventajas relacionadas con la degradación magnética; es decir, la excitación es fija y, por lo tanto, el voltaje de salida varía con la carga.

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES

A continuación, se detallan los materiales, equipos, software e instrumentación empleada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

3.1.1. Materiales

- Objeto flotador: retazo rectangular de madera
- Manguera de nivelación
- Varilla de aluminio simple
- Regla metálica de 50 cm
- Wincha Stanley de 60 m
- Útiles de escritorio en general

3.1.2. Equipos

- Laptop Toshiba Satellite CORE i3
- Calculadora CASIO fx-350 MS
- Celular iPhone 7 (incluye cámara fotográfica y cronómetro)

3.1.3. Softwares

- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016
- Google Maps 2021

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación empleado fue el método descriptivo, ya que la realidad investigada fue rigurosamente caracterizada desde la evaluación del potencial hídrico hasta llegar a la propuesta final para el aprovechamiento hidroeléctrico del potencial estudiado. A continuación, se detalla el procedimiento de la investigación:

3.2.1. Generalidades del recurso hídrico y alrededores

Localización

En la localidad del distrito de Guadalupito existen dos canales de riego: Canal Bajo, de capacidad estimada de 1 m³/s y el Canal Alto de menor capacidad. Se escogió el Canal Alto ya que según encuestas realizadas a los pobladores este canal posee flujo durante a todo el año a diferencia del otro canal además de que el Canal Alto posee caída en un punto de potencial aprovechamiento. El Canal Alto, está ubicado en el distrito de Guadalupito, provincia de Virú, departamento de La Libertad, capta cierta cantidad de agua del río Santa, abastece un total de 196.3758 ha de parcelas en diversos centros poblados del distrito y desemboca en el mar.

El Distrito de Guadalupito, se encuentra ubicado hacia el sur de la provincia de Virú del Departamento de La Libertad y en la margen derecha del Río Santa aguas abajo, a 15 km. de Chimbote. Geográficamente, el distrito se encuentra entre las coordenadas 08° 57' 05.61" de latitud sur y 78° 37' 29.06" de longitud oeste con una altitud promedio de 40 m.s.n.m. El distrito cuenta con los siguientes centros poblados: Guadalupito, San Ignacio, La Bocana, Primero de mayo, Tres cerros, El molino, Campo nuevo, Mochica, El incaico, Nuevo Guadalupito, Pampas de Dios, Huacacorrall y Tanguche (CENEPRED, 2017).

Accesibilidad

El distrito de Guadalupe se encuentra a 15 km al norte de Chimbote, se accede al distrito por vía terrestre, después de pasar el puente Santa, una vez dentro del distrito, la ruta hacia el sitio en donde se efectuó la investigación es siguiendo la carretera asfaltada que une el propio distrito con el centro poblado Nuevo Guadalupe, a aproximadamente 2 kilómetros, se puede llegar en vehículo o caminando.

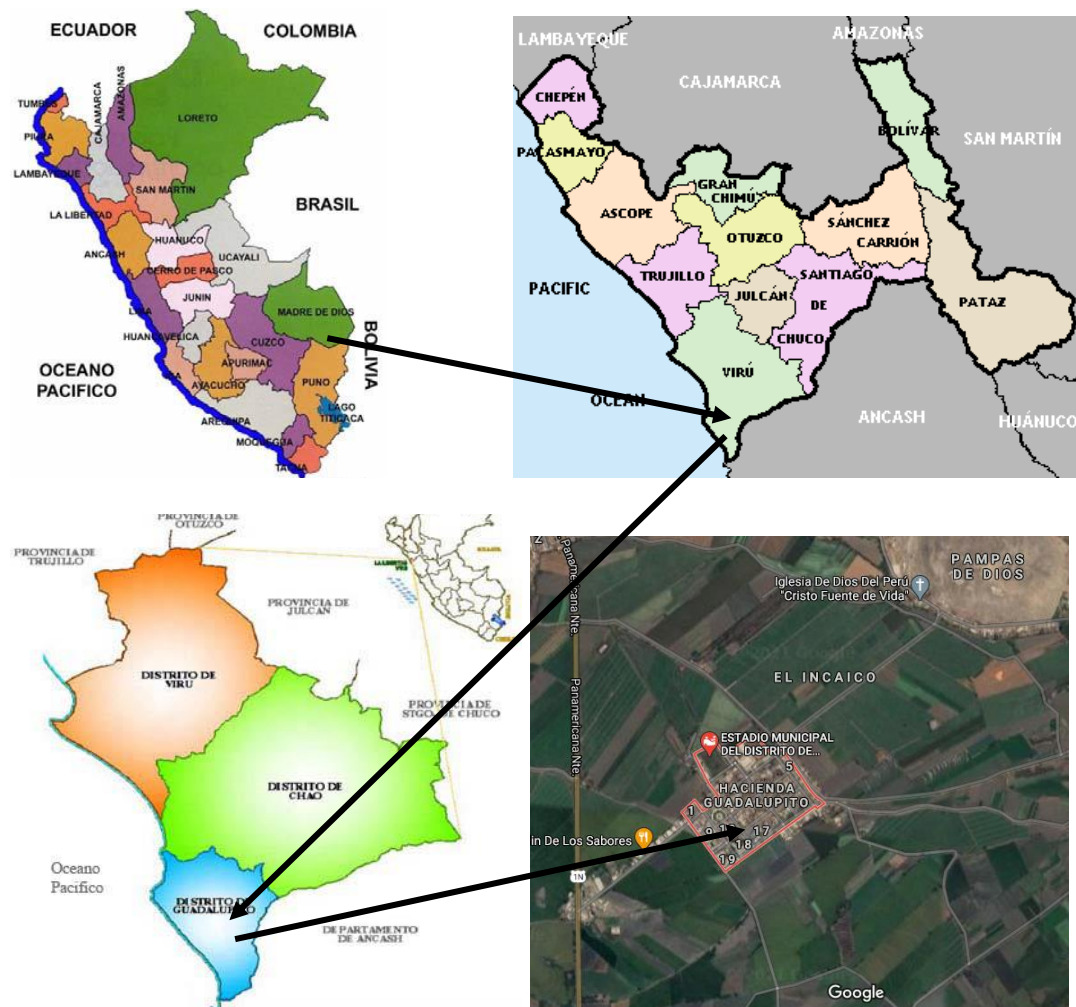


Figura 28. Macro localización de recurso hídrico presente en Canal Alto

Fuente: adaptado de Google Maps 2022



Figura 29. Micro localización de recurso hídrico presente en Canal Alto

Fuente: adaptado de Google Maps 2022

Requerimientos de energía eléctrica en la zona

El distrito de Guadalupe está electrificado casi en su totalidad; sin embargo, existen pequeñas brechas todavía no cubiertas en este servicio, sobre todo en las zonas alejadas del centro del distrito y de los pueblos anexos.

Un requerimiento de electricidad en el distrito de Guadalupe y sus centros poblados es el de alumbrado público ya que solo se cuenta con alumbrado público en los mismos centros poblados y la carretera principal de ingreso al distrito; sin embargo, la mayoría de las carreteras (trochas generalmente) que interconectan los distintos centros poblados, carecen del servicio de alumbrado público a pesar de tener la red eléctrica convencional muy cerca de los sitios de demanda, ello evidencia un desinterés hacia el alumbrado de este tipo de carreteras.

Infraestructura existente

La corriente de agua fluye en el Canal Alto del distrito de Guadalupe, el cual presenta diferentes secciones a lo largo de su recorrido: rectangular y trapezoidal, es en su mayoría de concreto armado y se presenta en buen estado. El tramo objeto de

estudio inicia en una compuerta tipo cuchilla y comprende un tramo de sección trapezoidal en toda su extensión.

El tramo del canal estudiado presenta las siguientes dimensiones:

$$b = 40.0 \text{ cm} = 0.400 \text{ m}$$

$$T_{\text{máx}} = 94.0 \text{ cm} = 0.940 \text{ m}$$

$$H = 64.0 \text{ cm} = 0.640 \text{ m}$$

3.2.2. Determinación del potencial del recurso hídrico

Para la determinación del potencial presente en el recurso hídrico se estableció un tramo del canal en específico, se consideró el tramo con mayor potencial de aprovechamiento, este se mostró en la figura 16, dentro de dicho tramo se realizaron las mediciones en dos puntos en específico, denominados “Punto 1” y “Punto 2”, el segundo aguas abajo del primero (a 400 m aproximadamente).

Estimación de caída de muy baja altura

En el tramo objeto de investigación, el punto 1 es el único lugar que presentó una caída, aunque es mínima podría aprovecharse por la tecnología pico hidráulica existente para generar energía eléctrica de baja potencia. Para la determinación del salto se empleó el método de la manguera de nivelación y se midió el salto entre el nivel de entrada de agua a la compuerta que da inicio al tramo del canal y el nivel de agua en dos hipotéticos lugares donde se ubicaría la turbina (H_A y H_B).

Estimación de caudales

Se ha estimado el caudal, así como la velocidad promedio de flujo de agua por un periodo de 12 meses (1 año), iniciando el 1 de noviembre de 2020 y finalizando el 30 de octubre de 2021.

Para la estimación del caudal se empleó el método del flotador, el cual consistió en medir 10 veces por día el tiempo que tarda en recorrer un objeto flotador (retazo rectangular de madera) un tramo de 10 m de canal, esto tanto para el punto 1 y el punto 2. Con los datos de tiempo y distancia igual a 10 m, se empleó la ecuación 4 y con ello se calculó la velocidad superficial del flujo de agua, para corregir este valor, se empleó un coeficiente $k = 0.85$, luego el área se ha determinado midiendo el espejo de agua, la altura del espejo de agua y el ancho de solera para luego aplicarse la ecuación 1. Finalmente, el caudal se estimó mediante la ecuación 6.

Para la determinación de la curva de duración de caudales se empleó el método tradicional expuesto en el marco teórico, utilizando a su vez la relación para el cálculo del porcentaje de excedencia según la ecuación 9. Se calculan también los caudales y velocidades mínimo, medio y máximo mensual, expresándose en gráficos estadísticos.

3.2.3. Análisis de la potencia hidrocínética disponible

Se evaluó este potencial de acuerdo a la velocidad de flujo de agua en los puntos 1 y 2, y según la ecuación 7. Se analiza si el potencial es aprovechable o no.

3.2.4. Evaluación de las posibles tecnologías de aprovechamiento

Existe una serie de equipos de generación pico-hidroeléctrica que pueden ser empleados para el aprovechamiento del recurso hídrico y generar energía eléctrica de baja potencia. Las turbinas más adecuadas según las características del flujo de agua objeto de estudio pueden ser comerciales (pre diseñadas) o con un diseño ajustable a las condiciones del flujo (turbina tornillo de Arquímedes o Michel Banki). Se evalúa la posibilidad de la instalación y puesta en marcha de alguna de

estas tecnologías. Respecto de generadores, solo se presentan los del tipo generador de inducción de jaula de ardilla y generador síncrono de imanes permanentes.

3.2.5. Selección y dimensionamiento de la tecnología más adecuada

En función a las características del recurso hídrico (velocidad media, caudal y desnivel disponible), se determinarán los equipos más adecuados para la generación de energía eléctrica de baja potencia. Se consideran de vital importancia los siguientes criterios cualitativos para el dimensionamiento de la tecnología a emplear para posible explotación del recurso.

- Máxima producción de potencia
- Eficiencia de la unidad a caudal/altura nominal y a caudal/altura parcial: como varía la eficiencia a flujo parcial.
- Obras civiles: la cantidad de obras civiles que deben completarse para permitir que el sistema funcione.
- Mantenibilidad y capacidad de servicio: La capacidad de incluir características de diseño o ya incorporadas que ayuden a una larga vida útil y facilidad de mantenimiento/servicio.
- Modularidad del sistema: Módulos que permiten que el sistema se divida en unidades transportables/enviables y permiten la línea reemplazable para facilitar el servicio y la identificación de fallas, con la capacidad de intercambiar módulos idénticos.

Se considera el siguiente cuadro de ponderaciones a emplear según los aspectos cualitativos sobre la base de asignación de 5 puntos a los diferentes modelos de turbinas expuestos.

Tabla 5

Ponderaciones empleadas para selección de turbina

Criterios	Ponderaciones
Máxima producción de potencia	0.30
Eficiencia de flujo total	0.25
Eficiencia de flujo parcial	0.20
Obras civiles	0.15
Capacidad de mantenimiento y servicio	0.05
Alcance de la modularidad	0.05

El dimensionamiento de la tecnología correspondiente se basa en cálculos matemáticos y se detalla en el siguiente capítulo.

3.3. DISEÑO

Diseño no experimental longitudinal

Se evalúa la evolución del caudal presente en el Canal Alto por un periodo de 12 meses y de acuerdo a esto se determinará el potencial hídrico para generación eléctrica y se dimensiona la tecnología de aprovechamiento hidroeléctrico.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población única: Canal de riego para sembríos

Muestra única: Tramo del Canal Alto del distrito de Guadalupe

3.5. PROCEDIMIENTO O FORMA DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Toda la información correspondiente a datos de velocidades y caudales se trató en hojas de cálculo de Microsoft Excel para la determinación de caudales promedio mensual y la realización de la curva de duración de caudales. También se empleó dicho software para

hallar caudales y velocidades mínimos, máximos y medios, y representarlos por mes en gráficos estadísticos. Los cálculos referidos a la potencia hidráulica (hidrocinética) también se realizan empleando el mencionado software.

3.6. TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Según los datos ya procesados, se discutieron diferentes tecnologías de generación. Luego de seleccionar la tecnología óptima para aprovechamiento, se dimensiona el sistema mediante cálculos matemáticos. El análisis de los resultados se da primero, mediante comparación de lo obtenido como potencial del recurso con la literatura científica existente, se utilizan también para el desarrollo del análisis, los modelos de turbinas comerciales para potenciales aprovechamientos. El análisis del dimensionamiento final se realiza discutiendo la literatura existente sobre sistemas pico-hidroeléctricos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES

4.1.1. Cálculo de velocidad de flujo

El cálculo de la velocidad media v_m se ejemplifica con los datos de la fecha 18/11/2020 (punto 1), en la cual el tiempo promedio que tardó el objeto flotador en recorrer la distancia 10 m fue $t_m = 6.47$ s, luego, de las ecuaciones 4 y 5 obtenemos

$$v_m = 0.85 \cdot \frac{10 \text{ m}}{6.47 \text{ s}} = 1.31 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

4.1.2. Cálculo de caudal diario promedio

En primer lugar, se calculó el área de la sección transversal del canal, empleando los datos de la fecha 18/11/2020 y la ecuación 1 tenemos

$$A = \left(\frac{0.744 \text{ m} + 0.400 \text{ m}}{2} \right) \cdot 0.370 \text{ m} = 0.212 \text{ m}^2$$

Finalmente, el caudal Q_i se determina con la relación 6

$$Q_i = 0.212 \text{ m}^2 \cdot 1.31 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.278 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 278 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

4.1.3. Cálculos para elaborar CDC

Para la fecha 18/11/2020 (punto 1) $i = 111$ y $N = 296$ (los datos ordenados en forma descendente se muestran en el anexo), luego la probabilidad de excedencia se calcula como sigue

$$p_{111} = \frac{111}{296 + 1} \cdot 100\% = 37.4\%$$

Finalmente, cada caudal $q(i)$ se grafica con su respectivo valor de probabilidad de ser igualado o excedido p_i , determinando de esta forma CDC.

4.1.4. CDC – Punto 1

La figura 18 muestra la CDC del flujo de agua en el punto 1 con la abscisa en días

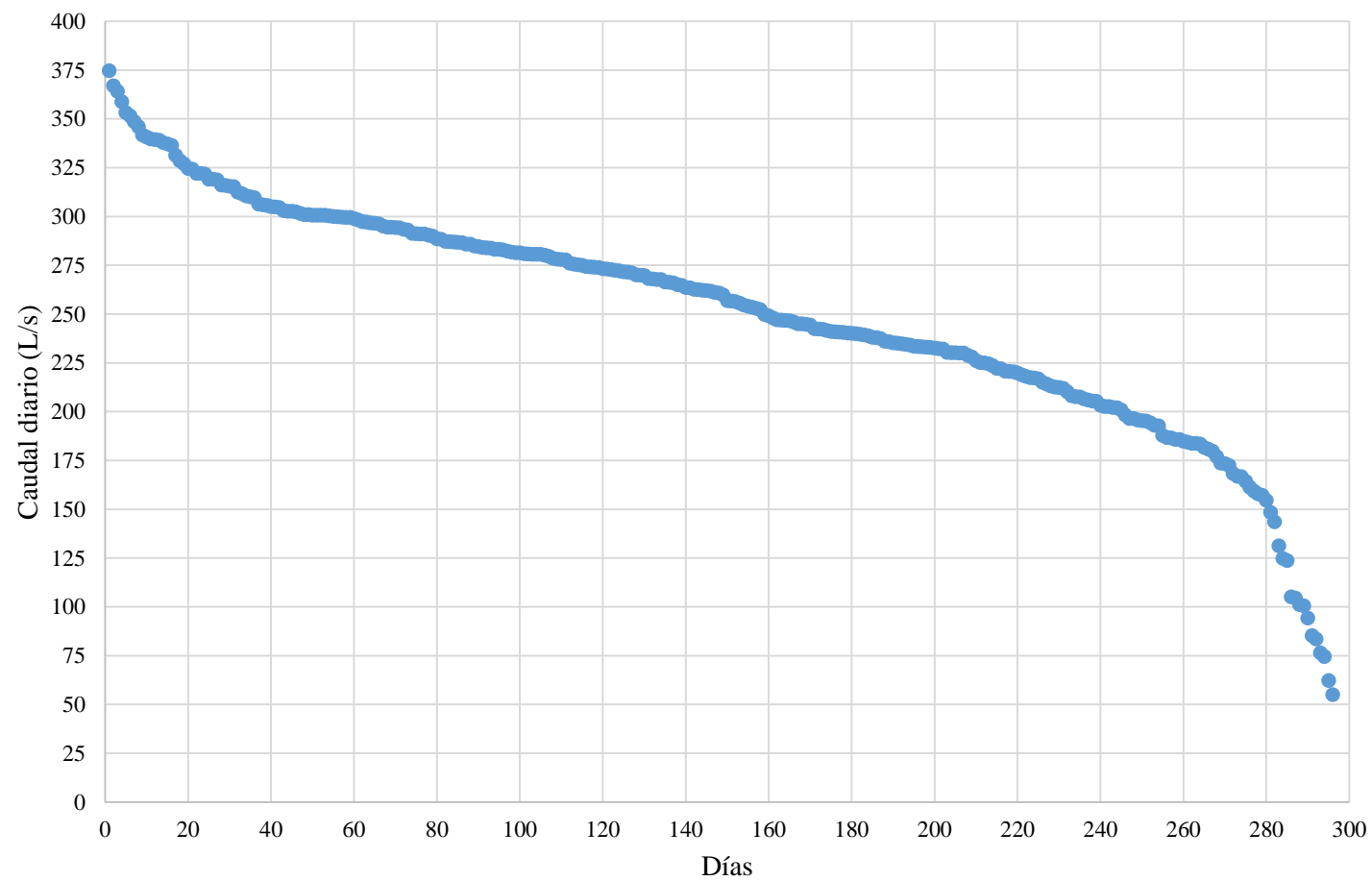


Figura 30. Curva de duración de caudales (abscisa en días) – Punto 1

Además, se han determinado los percentiles de la curva de duración de caudales, los cuales se muestran en la tabla 6.

Tabla 6

Percentiles de CDC – Punto 1

Percentil	Porcentaje de excedencia	Caudal (l/s)
Q_01	0.1%	375
Q_05	0.5%	367
Q_1.0	1.0%	364
Q_5.0	5.0%	338
Q_10	10.0%	316
Q_20	20.0%	300
Q_30	30.0%	285
Q_40	40.0%	274
Q_50	50.0%	260
Q_60	60.0%	241
Q_70	70.0%	229
Q_80	80.0%	206
Q_90	90.0%	180
Q_95	95.0%	144
Q_99	99.0%	75

Tabla 7

Caudales característicos de la CDC – punto 1

Caudales característicos	Valor (l/s)
<i>Caudal característico máximo</i>	341
<i>Caudal medio anual</i>	249
<i>Caudal mínimo probable o de estiaje</i>	144

A continuación, se muestra la CDC expresada en función al porcentaje de excedencia del flujo de agua en el punto 1 así como los respectivos percentiles de dicha curva.

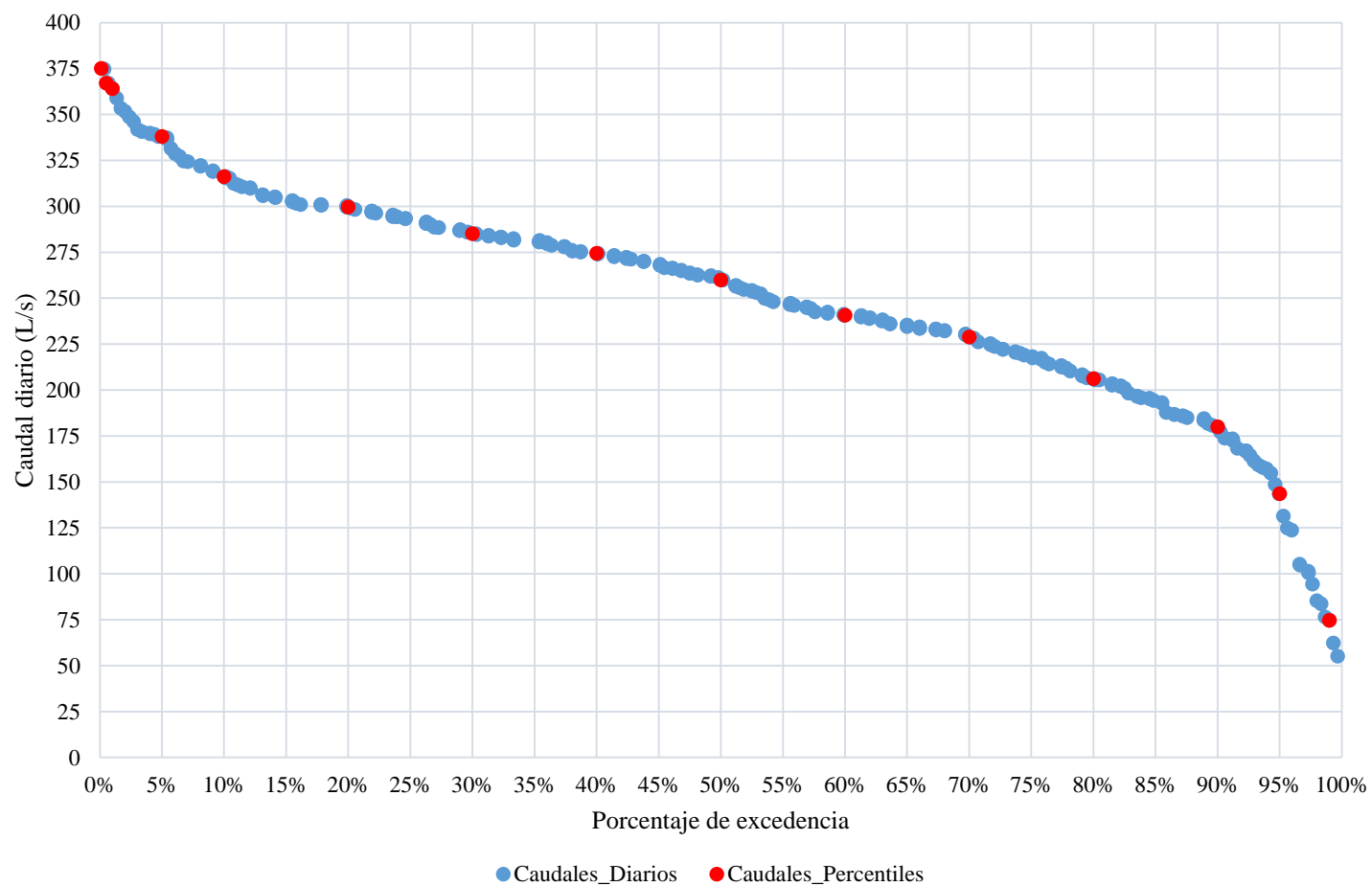


Figura 31. Curva de duración de caudales en función a porcentaje de excedencia – Punto 1

Finalmente, se muestra la CDC – 1 en escala logarítmica

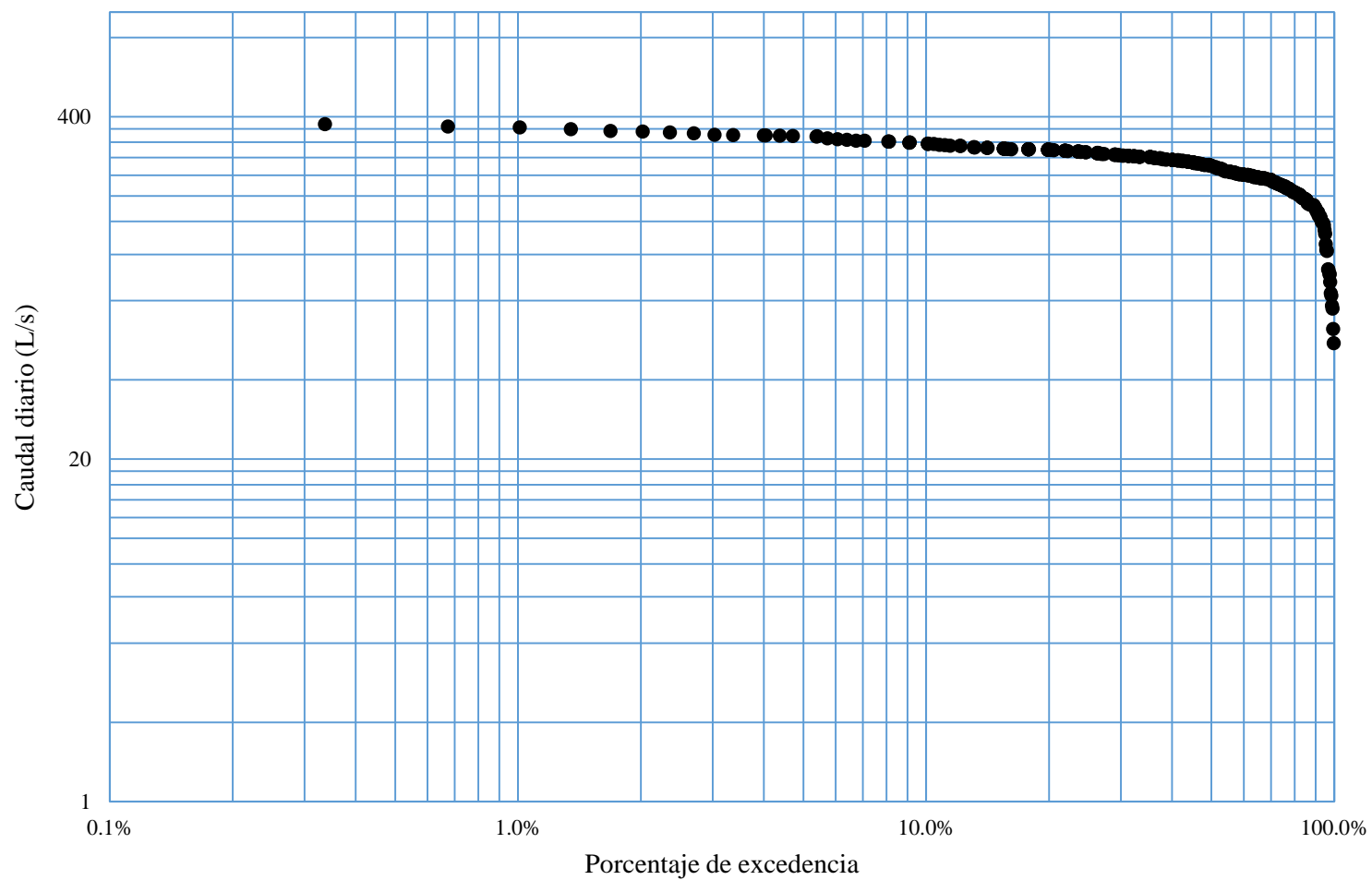


Figura 32. Curva de duración del flujo en escala logarítmica – Punto 1

4.1.5. CDC – Punto 2

La figura 21 muestra la CDC del flujo de agua en el punto 2 con la abscisa en días

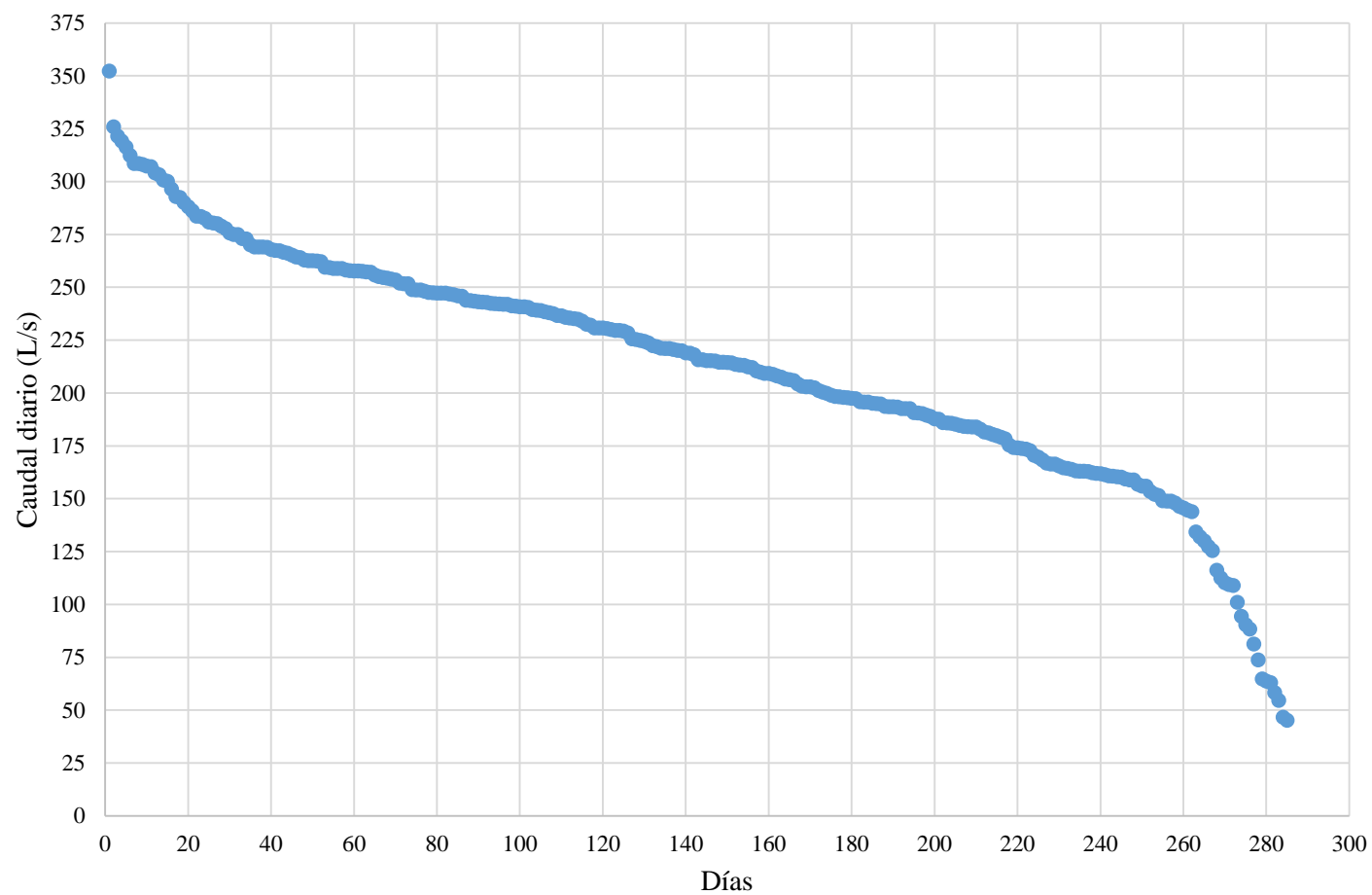


Figura 33. Curva de duración de caudales (abscisa en días) – Punto 2

Además, se han determinado los percentiles de la curva de duración de caudales, los cuales se muestran en la tabla 8.

Tabla 8

Percentiles de CDC – Punto 2

Percentil	Porcentaje de excedencia	Caudal (l/s)
Q_01	0.1%	352
Q_05	0.5%	326
Q_1.0	1.0%	322
Q_5.0	5.0%	301
Q_10	10.0%	278
Q_20	20.0%	259
Q_30	30.0%	246
Q_40	40.0%	235
Q_50	50.0%	216
Q_60	60.0%	201
Q_70	70.0%	188
Q_80	80.0%	166
Q_90	90.0%	149
Q_95	95.0%	109
Q_99	99.0%	55

Tabla 9

Caudales característicos de la CDC – punto 2

Caudales característicos	Valor (l/s)
<i>Caudal característico máximo</i>	307
<i>Caudal medio anual</i>	211
<i>Caudal mínimo probable o de estiaje</i>	109

A continuación, se muestra la CDC expresada en función al porcentaje de excedencia del flujo de agua en el punto 2 así como los respectivos percentiles de dicha curva.

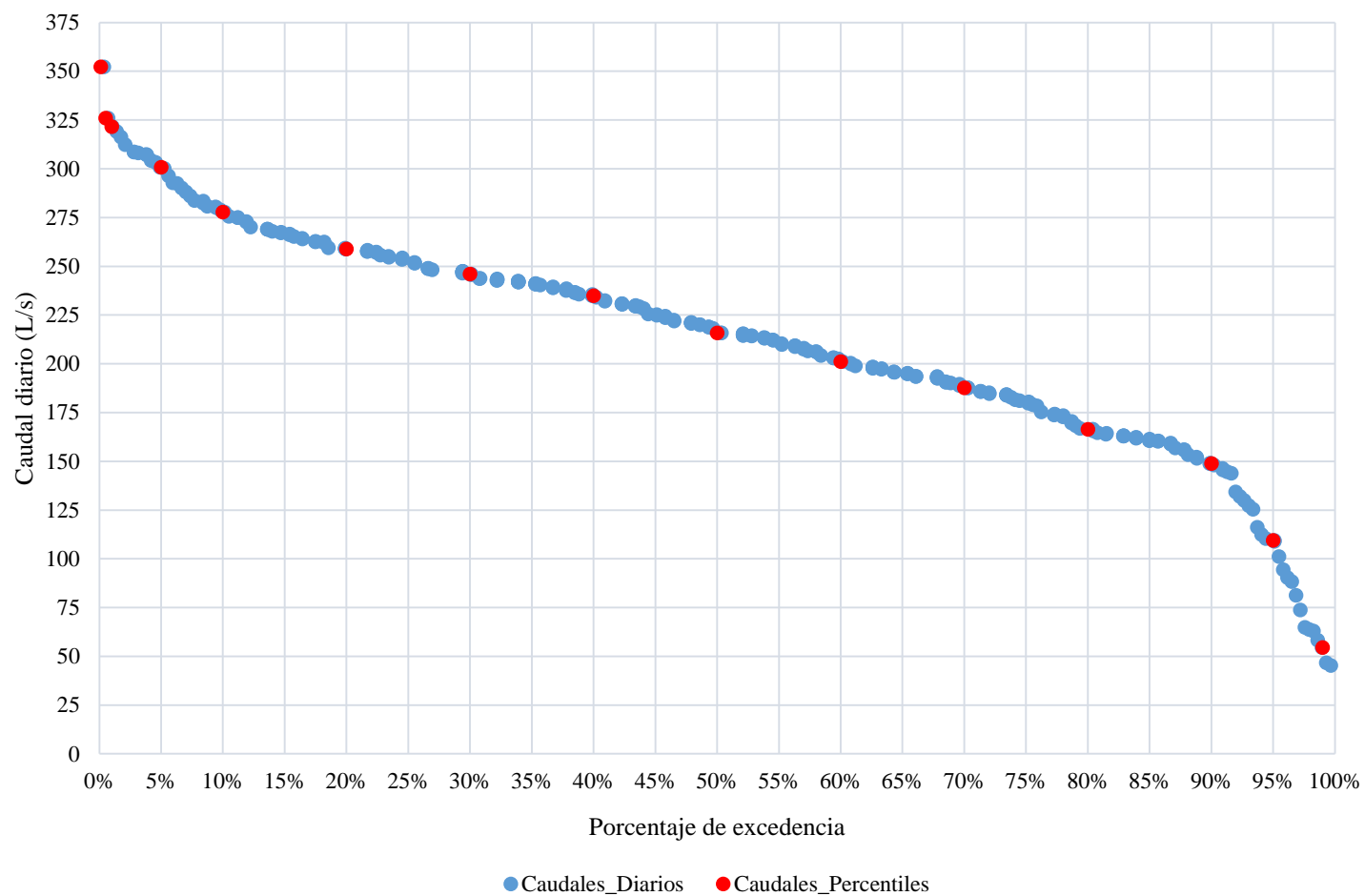


Figura 34. Curva de duración de caudales en función a porcentaje de excedencia – Punto 2

Finalmente, se muestra la CDC – 2 en escala logarítmica

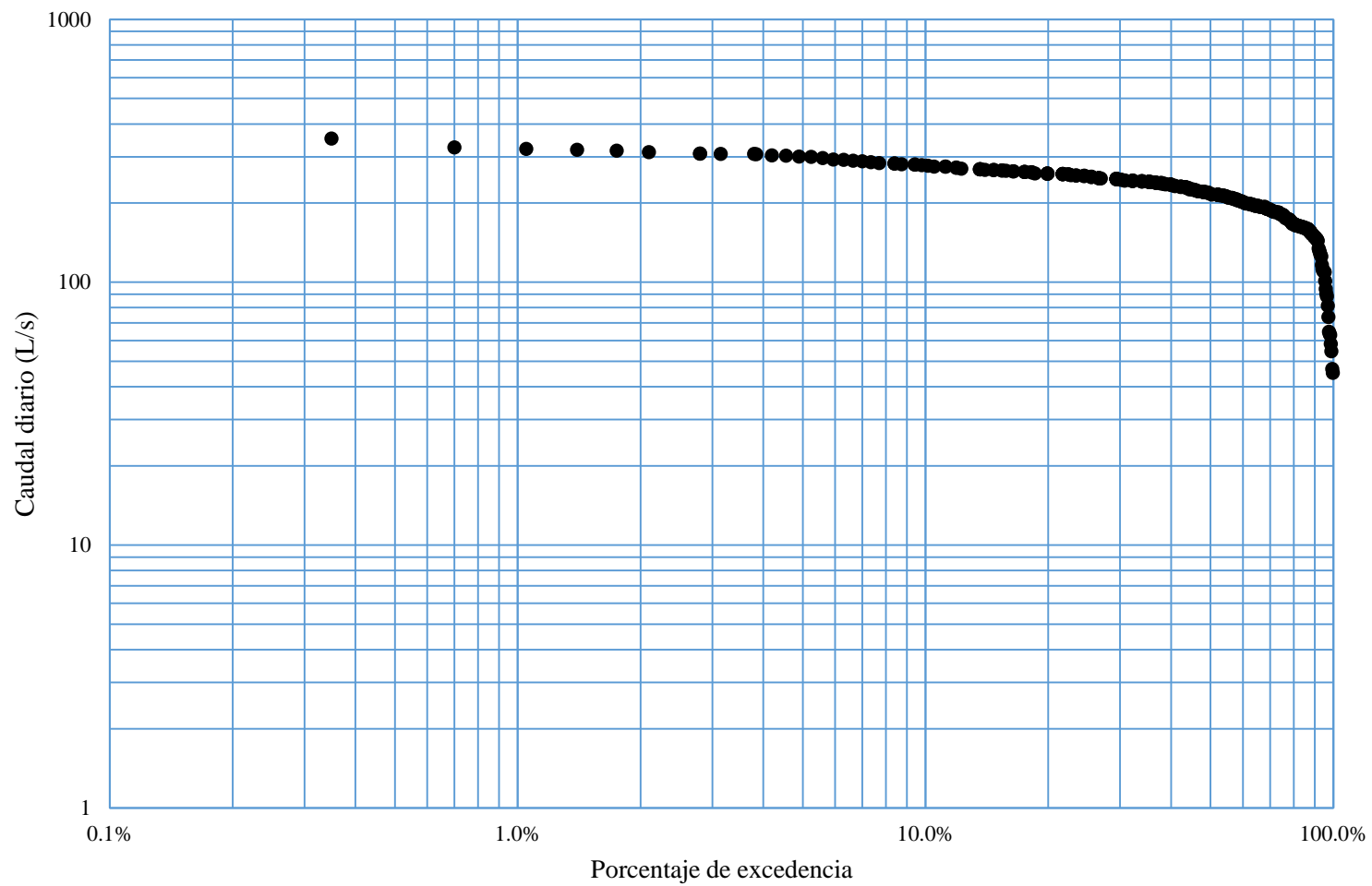


Figura 35. Curva de duración del flujo en escala logarítmica – Punto 2

4.2. VARIACIÓN DE CAUDAL MEDIO, MÍNIMO Y MÁXIMO MENSUAL

A continuación, se muestran las variaciones mensuales de los caudales medio, mínimo y máximo para el Punto 1.

Tabla 10

Caudales máximo, mínimo y medio mensual – Punto 1

Mes	Q _{máx} (L/s)	Q _{mín} (L/s)	Q _{med} (L/s)
Nov-19	322	159	254
Dic-19	349	234	296
Ene-20	364	195	278
Feb-20	375	157	269
Mar-20	359	187	276
Abr-20	329	174	239
May-20	281	101	211
Jun-20	295	62	213
Jul-20	281	55	185
Ago-20	315	75	242
Set-20	306	173	253
Oct-20	346	203	268

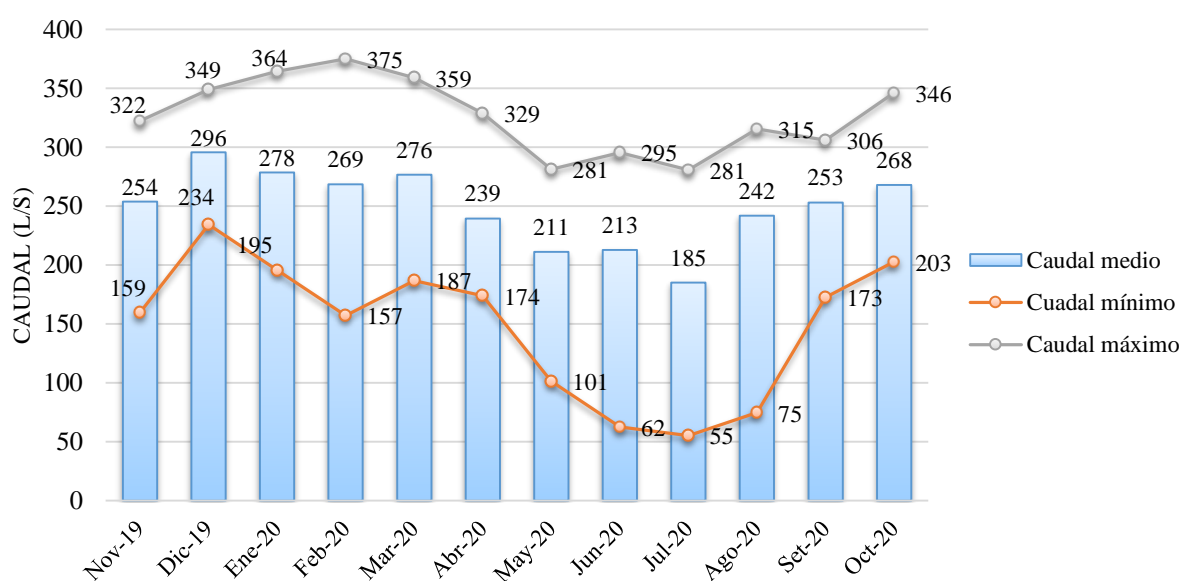


Figura 36. Variación de caudales máximo, mínimo y medio durante el año - Punto 1

A continuación, se muestran las variaciones mensuales de los caudales medio, mínimo y máximo para el Punto 2.

Tabla 11

Caudales máximo, mínimo y medio mensual – Punto 2

Mes	Q _{máx} (L/s)	Q _{mín} (L/s)	Q _{med} (L/s)
Nov-19	309	132	222
Dic-19	296	186	249
Ene-20	326	162	252
Feb-20	352	109	243
Mar-20	322	180	250
Abr-20	284	146	205
May-20	212	81	161
Jun-20	240	58	165
Jul-20	247	45	146
Ago-20	248	63	189
Set-20	264	163	218
Oct-20	312	161	234

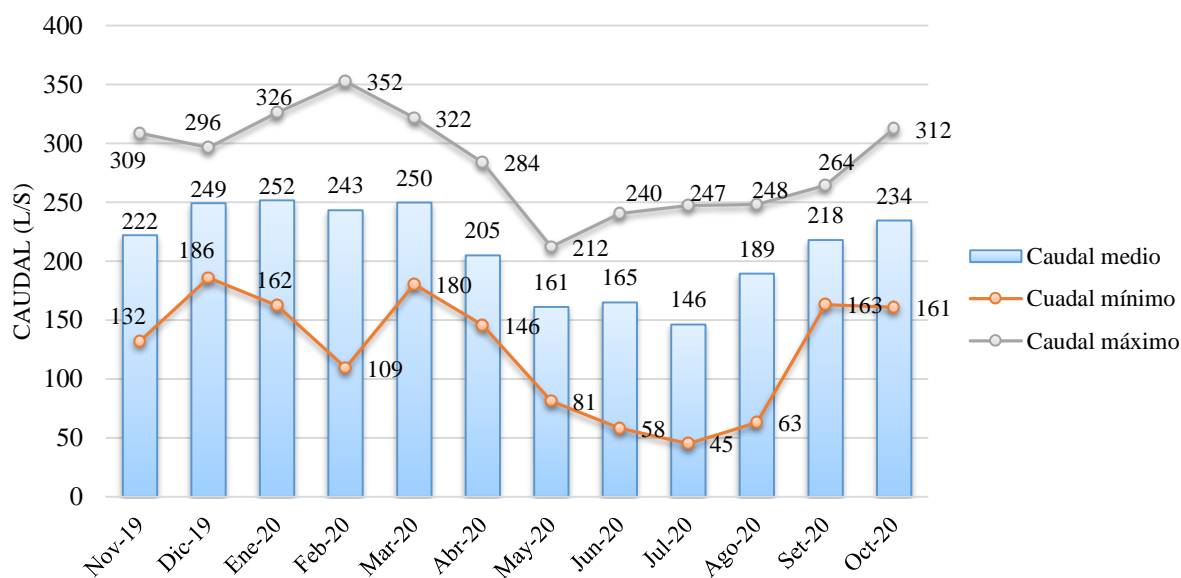


Figura 37. Variación de caudales máximo, mínimo y medio durante el año - Punto 2

4.3. VARIACIÓN DE VELOCIDAD MEDIA, MÍNIMA Y MÁXIMA MENSUAL

Ahora, se exponen las variaciones mensuales de las velocidades media, mínima y máxima para el Punto 1.

Tabla 12

Velocidades máxima, mínima y media mensual – Punto 1

Mes	$v_{m\acute{a}x}$ (m/s)	$v_{m\acute{i}n}$ (m/s)	v_{med} (m/s)
Nov-19	1.35	0.83	1.10
Dic-19	1.37	1.11	1.28
Ene-20	1.46	0.95	1.20
Feb-20	1.46	1.08	1.30
Mar-20	1.37	0.99	1.22
Abr-20	1.42	1.08	1.25
May-20	1.37	0.75	1.22
Jun-20	1.38	0.91	1.23
Jul-20	1.46	0.67	1.20
Ago-20	1.33	0.80	1.16
Set-20	1.33	1.00	1.23
Oct-20	1.35	1.08	1.26

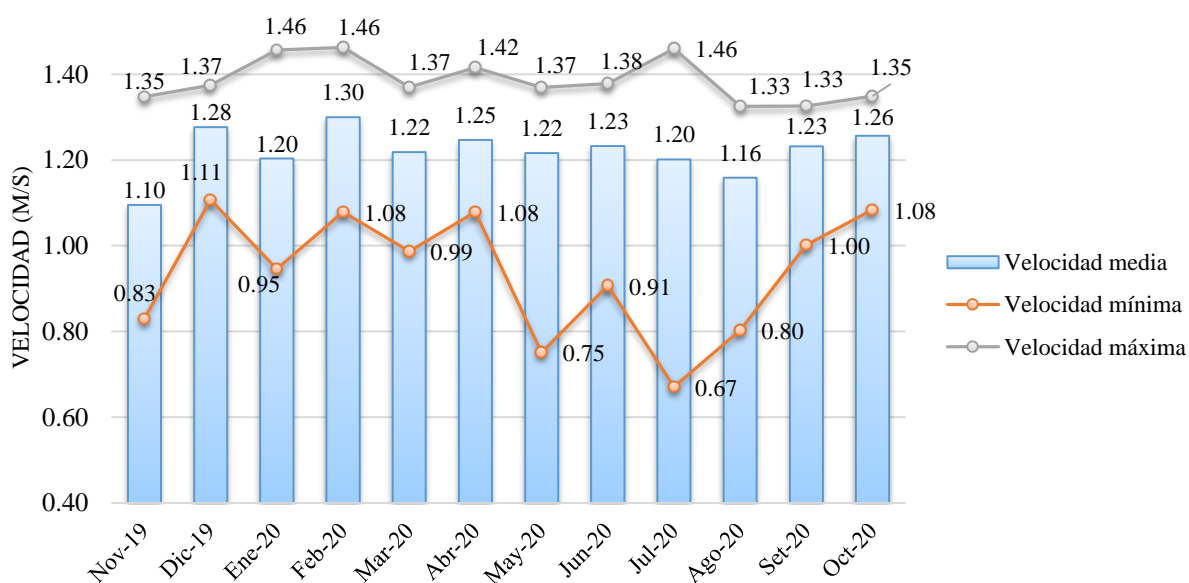


Figura 38. Variación de velocidades máxima, mínima y media durante el año - Punto 1

Finalmente, se presentan las variaciones mensuales de las velocidades media, mínima y máxima para el Punto 2.

Tabla 13

Velocidades máxima, mínima y media mensual – Punto 2

Mes	$v_{m\acute{a}x}$ (m/s)	$v_{m\acute{i}n}$ (m/s)	v_{med} (m/s)
Nov-19	0.97	0.70	0.82
Dic-19	0.81	0.61	0.72
Ene-20	1.21	0.59	0.83
Feb-20	1.18	0.67	1.01
Mar-20	1.08	0.73	0.88
Abr-20	1.09	0.61	0.81
May-20	1.11	0.42	0.79
Jun-20	1.14	0.26	0.82
Jul-20	1.20	0.50	0.83
Ago-20	1.09	0.44	0.85
Set-20	0.92	0.63	0.77
Oct-20	1.11	0.71	0.91

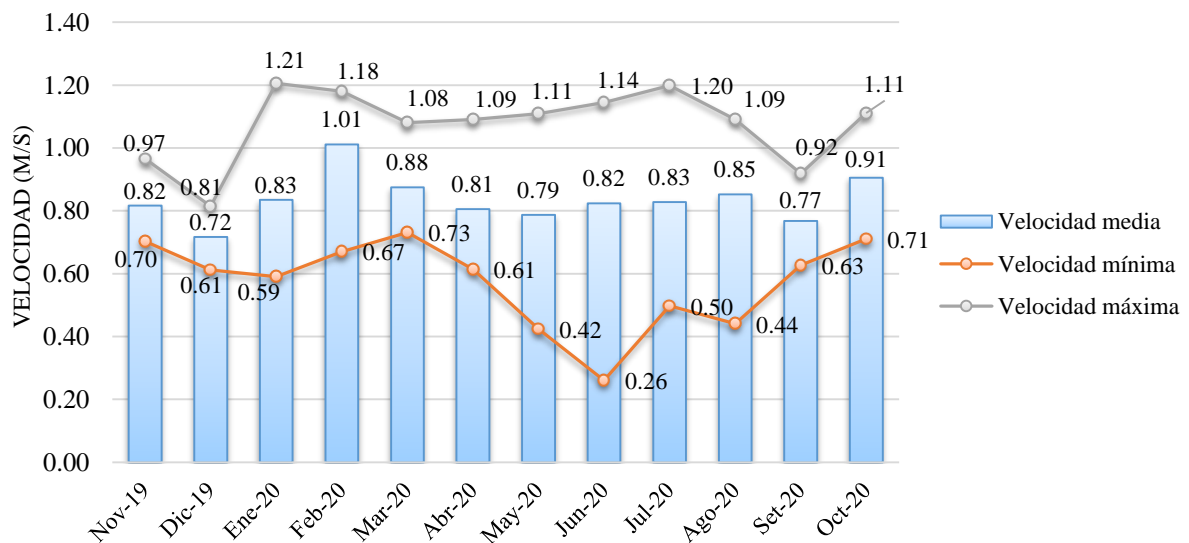


Figura 39. Variación de velocidades máxima, mínima y media durante el año - Punto 2

4.4. ALTURA BRUTA

De acuerdo a la figura 30, se han medido los desniveles disponibles entre el flujo de agua al ingreso a la compuerta de ingreso y el punto teórico de instalación de la turbina. Se exponen a continuación las medidas encontradas

$$H_A = 1.52 \text{ m}$$

$$H_B = 1.71 \text{ m}$$



Figura 40. Desnivel de muy baja altura cerca del punto 1

4.5. SELECCIÓN DE TURBINA

Sin dejar de lado totalmente los aspectos técnicos propios de cada turbina, se realiza la elección de este considerando también aspectos cualitativos.

Tabla 14

Cuadro de puntuación para selección de turbina

Criterio	TFC	Turbina de hélice	AST
<i>Máxima producción de potencia</i>	5	5	5
<i>Eficiencia de flujo total</i>	3	5	3
<i>Eficiencia de flujo parcial</i>	5	1	5
<i>Obras civiles</i>	3	1	1
<i>Capacidad de mantenimiento y servicio</i>	5	5	5
<i>Alcance de la modularidad</i>	4	4	3
PUNTAJE	4.15	3.55	3.80

Para este aprovechamiento se selecciona la **turbina de flujo cruzado (TFC)**

4.6. ALTURA NETA

4.6.1. Cálculo de pérdidas en tubería forzada

Calculamos un diámetro de tubería tentativo según la ecuación de Bondschú

$$D = 1.27 \cdot \frac{0.2^{0.4268}}{(1.71 + 0.3 \cdot 1.71)^{0.1423}} = 0.570 \text{ m} = 22.45 \text{ in}$$

Se selecciona tubería de diámetro comercial 20 in con diámetro interno D

$$D = 0.47676 \text{ m}$$

Calculamos la velocidad del agua al interior de la tubería con la siguiente relación

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0.2}{\pi \cdot 0.47676^2} = 1.120 \text{ m/s}$$

Para calcular las pérdidas por fricción necesitamos el factor de fricción para el cual requerimos del número de Reynolds, en consecuencia, tenemos

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{1.120 \cdot 0.47676}{1.004 \cdot 10^{-6}} = 531993.8$$

Se consideró la viscosidad cinemática del agua ν a 20 °C igual a $1.004 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Además, el coeficiente de rugosidad absoluta del PVC es $k_s = 0.0015$, luego aplicamos la ecuación 44 e iterando se obtiene

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{2.51}{531993.8 \cdot \sqrt{f}} + 0.000848 \right) \rightarrow f = 0.02675$$

En consecuencia, las pérdidas por fricción se cuantifican con ecuación de Darcy

$$h_f = \frac{0.02675 \cdot 25 \cdot 1.120^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.47676} = 0.090 \text{ m}$$

$$H\% = \frac{0.090}{1.71} \cdot 100\% = 5.25\%$$

Dado que las pérdidas son del orden del 5% se establece como diámetro de tubería el seleccionado inicialmente

$$\mathbf{D = 0.47676 \text{ m (20 in)}}$$

4.6.2. Altura neta

Habiendo calculado las pérdidas mayores, estas se restan de la altura bruta: $H = 1.71 - 0.09 = 1.62 \text{ m}$ y considerando las pérdidas menores como un mínimo porcentaje de la altura bruta disponible se tendría la altura neta igual a

$$\mathbf{H = 1.60 \text{ m}}$$

4.7. DISEÑO DE TFC PARA APROVECHAMIENTO EN PUNTO 1

4.7.1. Parámetros principales de diseño

Teniendo como altura neta $H = 1.6$ m, ahora se selecciona como caudal de diseño Q_0 con probabilidad de permanencia 82.5% el siguiente

$$Q_0 = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tomando como eficiencia de turbina $\eta_T = 0.76$ calculamos la potencia al freno

$$P_T = 9.81 \cdot 0.200 \cdot 1.60 \cdot 0.76$$

$$P_T = 2.40 \text{ kW} = 3.20 \text{ HP}$$

Calculamos la velocidad óptima de giro de la turbina tomando los valores máximos y mínimos de los números específicos de revoluciones:

$$N_q = N \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \rightarrow N = N_q \frac{1.60^{3/4}}{0.200^{1/2}}$$

$$N_{q(\text{mín})} = 18 \rightarrow N_{\text{mín}} = 57.3 \text{ rpm (según caudal)}$$

$$N_{q(\text{máx})} = 60 \rightarrow N_{\text{máx}} = 190.9 \text{ rpm (según caudal)}$$

$$N_s = N \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} \rightarrow N = N_s \frac{1.60^{5/4}}{2.40^{1/2}}$$

$$N_{s(\text{mín})} = 60 \rightarrow N_{\text{mín}} = 60.4 \text{ rpm (según potencia)}$$

$$N_{s(\text{máx})} = 200 \rightarrow N_{\text{máx}} = 201.2 \text{ rpm (según potencia)}$$

Finalmente, la velocidad de giro óptima seleccionada de la turbina se establece en

$$N = 200 \text{ rpm}$$

Una vez establecida la velocidad de giro óptima de la turbina, se calcula el diámetro exterior del rodete

$$D_e = \frac{39.85 \cdot 1.6^{\frac{1}{2}}}{200}$$

$$D_e = 0.252 \text{ m}$$

4.7.2. Triángulo de velocidades en el rodete

Velocidad del flujo de agua a la salida del inyector

$$C_i = 0.98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 1.60}$$

$$C_i = 5.49 \text{ m/s}$$

La velocidad absoluta del flujo de agua de ingreso al rodete

$$C_2 = 4.34 \cdot 1.60^{1/2}$$

$$C_2 = 5.49 \text{ m/s}$$

El chorro se orienta hacia el rodete con un ángulo promedio

$$\alpha_2 = 16^\circ$$

Velocidad absoluta del rodete a la entrada

$$U_2 = 2.09 \cdot 1.60^{1/2}$$

$$U_2 = 2.64 \text{ m/s}$$

Velocidad relativa del flujo a la entrada del rodete

$$W_2 = 2.40 \cdot 1.60^{1/2}$$

$$W_2 = 3.04 \text{ m/s}$$

Velocidad absoluta del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$C'_2 = 1.20 \cdot 1.60^{1/2}$$

$$C'_2 = 1.52 \text{ m/s}$$

Velocidad relativa del flujo a su segundo ingreso al rodete

$$W'_2 = 2.35 \cdot 1.60^{1/2}$$

$$W'_2 = \mathbf{2.97 \text{ m/s}}$$

Ángulo promedio entre W y U primera salida

$$\beta_1 = \mathbf{90^\circ}$$

Ángulo promedio entre W y U a la salida del rodete

$$\beta'_2 = \mathbf{30^\circ}$$

4.7.3. Geometría del rodete

Diámetro interno del rodete

$$D_i = 0.66 \cdot 0.250$$

$$D_i = \mathbf{0.166 \text{ m}}$$

Radio de curvatura de los álabes del rodete

$$r = 0.163 \cdot 0.252$$

$$r = \mathbf{41.08 \text{ mm}}$$

Ángulo de curvatura de los álabes

$$\varphi = \mathbf{73^\circ}$$

Diámetro máximo del eje que soportará rodete

$$d = 0.328 \cdot 0.250$$

$$d = 82.67$$

De otros trabajos similares al presente estudio se tiene finalmente

$$d = \mathbf{35 \text{ mm}}$$

4.7.4. Geometría del inyector

Ancho de inyector para TFC

$$B = \frac{0.96 \cdot 0.200}{0.252 \cdot \sqrt{1.6}}$$

$$B = 0.602 \text{ m}$$

El ancho del rodete se estima con la siguiente relación

$$A = 1.5 \cdot B = 0.903 \text{ m}$$

Para las dimensiones de un diámetro de 250 mm se ha estimado la siguiente tabla:

Tabla 15.

Dimensiones de inyector para diámetro de 252 mm

R (m)	Cota (mm)	Valor (mm)	Cota (mm)	Radio (mm)	Ángulo (°)
0.126	A	219.27	a	98.80	-
0.126	B	201.63	b	30.24	-
0.126	C	44.11	c	69.56	-
0.126	D	85.69	d	42.34	-
0.126	E	84.43	e	12.60	-
0.126	F	157.52	1	111.90	14
0.126	G	34.02	2	58.47	30
0.126	H	18.90	3	82.67	36
0.126	R₁	127.02	4	50.41	30
0.126	R₂	120.98	5	26.21	70
0.126	R₃	23.31	6	30.24	66
0.126	-	-	7	78.63	60

4.7.5. Geometría del álabe

La literatura científica sobre pequeños aprovechamientos hidroeléctricos empleando TFC muestra que un número adecuado de álabes sería el siguiente

$$z = 24$$

Ángulo entre álabes

$$\hat{z} = 360^\circ/24 = 15^\circ$$

Ángulos característicos de álabes

$$\theta = 60^\circ - \frac{15}{2} = 52.5^\circ$$

$$\lambda = 150^\circ - \frac{15}{2} = 142.5^\circ$$

$$\delta = 15 + 60^\circ = 75^\circ$$

$$\gamma = 30 - \frac{15}{2} = 22.5^\circ$$

Ancho radial

$$A = 0.126 \cdot \left(1 - \frac{\text{sen } 22.5^\circ}{\text{sen } 142.5^\circ}\right) = 0.047 \text{ m}$$

Cuerda del álabe

$$A_p = 0.126 \cdot \frac{\text{sen } 15^\circ}{\text{sen } 142.5^\circ} = 0.054 \text{ m}$$

Radio del álabe

$$R_a = 0.126 \cdot \frac{\text{sen } 15^\circ}{\text{sen } 75^\circ} \cdot \frac{\text{sen } 52.5^\circ}{\text{sen } 142.5^\circ} = 0.044 \text{ m}$$

4.7.6. Potencia de generación

Tenemos los siguientes parámetros de diseño para la turbina

$$\text{Caudal de diseño} \quad Q_0 = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Altura neta} \quad H = 1.6 \text{ m}$$

$$\text{Eficiencia de turbina} \quad \eta_T = 0.76$$

Se consideran las eficiencias en la transmisión η_{tr} y en el generador η_G como

$$\text{Eficiencia en la transmisión} \quad \eta_{tr} = 0.93$$

$$\text{Eficiencia en el generador} \quad \eta_G = 0.88$$

En consecuencia, la eficiencia total quedaría como

$$\eta = \eta_T \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_G = 0.76 \cdot 0.93 \cdot 0.88$$

$$\eta = 0.622$$

Finalmente, la potencia nominal de la pico central hidroeléctrica en el punto 1 sería:

$$P_G = \eta \cdot \gamma \cdot Q_0 \cdot H$$

$$P_G = 0.622 \cdot 9.81 \cdot 0.200 \cdot 1.6$$

$$P_G = 1.95 \text{ kW}$$

4.8. PICOPICA 10 PARA APROVECHAMIENTO EN PUNTO 2

En este punto no existe salto hidráulico y de acuerdo con la tabla 13 no hay potencial hidrocínético considerable y que pueda ser aprovechado por la tecnología existente.

Sin embargo, para una probabilidad de permanencia del 100%, el caudal es superior a 45 l/s, cantidad suficiente para una turbina tipo PicoPica que con un flujo de 10 l/s genera una potencia de 10 W.



Figura 41. Potencial complejo de generación de baja potencia para iluminación.

4.9. POSIBLES CARGAS PARA SISTEMAS DIMENSIONADOS

De acuerdo a la ubicación del recurso hídrico se proponen las siguientes cargas:

- **Punto 1:** Abastecimiento parcial de potencia para recreo campestre “La ladrillera” ubicada a unos 250 m de distancia del punto 1.
- **Punto 1:** Abastecimiento total de potencia para viviendas no conectadas a red ubicadas de entre 80 a 150 m del punto 1.
- **Punto 1:** Abastecimiento total de potencia para viviendas conectadas a red que deseen generación eléctrica autónoma. Ubicadas a 400 m de distancia del punto 1
- **Punto 1:** Alumbrado público de carretera principal (aproximadamente 1 km) que interconecta al centro poblado “Nuevo Guadalupe” con el centro del distrito de Guadalupe. El inicio de la carretera está a unos 160 m del punto 1.
- **Punto 2:** Iluminación exterior de recreo campestre “La ladrillera”.

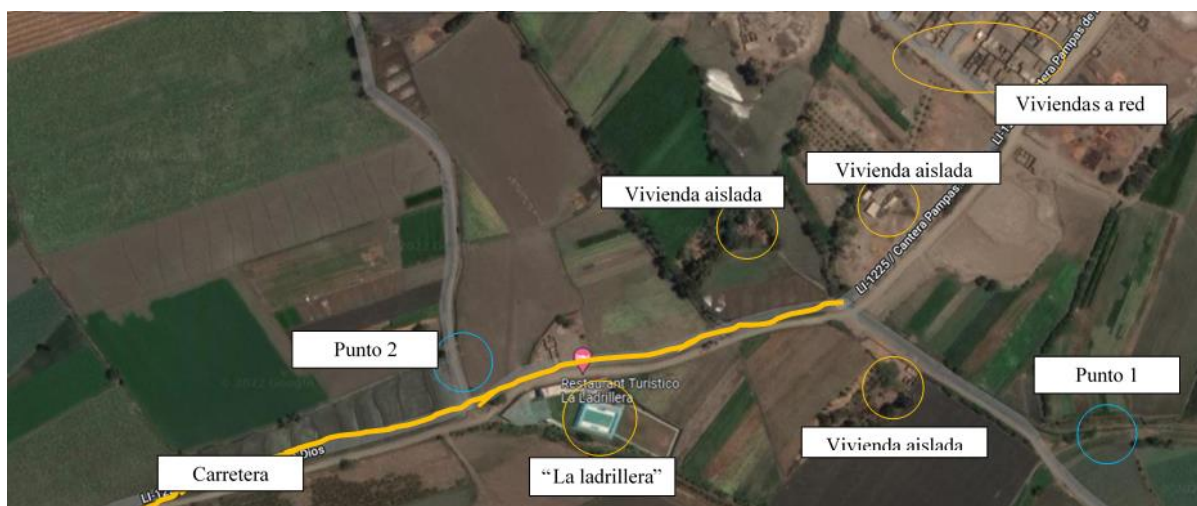


Figura 42. Posibles lugares para uso de energía eléctrica.

4.10. RESUMEN DE RESULTADOS

Tabla 16

Cuadro resumen de resultados en punto 1 y punto 2

Características	Punto 1	Punto 2
Caudal característico máximo	341	307
Caudal medio anual	249	211
Caudal mínimo probable	144	109
Potencial hidrocínético	Muy bajo	Nulo
Altura bruta	1.71	No aplica
Altura neta	1.60	No aplica
Turbina seleccionada	Turbina de flujo cruzado	PicoPica 10
Caudal de diseño	0.200 m ³ /s	10 l/s
Probabilidad de permanencia	82.50%	100%
Diámetro de tubería forzada	20 in	No aplica
Número óptimo de revoluciones de turbina	200 RPM	No aplica
Diámetro del rodete	0.252 m	No aplica
Potencia de generación	1.95 kW	10 W (1 u)
Aprovechamiento	01 Carga comercial Cargas residenciales Alumbrado	Alumbrado

4.11. DISCUSIONES

4.11.1. SOBRE LA CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES

En las figuras 31 y 34 tenemos la CDC de los puntos 1 y 2. El rango completo de mediciones muestra un mínimo valor de 55 l/s y un máximo de 375 l/s para el punto 1; sin embargo, de acuerdo con la La Comisión Nacional de Riego de Chile (2020) y su definición de caudales característicos, el caudal máximo sería de 341 l/s, y el mínimo de 144 l/s; los caudales superiores o inferiores a los mencionados representarían datos o flujos aleatorios dentro de todo el rango de medidas tomadas. Lo propio sucede con las medidas del punto 2; teniendo un caudal mínimo probable de 109 l/s y un caudal característico máximo de 307 l/s. Además, es necesario mencionar que, el flujo en los puntos 1 y 2 son del mismo canal; sin embargo, el caudal en ambos puntos no es el mismo ya que el canal en su recorrido va descargando cierta cantidad de agua a los terrenos de cultivo, razón por la cual el punto 2 posee menor flujo que el punto 1. Por otro lado, al llevar la gráfica de la CDC - 1 a escala logarítmica, no se observa un cambio abrupto de la pendiente hasta $p_i = 84\%$ (aproximadamente), esto implica cambios pequeños en el caudal dentro de este rango. Para la CDC - 2 en escala logarítmica la pendiente es suave hasta $p_i = 60\%$ (aproximadamente), teniendo un menor rango de pequeña fluctuación de caudal.

Las figuras 36 y 37 muestran la variación de caudal máximo, medio y mínimo durante los 12 meses y se evidencia que el periodo con déficit de recurso hídrico es junio – agosto, siendo julio el mes más crítico alcanzando un mínimo de 55 l/s y un caudal medio de 185 l/s (punto 1), esto debido a que dichos meses están dentro de la época de estiaje. A su vez se observan grandes caudales en los meses concernientes a diciembre – marzo (época de avenida) teniéndose caudales medios superiores a los 250 l/s. Este último periodo es

aprovechado por los agricultores para la siembra de arroz; cultivo que requiere grandes cantidades de agua en sus distintas etapas de crecimiento y desarrollo.

4.11.2. POTENCIAL HIDROKINÉTICO

De acuerdo con las tablas 12 y 13 el punto 1 presenta mejores condiciones para un aprovechamiento hidrocínético con velocidades medias disponibles de flujo de agua de 1.10 m/s a 1.30 m/s. Una turbina adecuada para esto sería la Ampair UW100, la cual genera 25 W de potencia a 1.5 m/s; sin embargo, esta turbina requiere de una profundidad mínima de 40 cm (Seamap UK Ltd, 2018) y las profundidades del canal en el punto 1 son muy fluctuantes y oscilan desde 30 cm hasta 44 cm en ciertos casos, es por esta razón que no se considera esta turbina para generación de energía eléctrica de baja potencia. Para aprovechar este potencial con las velocidades observadas mayores a 1.0 m/s se tendría que diseñar una turbina hidrocínética con las condiciones de espacio del canal; sin embargo, por la cantidad tan baja de potencia que se podría generar con una turbina hidrocínética, no se toma en consideración un aprovechamiento de esta naturaleza.

4.11.3. TECNOLOGÍA PARA GENERACIÓN PICOHIDROELÉCTRICA

Para la implementación de una instalación pico hidroeléctrica que aproveche el recurso hídrico objeto de estudio se debe tener presente que el punto 1 posee un flujo acompañado de una caída mientras que en el punto 2 no se presenta esta característica. Luego, tal y como se expuso en el fundamento teórico, para la explotación del recurso hídrico en el punto 1 se podrían emplear las turbinas comerciales PowerPal o T-ULH, las cuales son capaces de generar 1000 W y 1117 W respectivamente para una altura comprendida entre 1.5 a 2.0 m; sin embargo, de acuerdo a la CDC – 1, el caudal medio anual es de 250 l/s, entonces si se emplea alguna de las turbinas mencionadas no se estaría aprovechando todo el potencial del recurso. Por esta razón PowerPal y T-ULH no fueron consideradas

como candidatas finales para la elección de la turbina pico-hidráulica. Cabe mencionar que PowerPal y T-ULH podría ser aprovechadas en algún otro punto del Canal Alto o el Canal Bajo en el que coincidan las condiciones de flujo y altura de algunas de las turbinas. De acuerdo con la La Comisión Nacional de Riego de Chile (2020), el caudal nominal de diseño de una instalación debe hacerse con una probabilidad de permanencia elevada para instalaciones autónomas (por ejemplo del 75%); en el caso del punto 1, la curva de duración de caudales presenta un flujo de $0.200 \text{ m}^3/\text{s}$ al 82.5%, el cual es un valor aceptable para diseño.

En la selección de la turbina se hizo un cuadro de puntuación entre la turbina Michell – Banki (TFC), el tornillo e Arquímedes (AST) y la turbina de hélice: respecto de la eficiencia de flujo total y parcial (Segura, 2016) afirma que la TFC presenta una eficiencia de flujo total del 70 – 80% (lo cual es respaldado por diversos autores de la literatura científica), AST se encuentra entre 75 – 85% mientras que la hélice están entre 80 – 90%; la principal diferencia se da en la eficiencia de flujo parcial en la que TFC y AST presentan curvas planas en un amplio rango de caudales no sucediendo esto con la hélice que es solo eficiente a flujo total. El segundo aspecto decisivo se da en las obras civiles; la TFC, es una tecnología bastante conocida y se sabe que se emplea una tubería forzada; la turbina de hélice emplea un tubo de aspiración el cual sería imposible de construir por las limitaciones de espacio en el emplazamiento objeto de estudio ya que apenas se tiene una caída bruta máxima de 1.71 m; referente al tornillo de Arquímedes, Doost & Lubitz (2020) manifiestan que esta es una turbina robusta, razón por la cual se realizó un dimensionamiento representativo de esta turbina (ver anexo), encontrándose que para $0.200 \text{ m}^3/\text{s}$ el rotor tendría 1 m de diámetro y 3 m de longitud (30° de inclinación) entonces para instalar esta turbina tendría que romperse tramo del canal existente ya que este en sus primeros 3 metros posee un ancho de tan solo 0.600 m y esto

debe procurar evitarse ya que una condición primordial para poder aprovechar el recurso del canal es el mínimo impacto en la infraestructura existente. En virtud a lo expuesto, la TFC es la turbina que se debería aprovechar en este emplazamiento.

Se realiza el diseño de la TFC de acuerdo a OLADE (1988) y Cardona (2016) para generación de baja potencia aprovechando un caudal de 200 l/s y una caída neta de 1.6 m, obteniéndose un pequeño rotor de diámetro 250 mm y longitud de 900 mm en forma análoga a otros estudios como el realizado por Medina & Sigchi (2021) en el que con un rotor de 200 mm se pretende aprovechar un caudal de 130 l/s con una caída de 8 m. Con el diseño de esta turbina se obtendría 1.95 kW de potencia; electricidad suficiente para cubrir aproximadamente la demanda de 4 hogares de 500 W de máxima demanda o abastecer parcialmente alguna carga comercial o de la industria agrícola de la zona.

Por otro lado, si bien es cierto, el punto 2 no presenta significativo potencial para generación hidroeléctrica, sí asegura un caudal superior a 45 l/s y en este caso podría darse un aprovechamiento mediante una turbina picopica¹⁰ teniéndose un flujo disponible al 100% de probabilidad de permanencia ya que esta turbina solo requiere de 10 l/s para ofrecer 10 W de potencia. Existe la posibilidad en este caso de instalar estas turbinas en serie.

4.11.4. POTENCIALES APROVECHAMIENTOS

El recurso hídrico objeto de estudio fluye por el Canal Alto, acompañando en largos tramos a las carreteras mencionadas líneas arriba, es así, que el aprovechamiento de este recurso podría satisfacer estas necesidades de alumbrado en vías de interconexión. En consecuencia, para la carretera principal podría emplearse el punto 1 y generar la electricidad necesaria. A su vez el Canal Alto fluye a pocos metros del centro poblado Nuevo Guadalupito que, a pesar de poseer energía eléctrica de la red convencional,

presenta hogares con falta de este servicio por motivos económicos, existen además casas provisionales para los agricultores dentro de sus parcelas, dichas casas las usan solo en periodos específicos (época de cosecha), en ambos casos mencionados, un servicio de iluminación mediante energía eléctrica aprovechando el punto 1 sería conveniente para mejorar la calidad de vida en dichas situaciones. Finalmente, el recurso hídrico explotado con una TFC se halla aledaño a un centro campestre que ofrece también servicios de alojamiento, el propietario de este negocio podría aprovechar el potencial del flujo de agua para generar energía eléctrica y complementar parcialmente su demanda de este servicio.

Si bien es cierto, el punto 2 no presenta caída ni potencia hidrocínética considerable, pero se puede producir potencia con la turbina picopica¹⁰, potencia de 10 W. Varias de estas turbinas podría estar dispuestas en el recorrido del canal para brindar alumbrado público en tramos cortos de la carretera a la que acompaña el canal, siendo esto un servicio a la comunidad ya que las carreteras conectan los centros poblados del distrito de Guadalupe.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró realizar el estudio del aprovechamiento del recurso hídrico para generar energía eléctrica de baja potencia en el Canal Alto del distrito de Guadalupe, dicha potencia está comprendida en la escala de pico generación.
- Se determinó el potencial del recurso hídrico presente en dos puntos específicos de un tramo del canal de riego para sembríos, los puntos 1 y 2, obteniéndose un caudal medio anual de 249 y 211 l/s respectivamente, ambos disponibles en su totalidad para generar energía eléctrica de baja potencia, el punto 1 presenta un flujo acompañado de una altura neta de 1.6 m. La curva de duración de caudales muestra un caudal de 200 l/s con una probabilidad de permanencia de 82.5% para el punto 1 y un flujo mínimo probable de 109 l/s para el punto 2. Por otro lado, las velocidades medias en ambos puntos son menores a 1.4 m/s y no se considera potencial hidrocínético significativo.
- Se presentaron las alternativas para el aprovechamiento hidroeléctrico de baja potencia del Canal Alto del distrito de Guadalupe: turbina de flujo cruzado (TFC), turbina tipo tornillo de Arquímedes (AST), turbina de hélice (punto 1) y turbina espiral picopica¹⁰ (punto 2).
- Se llevó a cabo el dimensionamiento de la tecnología de forma adecuada para el aprovechamiento del recurso hídrico presente en el Canal Alto del distrito de Guadalupe. Se diseñó una turbina de flujo cruzado de 24 álabes sobre un rotor de 250 mm de diámetro e inyector con álabe de regulación para el punto 1, con una potencia de 1.95 kW, flujo nominal de 200 l/s y una altura neta de 1.6 m. Para el punto 2 la turbina que se adecuó a las características del flujo es el tipo espiral

PicoPica de 10 W, presentándose como un potencial para generar electricidad de baja potencia a lo largo del canal con varias unidades de este tipo.

- Se logró proponer el uso y aplicación de la turbina dimensionada: la TFC, se dispone para alimentar cargas residenciales de manera autónoma, para abastecimiento parcial de una carga comercial (recreo campestre) o para brindar potencia para alumbrado público de carretera principal entre centro poblado y distrito; la PicoPica 10 se propone para alumbrado público en tramos de carretera.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la continuación del estudio aquí presentado, prosiguiendo con la fase de implementación y evaluación experimental del sistema aquí propuesto sobretodo en el punto 1 ya que presenta mayor potencial para generación de potencia.
- Para estudios posteriores se sugiere implementar un cronograma de actividades de mantenimiento del Canal Alto ya que se observó que éstas se realizaban de modo aleatorio.
- Se sugiere realizar charlas sobre el aprovechamiento alternativo de los canales de riego y pequeños arroyos para producción hidroeléctrica; de modo que los propietarios identifiquen potenciales emplazamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

- Abdullah, B. (2014). Design Considerations Of Micro-Hydro-Electric Power Plant. *Energy Procedia*, 50, 19-29. doi:10.1016/j.egypro.2014.06.003
- Alzamora, V., Glasscock, J., & Ferris, F. (2019). Design and construction of an off-grid gravitational vortex hydropower plant: A case study in rural Peru. *Sustainable Energy Technologies and Assesments*, 131-138. doi:10.1016/j.seta.2019.06.004
- Barreto, C. (2015). *Investigación hidráulica utilizando un modelo numérico 3D de la presa Tablonas Alto – Chinecas*. Tesis de pregrado, Universidad de Piura, Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2708>
- Cardona, M. (2016). *Desarrollo de un método de diseño y análisis por simulación numérica de las turbinas de acción de flujo cruzado para pico centrales hidroeléctricas*. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín.
- Cardozo, C. (Julio de 2011). Centrales Hidroeléctricas. Componentes básicos de un proyecto hidroeléctrico. *Diapositivas de Power Point*.
- CENEPRED. (Agosto de 2017). *Informe de evaluación del riesgo originado por lluvias intensas en el centro poblado de Guadalupito, distrito de Guadalupito, provincia de Virú y departamento de La Libertad*.
- Chique, N. (2013). *Evaluación técnica para el mejoramiento de eficiencia del sistema de riego Jaruni Carimbico-Juli*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4529>
- Comisión Nacional de Riego. (2020). Manual de diseño de proyectos microhidroeléctricos en obras de riego. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <https://www.cnr.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/Manual-de-Disen%CC%83o-de-Proyectos-Microhidroele%CC%81ctricos-en-Obras-de-Riego.pdf>
- Correa, L. (2012). *Generación de energía hidroeléctrica en canales de regadío*. Tesis de pregrado, Universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113401>
- Dávila, C., Vilar, D., Villanueva, G., & Quiroz, L. (2010). Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalación de microcentrales hidroeléctricas. Lima, Perú: Soluciones Prácticas.
- Doost, A., & Lubitz, W. (2020). Archimedes Screw Turbines: A Sustainable Development Solution for Green and Renewable Energy Generation - A Review of Potential and Design Procedures. *Sustainability*, 12, 1-34. doi:10.3390/su12187352

- Electrical Energy Management Group. (2021). *Pico hydropower generation*. Obtenido de <http://www.bristol.ac.uk/engineering/research/em/electromechanical-power-conversion/pico-hydropower/>
- Enel. (2018). *¿Qué es la energía hidroeléctrica y cómo funciona?* Obtenido de Enel: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-hidroelectrica-y-como-funciona.html>
- energética, U. d., Javeriana, P. U., Codazzi, I. G., Innovación, D. A., & Ambientales, I. d. (2015). Atlas potencial hidroenergético de Colombia. Bogotá, Colombia: Upme; Igac; Colciencias; Universidad Javeriana. Obtenido de <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1336>
- Energypedia. (22 de Enero de 2016). *energypedia*. Obtenido de Pico Hydro : https://energypedia.info/wiki/Pico_Hydro_Power
- Haidar, A., Senan, M., Nomanb, A., & Radman, T. (2012). Utilization of pico hydro generation in domestic and commercial loads. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 518-524. doi:10.1016/j.rser.2011.08.017
- HYDRO POWER. (2009). Micro hydro power - scout guide. Alemania. Obtenido de https://energypedia.info/images/3/3b/Hydro_scout_guide_ET_may10.pdf
- Lahimer, A., Alghoul, M., Sopian, K., Amin, N., Asim, N., & Fadhel, M. (2012). Research and development aspects of pico-hydro power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5861 – 5878. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.001
- Landa, F., & Llanganate, L. (2009). *Diseño y construcción de una pico central hidroeléctrica utilizando una turbina michel banki para generación eléctrica en el sector de Las Carmelitas del Cantón Tena*. Informe para título, Universidad Politécnica del Ejército, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3637/1/T-ESPEL-0591.pdf>
- López, D., Mora, F., & Espejo, A. (2014). *Análisis del desempeño del método polinómico y el método área - índice para estimar la curva de duración de caudales en cuencas no instrumentadas aplicado a la quebrada La Piñalera Departamento De Casanare, Colombia*. Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1659/1/Trabajo%20de%20grado_ANALISIS%20DEL%20DESEMPE%20C3%91O%20DEL%20METODO%20POLINOMICO%20Y%20EL%20METODO%20AREA-INDICE.pdf
- Lucio, D. (2019). *Diseño y construcción de una mini turbina tipo tornillo de Arquímedes para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica*. Informe técnico, Universidad Técnica de Ambato, Ambato.

- Lydon, T., Coughlan, P., & McNabola, A. (2017). Pressure management and energy recovery in water distribution networks: Development of design and selection methodologies using three pump-as-turbine case studies. *Renewable Energy*. doi:10.1016/j.renene.2017.07.120.
- Mallitásig, O. (2008). *Modelación y diseño digital para micro-centrales de generación hidroeléctrica*. Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1073>
- Marín, C. (2011). *Determinación de curvas de duración de caudal para cuencas intermitentes*. Trabajo de grado, Universidad de los Andes, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14657/u442887.pdf>
- Medina, E., & Sigchi, B. (2021). *Diseño y análisis para la implementación de un sistema de pico-aprovechamiento en generación hidroeléctrica*. Proyecto técnico, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21296/1/UPS-CT009370.pdf>
- Morabito, A., & Hendrick, P. (2019). Pump as turbine applied to micro energy storage and smart water grids: A case study. *Applied Energy*, 241, 567-579. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.018>
- Myint, H., Aye, N., & Pa, W. (2014). Design and Performance Analysis of a Low Head Propeller Turbine. *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, 3, 1791-1795.
- Nautilus water turbines. (2012). *Nautilus water turbines*. Obtenido de T Ultra Low Head Turbine: <https://www.waterturbine.com/products/ultra-low-head-turbines/t-ulh.php>
- Obregón, N. (2015). Atlas potencial hidroenergético de Colombia. Bogotá, Colombia: Upme; Igac; Colciencias; Universidad Javeriana. Obtenido de <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1336>
- OLADE. (1988). *Manual de diseño, estandarización y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas*. Bucaramanga.
- Portalfruticola.com. (04 de Abril de 2017). *Portalfruticola.com*. Obtenido de Chilenos crean primer sistema de tecnología hidroeléctrica para canales artificiales: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/04/04/chilenos-crean-primer-sistema-tecnologia-hidroelectrica-canales-artificiales/>
- Potter, M., Wiggert, D., & Ramadan, B. (2016). *Mechanics of fluids*. Cengage Learning EMEA. Obtenido de <https://www.perlego.com/book/2707116/mechanics-of-fluids-si-edition-pdf>

- PowerPal. (2004). PowerPal LH500 Head Turbine. Obtenido de PowerPal LH: <http://www.powerpal.co.uk/pplh2a.html>
- PowerPal. (2004). Use and Care Instructions for your new PowerPal Low Head Micro-hydroelectric Generator. Canada.
- Razak, J., Ali, Y., Alghoul, M., Said, M., Zaharim, A., & Sopian, K. (2015). Application of Crossflow Turbine in Off-Grid Pico Hydro Renewable Energy System. *Recent Advances in Applied Mathematics*, 519-526.
- RHydro Ingenieros. (07 de marzo de 2019). Obtenido de Estimación de curva de duración de caudales CDC: <https://rhydroingenieros.com/blog/estimacion-de-curva-de-duracion-de-caudales-cdc>
- Rodríguez, L., & Suárez, L. (2013). *Diseño de una micro central hidroeléctrica para la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes*. Trabajo Final de Graduación, Universidad de Costa Rica. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2313>
- Saini, G., Kumar, A., & Saini, R. (2020). Assessment of hydrokinetic energy - A case study of eastern Yamuna canal. *Materials Today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.595>
- Salazar, J. (2016). *Una metodología para la estimación de curvas de duración de caudales (CDC) en cuencas no instrumentadas. Caso de aplicación para Colombia en los departamentos de Santander y Norte de Santander*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59160/JuanC.SalazarOliveros.2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Salazar, L. (2014). *Generación de energía eléctrica con pequeños complejos de centrales hidráulicas utilizando turbinas lineales horizontales en canales de riego de hasta 1 MW*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín., Arequipa. Obtenido de http://www.carelec.gob.pe/Carelec/upload/368628c_TESISJAIMESALAZAR.pdf
- Seamap UK Ltd. (2018). Ampair UW100TM Underwater Micro Hydro Turbine. Obtenido de [http://www.seamap.com/pdf/Seamap Ampair UW100 Non-Seismic.pdf](http://www.seamap.com/pdf/Seamap_Ampair_UW100_Non-Seismic.pdf)
- Segura, I. (2016). *Optimización y estudio hidrodinámico de una microturbina hidráulica para el aprovechamiento energético de pequeños saltos de agua*. Tesis de grado, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana.
- SHAPES Project. (2010). Energy recovery in existing infrastructures with small hydropower plants. Suecia. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAN%20BRUNO%20et%](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAN%20BRUNO%20et%20al%202010.pdf)

20a1%202010%20Energy%20Recovery%20in%20Existing%20Infrastructures%20with%20Small%20Hydropower%20Plants.pdf

- Susanto, J., & Stamp, S. (2012). Local installation methods for low head pico-hydropower in the Lao PDR. *Renewable energy*, *44*, 439-447. doi:10.1016/j.renene.2012.01.089.
- Trujillo, A. (2017). *Diseño de una pico central hidroeléctrica en la localidad de USME, Bogotá*. Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, D.C.
- Uchiyama, T., Honda, S., Okayama, T., & Degawa, T. (2016). A Feasibility Study of Power Generation from Sewage Using a Hollowed Pico-Hydraulic Turbine. *Engineering*, *2*, 510-517. doi:http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2016.04.007
- United Nations Industrial Development Organization. (7 de octubre de 2019). *Micro Hydraulic Power Unit for Electricity Generation in Small - scale, Low - head Environments*. Obtenido de http://www.unido.or.jp/en/technology_db/5276/
- Villón, M. (2008). *Hidráulica de Canales* (Segunda ed.). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de https://books.google.com.pe/books?id=DJnGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=partes+de+canal+trapezoidal&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwivvLPw7-_uAhWqHbkGHR1BCiQQ6AEwBXoECAyQAg#v=onepage&q&f=false
- Wang, L., Lee, D.-J., Liu, J.-H., Chen, Z.-Z., Kuo, Z.-Y. J.-Y., You, J.-J., . . . Lee, Y.-J. (2008). Installation and Practical Operation of the First Micro Hydro Power System in Taiwan Using Irrigation Water in an Agriculture Canal. *Conference: Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE*, 1-6. doi:10.1109/PES.2008.4596213
- Williamson, S., Stark, B., & Booker, J. (2014). Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. *Renewable Energy*, *61*, 43-50.
- Zamora, B., & Viedma, A. (2016). *Máquinas Hidráulicas Teoría y Problemas*. Cartagena: CRAI ediciones.
- Zhou, D., & Deng, Z. (2017). Ultra-low-head hydroelectric technology: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *78*, 23-30. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.086

ANEXOS

Anexo 1: Imágenes del recurso hídrico

Anexo 2: Detalles de turbina PowerPal

Anexo 3: Detalles de turbinas PicoPica

Anexo 4: Mediciones de caudal

Anexo 5: Porcentaje de excedencia

Anexo 6: Diseño de turbina tornillo de Arquímedes

Anexo 1



Figura A1. Tramo del Canal Alto, punto 1.



Figura A2. Tramo del Canal Alto, punto 2, ubicado aguas abajo del punto 1.



Figura A3. Otra toma del punto 2 del Canal Alto.

Anexo 2

Los componentes son de la turbina PowerPal:

A: Alternador/generador

B: turbina

C: Canal de toma de agua

D: Tubería de salida de agua

E: Cascada, muro de presa o corte

F: Lecho del arroyo.

Tabla A1

Especificaciones técnicas de turbinas comerciales PowerPal

	<u>MHG-200LH</u>	<u>MHG-500LH</u>	<u>MHG-1000LH</u>
1 Rated power output	200W	500W	1000W
2 Maximum allowable load	250W	650W	1200W
3 Intended voltage	110 / 220 V~	111 / 220 V~	112 / 220 V~
4 Frequency at rated power output	50-60 Hz	50-60 Hz	50-60 Hz
5 Frequency at runaway speed	75 Hz	75 Hz	60 Hz
6 Rotor runaway speed	1500rpm	1500rpm	1200rpm
7 Wight	16kg	32kg	75kg
8 Height	68cm	78cm	92cm
9 Diameter	20cm	30cm	42.5cm
10 Generator	Single phase permanent magnet alternator		
11 Rotor characteristics	NdFeB 3-pair pole permanent magnet		
12 Stator wire size	0.5 mm	0.7 mm	1.0 mm
13 Load controller fuse	1.0A	2.5A	5.0A
14 Upper Bearings size - greased	2 x 6203	2 x 6204	1206
Upper bearing size - sealed			6004-2Z
15 Recommended cable	0.50sq.mm/A	0.75sq.mm/A	1.50sq.mm/A
16 Operating temperature	5 to 50 ° C	5 to 50 ° C	5 to 50 ° C
17 Operating humidity	0 to 90%	0 to 90%	0 to 90%

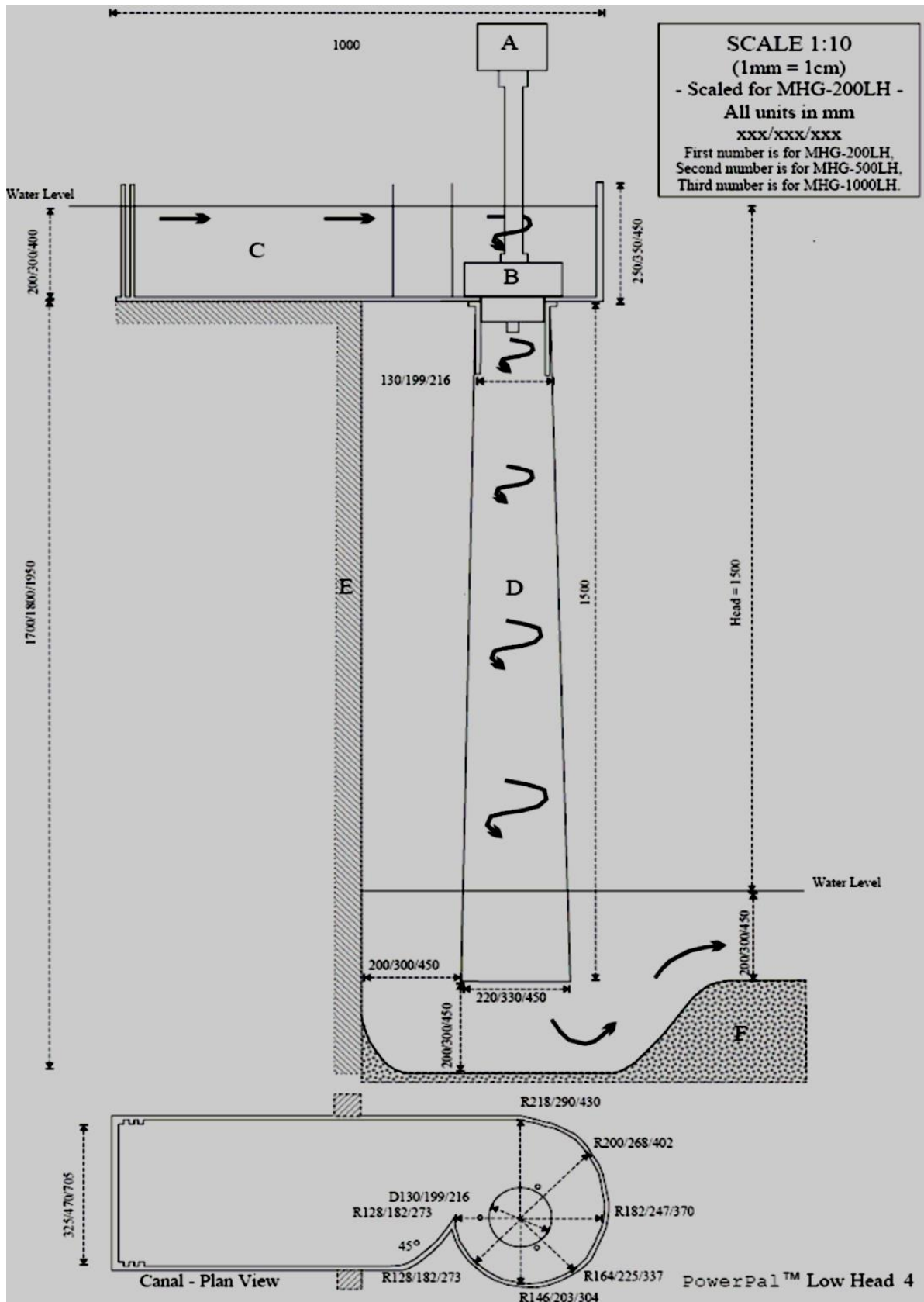


Figura A4. Detalles de medidas de turbina PowerPal

Anexo 3

DETALLES DE TURBINAS PICOPICA

Tabla A2

Especificaciones técnicas de turbinas PicoPica

Manufactured by Sumino Co., Ltd. Japan

November 27, 2020

Specification

Model		PicoPica 10	PicoPica 100	PicoPica 500		
Generator ⁽¹⁾	Rated Power	10W		500W(300rpm)		
	Number of Revolutions	-		100rpm	200rpm	300rpm
	Voltage	6.0V		59.7V	119.7V	178.6V
	Current	0.4A	-	1.00A	2.01A	2.99A
	Power	2.4W		59.7W	240.3W	534.2W
Structural Dimensions ⁽²⁾	Length	Main Body (L1)	1085mm		3100mm (incl. protrusion)	
		with Foundation (L2) ⁽³⁾	-		3000mm (incl. protrusion)	
	Width	Main Body (W1)	280mm		656mm	
		with Foundation (W2) ⁽³⁾	-		764mm	
	Height	Main Body (H1)	385mm		700mm	
		with Foundation (H2) ⁽³⁾	-		2150mm	
Weight		17.5kg		Main Body 500kg, Foundation 75kg		

(1) Output mode for PicoPica 100 and PicoPica 500 is three-phase alternating current.

(2) The values of Structural Dimensions are subject to change without notice.

Anexo 4

Tabla A3

Total de datos tomados en el punto 1

Generalidades			Tiempos parciales										Media	Espejo	Tirante	Solera	Tramo	Área	V _{superficial}	V _{media}	Caudal	
Fecha	Hora	Ubicación	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t _m (s)	T (m)	y (m)	b (m)	L (m)	A (m ²)	v (m/s)	v _m (m/s)	Q(m ³ /s)	Q(L/s)
1/11/2020	16:45	Punto 1	8.40	8.79	8.26	8.13	8.08	8.15	8.25	8.01	8.00	8.43	8.25	0.710	0.325	0.400	10.0	0.180	1.21	1.03	0.186	186
2/11/2020	18:15	Punto 1	8.29	8.28	8.69	8.96	8.62	8.92	8.92	8.69	8.54	8.88	8.68	0.790	0.395	0.400	10.0	0.235	1.15	0.98	0.230	230
3/11/2020	12:45	Punto 1	8.19	8.65	8.13	8.48	8.89	8.22	8.55	8.31	8.35	8.86	8.46	0.770	0.385	0.400	10.0	0.225	1.18	1.00	0.226	226
4/11/2020	7:10	Punto 1	9.20	9.05	9.00	9.20	9.32	9.03	9.13	9.06	8.96	9.10	9.11	0.836	0.445	0.400	10.0	0.275	1.10	0.93	0.257	257
5/11/2020	17:15	Punto 1	9.09	8.50	8.86	8.45	8.76	8.65	8.59	8.67	9.20	8.79	8.76	0.800	0.415	0.400	10.0	0.249	1.14	0.97	0.242	242
6/11/2020	17:40	Punto 1	7.78	8.00	8.09	7.73	7.99	7.86	7.90	8.18	8.16	8.15	7.98	0.700	0.315	0.400	10.0	0.173	1.25	1.06	0.184	184
7/11/2020	7:20	Punto 1	7.82	8.18	8.26	8.03	7.93	7.96	8.29	7.75	7.86	7.82	7.99	0.670	0.280	0.400	10.0	0.150	1.25	1.06	0.159	159
8/11/2020	7:15	Punto 1	8.36	8.50	8.66	8.59	8.65	8.89	8.53	8.55	8.27	8.40	8.54	0.712	0.320	0.400	10.0	0.178	1.17	1.00	0.177	177
9/11/2020	7:25	Punto 1	8.79	9.08	9.08	8.78	8.85	9.10	9.76	8.88	8.52	8.70	8.95	0.700	0.315	0.400	10.0	0.173	1.12	0.95	0.164	164
10/11/2020	13:05	Punto 1	9.25	9.36	9.33	9.43	8.69	9.09	9.02	9.06	8.78	8.97	9.10	0.790	0.405	0.400	10.0	0.241	1.10	0.93	0.225	225
11/11/2020	12:57	Punto 1	10.01	10.10	9.66	9.80	10.39	10.15	9.90	9.86	9.61	10.23	9.97	0.874	0.490	0.400	10.0	0.312	1.00	0.85	0.266	266
12/11/2020	7:40	Punto 1	9.03	10.09	9.38	8.90	9.52	9.22	9.35	9.26	9.33	8.95	9.30	0.820	0.435	0.400	10.0	0.265	1.07	0.91	0.242	242
13/11/2020	17:47	Punto 1	9.75	9.42	9.76	9.88	9.68	9.70	9.06	9.80	9.56	9.25	9.59	0.860	0.470	0.400	10.0	0.296	1.04	0.89	0.263	263
14/11/2020	12:25	Punto 1	10.29	9.51	10.43	10.63	10.00	10.75	10.22	10.02	10.25	10.36	10.25	0.866	0.485	0.400	10.0	0.307	0.98	0.83	0.255	255
15/11/2020	15:20	Punto 1	10.05	9.73	9.76	10.15	10.14	9.19	9.36	10.03	9.46	8.86	9.67	0.830	0.445	0.400	10.0	0.274	1.03	0.88	0.240	240
16/11/2020	12:25	Punto 1	9.40	9.55	9.36	9.46	9.12	9.09	9.90	9.19	8.68	9.90	9.37	0.802	0.413	0.400	10.0	0.248	1.07	0.91	0.225	225
17/11/2020	12:30	Punto 1	6.23	6.33	6.50	6.56	6.13	6.43	6.10	6.24	6.21	6.33	6.31	0.766	0.385	0.400	10.0	0.224	1.59	1.35	0.303	303
18/11/2020	12:35	Punto 1	6.55	6.46	6.39	6.50	6.46	6.40	6.52	6.58	6.35	6.51	6.47	0.744	0.370	0.400	10.0	0.212	1.55	1.31	0.278	278
19/11/2020	12:30	Punto 1	6.53	6.18	6.21	6.66	6.38	6.78	6.63	6.55	6.83	6.72	6.55	0.760	0.378	0.400	10.0	0.219	1.53	1.30	0.285	285
20/11/2020	17:30	Punto 1	6.66	6.38	6.33	7.22	6.18	6.71	6.40	6.86	6.42	6.75	6.59	0.762	0.385	0.400	10.0	0.224	1.52	1.29	0.288	288
21/11/2020	12:55	Punto 1	7.40	6.65	6.76	6.73	6.63	6.55	6.66	7.23	6.57	7.23	6.84	0.806	0.430	0.400	10.0	0.259	1.46	1.24	0.322	322
22/11/2020	8:15	Punto 1	6.83	6.83	6.46	6.60	6.68	6.56	6.51	7.19	6.32	6.41	6.64	0.780	0.395	0.400	10.0	0.233	1.51	1.28	0.298	298

23/11/2020	11:27	Punto 1	7.00	6.70	8.09	7.08	7.16	6.75	7.23	7.42	7.26	7.01	7.17	0.732	0.350	0.400	10.0	0.198	1.39	1.19	0.235	235
24/11/2020	12:10	Punto 1	6.80	6.92	6.68	7.02	6.91	7.76	6.92	6.69	6.97	7.12	6.98	0.774	0.397	0.400	10.0	0.233	1.43	1.22	0.284	284
25/11/2020	13:15	Punto 1	6.80	7.03	7.13	6.99	6.95	7.21	6.85	6.66	7.25	7.01	6.99	0.796	0.412	0.400	10.0	0.246	1.43	1.22	0.300	300
26/11/2020	12:25	Punto 1	6.23	6.52	6.41	6.48	6.70	6.40	6.65	6.58	7.01	6.59	6.56	0.774	0.393	0.400	10.0	0.231	1.53	1.30	0.299	299
27/11/2020	17:45	Punto 1	7.10	7.00	7.62	7.07	6.98	6.65	6.97	6.66	6.82	7.10	7.00	0.800	0.420	0.400	10.0	0.252	1.43	1.21	0.306	306
28/11/2020	17:40	Punto 1	7.00	6.30	6.52	6.45	6.60	6.93	6.72	7.51	6.56	6.90	6.75	0.780	0.380	0.400	10.0	0.224	1.48	1.26	0.282	282
29/11/2020	12:20	Punto 1	6.99	6.76	6.62	6.82	6.69	6.90	6.75	6.80	6.87	6.88	6.81	0.780	0.400	0.400	10.0	0.236	1.47	1.25	0.295	295
30/11/2020	17:15	Punto 1	6.48	6.52	7.37	6.63	6.75	6.95	7.01	6.68	6.68	6.53	6.76	0.786	0.395	0.400	10.0	0.234	1.48	1.26	0.295	295
1/12/2020	12:39	Punto 1	6.74	7.05	6.78	6.62	6.82	6.69	7.13	6.58	7.19	6.46	6.81	0.792	0.404	0.400	10.0	0.241	1.47	1.25	0.301	301
2/12/2020	12:30	Punto 1	6.55	6.91	6.62	7.03	6.65	6.64	6.95	6.48	6.68	6.82	6.73	0.790	0.415	0.400	10.0	0.247	1.49	1.26	0.312	312
3/12/2020	6:43	Punto 1	6.31	6.59	6.09	6.46	6.55	6.36	6.23	6.28	6.56	6.39	6.38	0.818	0.430	0.400	10.0	0.262	1.57	1.33	0.349	349
4/12/2020	17:49	Punto 1	6.56	6.10	6.80	6.45	6.32	6.10	6.46	6.63	6.43	6.83	6.47	0.770	0.397	0.400	10.0	0.232	1.55	1.31	0.305	305
5/12/2020	12:55	Punto 1	6.35	6.75	6.73	6.66	6.74	7.06	6.73	6.79	6.63	6.51	6.70	0.746	0.360	0.400	10.0	0.206	1.49	1.27	0.262	262
6/12/2020	17:57	Punto 1	6.95	6.62	6.22	6.69	6.45	6.20	6.45	6.20	6.32	6.40	6.45	0.754	0.355	0.400	10.0	0.205	1.55	1.32	0.270	270
7/12/2020	11:25	Punto 1	6.25	6.55	6.60	6.49	6.61	6.43	6.99	6.75	6.18	6.09	6.49	0.770	0.375	0.400	10.0	0.219	1.54	1.31	0.287	287
8/12/2020	16:53	Punto 1	6.66	6.23	6.33	6.49	6.42	6.30	6.34	6.29	6.55	6.51	6.41	0.774	0.385	0.400	10.0	0.226	1.56	1.33	0.300	300
9/12/2020	17:44	Punto 1	6.48	6.55	6.83	6.52	6.41	6.60	6.11	7.02	6.46	6.62	6.56	0.760	0.375	0.400	10.0	0.218	1.52	1.30	0.282	282
10/12/2020	17:46	Punto 1	6.39	6.31	6.56	6.44	6.09	6.19	6.86	6.70	6.95	6.43	6.49	0.768	0.380	0.400	10.0	0.222	1.54	1.31	0.291	291
11/12/2020	17:46	Punto 1	6.25	6.62	6.38	6.80	6.53						6.52	0.740	0.345	0.400	10.0	0.197	1.53	1.30	0.257	257
12/12/2020	15:02	Punto 1	6.26	6.58	6.23	6.62	6.48	6.78	6.43	6.22	6.92	6.59	6.51	0.750	0.375	0.400	10.0	0.216	1.54	1.31	0.281	281
13/12/2020	18:00	Punto 1	6.19	6.28	6.45	6.15	7.00	6.18	6.25	6.26	6.38	6.33	6.35	0.748	0.357	0.400	10.0	0.205	1.58	1.34	0.274	274
14/12/2020	16:07	Punto 1	6.61	6.56	6.71	6.56	6.62	6.69	6.45	6.35	6.31	6.23	6.51	0.760	0.370	0.400	10.0	0.215	1.54	1.31	0.280	280
15/12/2020	12:43	Punto 1	6.91	6.80	6.68	6.50	6.51	6.69	6.81	6.52	6.27		6.63	0.760	0.365	0.400	10.0	0.212	1.51	1.28	0.271	271
16/12/2020	15:44	Punto 1	6.90	6.64	6.37	6.60	6.39	6.55	6.36	6.48	6.38	6.68	6.54	0.760	0.360	0.400	10.0	0.209	1.53	1.30	0.272	272
18/12/2020	17:40	Punto 1	6.93	6.61	6.71	6.61	6.51	6.26	6.40	6.84	6.39	6.65	6.59	0.782	0.385	0.400	10.0	0.228	1.52	1.29	0.293	293
19/12/2020	14:40	Punto 1	6.68	6.69	7.14	6.75	6.65	7.03	6.66	6.92	7.04	6.41	6.80	0.816	0.415	0.400	10.0	0.252	1.47	1.25	0.316	316
20/12/2020	16:38	Punto 1	6.87	6.61	6.53	6.72	6.73	6.81	6.39	6.86	6.68	6.59	6.68	0.784	0.402	0.400	10.0	0.238	1.50	1.27	0.303	303
21/12/2020	17:38	Punto 1	6.55	6.46	6.15	6.63	6.88	6.56	6.70	6.58	6.99	6.41	6.59	0.788	0.408	0.400	10.0	0.242	1.52	1.29	0.313	313
22/12/2020	18:07	Punto 1	6.72	6.61	6.32	6.79	6.16	6.52	6.73	6.60	6.66	6.48	6.56	0.786	0.394	0.400	10.0	0.234	1.52	1.30	0.303	303

23/12/2020	17:11	Punto 1	7.23	7.66	7.69	7.93	7.83	7.86	7.46	7.49	7.05	7.62	7.58	0.864	0.475	0.400	10.0	0.300	1.32	1.12	0.337	337
24/12/2020	17:34	Punto 1	6.90	6.45	6.39	6.78	6.50	6.89	6.55	7.00	6.73	6.75	6.69	0.790	0.410	0.400	10.0	0.244	1.49	1.27	0.310	310
25/12/2020	17:27	Punto 1	6.39	6.97	6.60	7.10	6.68	7.08	6.76	6.82	7.00	6.76	6.82	0.822	0.435	0.400	10.0	0.266	1.47	1.25	0.331	331
26/12/2020	10:22	Punto 1	6.94	6.73	6.43	6.58	6.69	6.65	6.76	6.86	6.83	6.59	6.71	0.784	0.400	0.400	10.0	0.237	1.49	1.27	0.300	300
27/12/2020	17:16	Punto 1	6.23	6.02	6.11	6.26	6.17	6.25	6.00	6.38	6.20	6.23	6.19	0.700	0.310	0.400	10.0	0.171	1.62	1.37	0.234	234
28/12/2020	15:46	Punto 1	6.16	6.82	6.33	6.62	6.67	6.56	6.86	6.46	6.62	6.47	6.56	0.798	0.415	0.400	10.0	0.249	1.53	1.30	0.322	322
29/12/2020	16:58	Punto 1	7.06	7.10	7.49	6.55	6.83	6.75	7.00	6.90	6.96	6.75	6.94	0.840	0.445	0.400	10.0	0.276	1.44	1.22	0.338	338
30/12/2020	16:01	Punto 1	7.95	7.46	7.69	7.41	7.35	7.98	7.72	7.60	7.69	7.91	7.68	0.838	0.445	0.400	10.0	0.275	1.30	1.11	0.305	305
31/12/2020	17:01	Punto 1	7.03	7.20	7.35	7.25	7.21	7.35	7.22	7.02	7.28	7.06	7.20	0.782	0.390	0.400	10.0	0.230	1.39	1.18	0.272	272
1/01/2021	17:04	Punto 1	6.95	6.92	6.70	6.75	7.05	7.36	6.62	7.00	7.36	6.96	6.97	0.770	0.376	0.400	10.0	0.220	1.44	1.22	0.268	268
2/01/2021	13:02	Punto 1	7.21	7.12	7.15	7.43	7.69	7.56	7.18	7.33	7.30	7.26	7.32	0.784	0.393	0.400	10.0	0.233	1.37	1.16	0.270	270
3/01/2021	17:41	Punto 1	7.06	7.52	7.36	7.39	7.26	7.05	7.31	7.27	6.99	7.22	7.24	0.800	0.410	0.400	10.0	0.246	1.38	1.17	0.289	289
4/01/2021	11:33	Punto 1	7.30	7.55	7.62	7.58	7.38	7.36	7.39	7.63	7.56	7.25	7.46	0.824	0.430	0.400	10.0	0.263	1.34	1.14	0.300	300
5/01/2021	16:44	Punto 1	7.26	7.93	7.55	7.88	7.86	7.72	7.93	7.60	7.69	7.78	7.72	0.830	0.430	0.400	10.0	0.264	1.30	1.10	0.291	291
6/01/2021	16:48	Punto 1	7.80	7.70	7.96	7.83	7.86	7.66	8.09	7.56	7.59	7.73	7.78	0.838	0.445	0.400	10.0	0.275	1.29	1.09	0.301	301
7/01/2021	13:03	Punto 1	8.75	8.80	8.52	8.65	8.41	9.01	9.02	9.05	9.23	9.10	8.85	0.864	0.490	0.400	10.0	0.310	1.13	0.96	0.297	297
9/01/2021	13:03	Punto 1	7.92	7.43	7.66	7.80	7.36	7.49	7.41	7.93	7.75	7.63	7.64	0.772	0.372	0.400	10.0	0.218	1.31	1.11	0.243	243
10/01/2021	17:33	Punto 1	7.50	7.25	6.93	7.32	7.52	7.25	7.25	7.55	7.63	7.26	7.35	0.690	0.310	0.400	10.0	0.169	1.36	1.16	0.195	195
11/01/2021	11:25	Punto 1	8.38	9.13	9.08	9.09	8.40	8.68	8.53	8.36	8.69	8.29	8.66	0.858	0.470	0.400	10.0	0.296	1.15	0.98	0.290	290
12/01/2021	13:06	Punto 1	8.69	8.88	8.69	8.62	8.76	8.98	9.05	8.69	8.30	8.71	8.74	0.852	0.465	0.400	10.0	0.291	1.14	0.97	0.283	283
13/01/2021	17:24	Punto 1	7.70	8.29	7.76	8.20	7.73	7.99	7.83	8.14	7.76	7.89	7.93	0.764	0.376	0.400	10.0	0.219	1.26	1.07	0.235	235
14/01/2021	14:35	Punto 1	8.48	8.86	8.85	8.98	9.12	9.13	9.06	9.22	8.83	9.32	8.99	0.850	0.464	0.400	10.0	0.290	1.11	0.95	0.274	274
15/01/2021	16:10	Punto 1	7.36	7.25	7.72	7.37	7.33	7.33	7.55	7.33	7.19	7.32	7.38	0.750	0.352	0.400	10.0	0.202	1.36	1.15	0.233	233
16/01/2021	17:10	Punto 1	7.48	7.30	7.63	7.53	7.30	7.73	7.39	7.45	7.30	7.39	7.45	0.750	0.354	0.400	10.0	0.204	1.34	1.14	0.232	232
20/01/2021	16:33	Punto 1	6.29	5.89	6.13	6.02	6.13	6.33	5.76	6.32	5.96	6.13	6.10	0.730	0.346	0.400	10.0	0.195	1.64	1.39	0.273	273
21/01/2021	6:48	Punto 1	5.83	5.89	6.06	6.02	6.19	6.12	5.93	6.18	6.12	5.93	6.03	0.730	0.344	0.400	10.0	0.194	1.66	1.41	0.274	274
22/01/2021	15:40	Punto 1	6.53	6.73	6.12	6.79	6.45	6.72	6.66	6.43	6.23	6.45	6.51	0.740	0.360	0.400	10.0	0.205	1.54	1.31	0.268	268
23/01/2021	11:30	Punto 1	6.60	6.36	6.36	6.19	6.07	5.90	6.55	5.92	6.23	6.06	6.22	0.760	0.380	0.400	10.0	0.220	1.61	1.37	0.301	301
24/01/2021	13:03	Punto 1	6.62	6.58	6.55	6.45	6.66	6.86	6.45	6.40	6.52	6.38	6.55	0.752	0.372	0.400	10.0	0.214	1.53	1.30	0.278	278

25/01/2021	13:34	Punto 1	6.10	6.75	6.63	6.50	6.19	6.43	6.45	6.56	6.20	6.93	6.47	0.750	0.386	0.400	10.0	0.222	1.54	1.31	0.291	291
26/01/2021	17:03	Punto 1	6.85	6.09	6.16	6.00	6.00	6.09	6.00	5.75	6.03	6.30	6.13	0.730	0.366	0.400	10.0	0.207	1.63	1.39	0.287	287
27/01/2021	17:36	Punto 1	6.26	6.22	5.78	5.92	6.40	5.95	6.43	6.30	6.16	6.14	6.16	0.740	0.370	0.400	10.0	0.211	1.62	1.38	0.291	291
28/01/2021	13:11	Punto 1	6.97	6.90	6.52	7.23	6.86	6.70	7.03	6.90	6.46	6.96	6.85	0.750	0.376	0.400	10.0	0.216	1.46	1.24	0.268	268
29/01/2021	11:53	Punto 1	6.23	6.42	6.39	6.69	6.26	5.99	6.23	6.00	6.08	6.29	6.26	0.796	0.418	0.400	10.0	0.250	1.60	1.36	0.340	340
30/01/2021	16:04	Punto 1	5.96	6.02	6.43	5.57	5.56	5.54	5.83	5.90	5.82	5.71	5.83	0.796	0.418	0.400	10.0	0.250	1.71	1.46	0.364	364
1/02/2021	17:56	Punto 1	6.18	5.93	6.09	5.99	6.33	6.00	5.89	6.30	6.12	6.35	6.12	0.730	0.362	0.400	10.0	0.205	1.63	1.39	0.284	284
2/02/2021	12:44	Punto 1	7.32	8.02	7.69	7.63	7.76	7.93	7.66	7.47	7.35	7.31	7.61	0.672	0.314	0.400	10.0	0.168	1.31	1.12	0.188	188
3/02/2021	15:06	Punto 1	7.12	7.03	6.66	7.05	6.86	7.40	6.70	7.07	7.10	7.12	7.01	0.718	0.340	0.400	10.0	0.190	1.43	1.21	0.230	230
4/02/2021	13:06	Punto 1	6.36	6.26	6.43	6.46	5.99	6.53	6.29	6.49	6.86	6.55	6.42	0.768	0.388	0.400	10.0	0.227	1.56	1.32	0.300	300
5/02/2021	15:21	Punto 1	5.73	5.86	5.93	5.73	6.05	5.81	6.85	5.89	6.05	6.13	6.00	0.778	0.410	0.400	10.0	0.241	1.67	1.42	0.342	342
6/02/2021	15:50	Punto 1	6.05	6.42	5.96	5.78	5.94	5.63	5.65	5.99	5.96	5.95	5.93	0.780	0.416	0.400	10.0	0.245	1.69	1.43	0.352	352
7/02/2021	17:11	Punto 1	6.50	6.10	6.42	6.30	6.56	6.29	6.63	6.57	6.53	6.56	6.45	0.720	0.348	0.400	10.0	0.195	1.55	1.32	0.257	257
8/02/2021	9:39	Punto 1	6.00	6.05	6.36	5.93	6.06	6.09	6.26	5.95	5.58	6.59	6.09	0.770	0.394	0.400	10.0	0.230	1.64	1.40	0.322	322
9/02/2021	12:25	Punto 1	6.22	6.36	6.43	6.28	6.63	6.50	6.72	6.30	6.03	6.06	6.35	0.768	0.388	0.400	10.0	0.227	1.57	1.34	0.303	303
10/02/2021	16:35	Punto 1	6.87	6.45	6.71	6.42	6.26	6.49	6.86	6.32	6.32	6.63	6.53	0.720	0.342	0.400	10.0	0.192	1.53	1.30	0.249	249
11/02/2021	12:05	Punto 1	6.13	6.45	5.95	6.27	6.36	6.26	6.22	6.16	6.05	5.90	6.18	0.784	0.414	0.400	10.0	0.245	1.62	1.38	0.337	337
12/02/2021	9:23	Punto 1	6.24	6.42	6.33	6.28	6.72	6.53	6.38	6.55	6.49	6.29	6.42	0.704	0.330	0.400	10.0	0.182	1.56	1.32	0.241	241
13/02/2021	15:39	Punto 1	6.00	6.07	6.12	5.99	6.02	5.96	5.91	6.17	6.00	5.99	6.02	0.730	0.352	0.400	10.0	0.199	1.66	1.41	0.281	281
14/02/2021	17:37	Punto 1	6.66	6.66	6.62	6.53	6.65	6.66	6.93	6.77	6.95	6.43	6.69	0.716	0.340	0.400	10.0	0.190	1.50	1.27	0.241	241
15/02/2021	15:53	Punto 1	6.65	6.43	7.06	6.45	6.88	6.70	6.88	6.72	6.58	6.62	6.70	0.716	0.340	0.400	10.0	0.190	1.49	1.27	0.241	241
16/02/2021	15:35	Punto 1	7.21	6.88	7.12	7.28	7.13	7.15	7.19	7.17	7.05	6.93	7.11	0.702	0.322	0.400	10.0	0.177	1.41	1.20	0.212	212
17/02/2021	12:30	Punto 1	7.59	7.12	7.43	7.06	7.43	7.57	7.23	7.56	7.33	7.56	7.39	0.640	0.270	0.400	10.0	0.140	1.35	1.15	0.162	162
18/02/2021	12:21	Punto 1	5.93	6.53	6.10	6.10	6.33	5.96	5.86	6.29	6.00	6.04	6.11	0.762	0.402	0.400	10.0	0.234	1.64	1.39	0.325	325
19/02/2021	17:22	Punto 1	6.19	6.40	6.16	6.19	6.29	6.23	6.43	6.66	6.43	6.29	6.33	0.732	0.376	0.400	10.0	0.213	1.58	1.34	0.286	286
20/02/2021	17:24	Punto 1	5.48	6.26	6.34	6.05	5.92	5.46	5.46	5.80	5.69	5.66	5.81	0.792	0.430	0.400	10.0	0.256	1.72	1.46	0.375	375
21/02/2021	16:37	Punto 1	7.73	7.96	7.78	8.03	7.86	7.93	7.88	7.82	7.92	7.90	7.88	0.656	0.276	0.400	10.0	0.146	1.27	1.08	0.157	157
23/02/2021	13:14	Punto 1	6.62	6.55	7.12	6.42	6.57	6.83	6.56	6.76	6.36	7.00	6.68	0.752	0.392	0.400	10.0	0.226	1.50	1.27	0.287	287
24/02/2021	13:18	Punto 1	7.45	7.39	7.16	6.85	7.11	7.08	7.36	7.23	7.12	7.28	7.20	0.678	0.316	0.400	10.0	0.170	1.39	1.18	0.201	201

25/02/2021	13:13	Punto 1	5.90	5.80	5.96	6.03	6.13	6.38	6.09	5.95	6.02	6.22	6.05	0.798	0.436	0.400	10.0	0.261	1.65	1.41	0.367	367
27/02/2021	15:58	Punto 1	7.65	7.66	7.45	7.68	7.63	7.45	7.56	7.45	7.42	7.56	7.55	0.670	0.288	0.400	10.0	0.154	1.32	1.13	0.173	173
2/03/2021	14:40	Punto 1	8.26	8.69	8.80	8.78	8.58	8.05	8.83	8.55	9.02	8.55	8.61	0.798	0.446	0.400	10.0	0.267	1.16	0.99	0.264	264
4/03/2021	13:05	Punto 1	6.28	6.79	6.41	6.45	6.52	6.52	6.40	6.65	6.47	6.23	6.47	0.774	0.410	0.400	10.0	0.241	1.55	1.31	0.316	316
5/03/2021	12:56	Punto 1	6.15	6.05	5.93	6.03	6.16	6.68	6.10	6.47	6.36	6.11	6.20	0.794	0.432	0.400	10.0	0.258	1.61	1.37	0.353	353
6/03/2021	13:00	Punto 1	6.55	6.70	6.30	6.48	6.72	6.59	6.67	6.59	6.52	6.66	6.58	0.768	0.406	0.400	10.0	0.237	1.52	1.29	0.306	306
7/03/2021	12:36	Punto 1	6.93	7.03	7.25	7.40	7.26	7.22	7.25	7.15	6.93	7.20	7.16	0.688	0.348	0.400	10.0	0.189	1.40	1.19	0.225	225
8/03/2021	12:11	Punto 1	6.40	6.63	6.26	6.72	6.96	6.66	6.88	6.42	6.40	6.99	6.63	0.758	0.400	0.400	10.0	0.232	1.51	1.28	0.297	297
9/03/2021	12:27	Punto 1	6.25	6.69	6.38	6.35	6.53	6.23	6.73	6.20	6.35	6.35	6.41	0.768	0.408	0.400	10.0	0.238	1.56	1.33	0.316	316
10/03/2021	12:42	Punto 1	6.20	6.56	6.93	6.55	6.60	6.53	6.76	6.28	6.60	6.36	6.54	0.802	0.434	0.400	10.0	0.261	1.53	1.30	0.339	339
12/03/2021	15:58	Punto 1	7.12	6.87	7.02	6.80	7.00	6.98	6.65	6.62	6.68	6.69	6.84	0.738	0.358	0.400	10.0	0.204	1.46	1.24	0.253	253
13/03/2021	11:12	Punto 1	6.68	6.33	6.22	6.76	6.65	6.57	6.86	6.58	6.96	6.65	6.63	0.778	0.390	0.400	10.0	0.230	1.51	1.28	0.295	295
14/03/2021	13:01	Punto 1	7.98	8.05	8.05	8.05	8.26	8.20	8.10	8.13	8.06	8.13	8.10	0.806	0.432	0.400	10.0	0.260	1.23	1.05	0.273	273
15/03/2021	6:53	Punto 1	7.73	7.52	7.37	7.63	7.95	7.95	7.53	7.83	7.66	7.26	7.64	0.800	0.422	0.400	10.0	0.253	1.31	1.11	0.282	282
16/03/2021	16:45	Punto 1	6.66	6.04	6.50	6.20	6.35	6.30	6.16	6.56	6.21	6.33	6.33	0.794	0.424	0.400	10.0	0.253	1.58	1.34	0.340	340
17/03/2021	12:45	Punto 1	6.37	6.79	6.88	6.52	6.75	6.51	6.50	6.30	6.70	6.53	6.59	0.830	0.452	0.400	10.0	0.278	1.52	1.29	0.359	359
18/03/2021	12:40	Punto 1	6.93	6.95	7.40	7.15	6.78	6.86	7.42	6.83	6.54	6.65	6.95	0.816	0.440	0.400	10.0	0.268	1.44	1.22	0.327	327
19/03/2021	12:47	Punto 1	7.15	6.99	6.92	7.08	6.67	6.88	6.68	6.66	6.73	6.76	6.85	0.764	0.396	0.400	10.0	0.230	1.46	1.24	0.286	286
20/03/2021	17:13	Punto 1	6.69	6.50	6.76	6.71	6.45	6.67	6.69	6.50	6.59	6.80	6.64	0.734	0.372	0.400	10.0	0.211	1.51	1.28	0.270	270
21/03/2021	12:25	Punto 1	7.66	6.86	7.22	7.02	7.10	7.19	6.99	7.52	6.95	7.33	7.18	0.722	0.352	0.400	10.0	0.197	1.39	1.18	0.234	234
22/03/2021	14:17	Punto 1	7.56	6.95	7.00	7.23	6.93	7.30	7.33	7.02	7.12	6.82	7.13	0.764	0.384	0.400	10.0	0.223	1.40	1.19	0.267	267
23/03/2021	16:28	Punto 1	6.74	6.59	6.73	6.82	6.86	6.92	6.66	6.78	6.73	6.75	6.76	0.720	0.344	0.400	10.0	0.193	1.48	1.26	0.242	242
24/03/2021	11:42	Punto 1	6.65	6.60	6.94	6.56	6.90	6.73	6.65	6.86	6.86	7.15	6.79	0.354	0.722	0.400	10.0	0.272	1.47	1.25	0.341	341
25/03/2021	14:58	Punto 1	7.28	7.20	7.33	7.03	7.03	7.12					7.17	0.734	0.354	0.400	10.0	0.201	1.40	1.19	0.238	238
26/03/2021	11:26	Punto 1	7.09	7.40	7.60	7.31	7.82	7.50	7.10	7.12	7.09	7.39	7.34	0.748	0.372	0.400	10.0	0.214	1.36	1.16	0.247	247
27/03/2021	16:58	Punto 1	7.52	7.66	7.75	7.95	7.15	7.25	7.42	7.26	6.80	7.38	7.41	0.730	0.36	0.400	10.0	0.203	1.35	1.15	0.233	233
28/03/2021	16:31	Punto 1	7.30	7.19	7.77	7.42	7.55	7.70	7.05	7.20	6.88	7.26	7.33	0.714	0.342	0.400	10.0	0.190	1.36	1.16	0.221	221
29/03/2021	12:36	Punto 1	7.46	7.73	7.29	7.41	7.53	7.90	7.72	7.86	7.33	7.56	7.58	0.712	0.334	0.400	10.0	0.186	1.32	1.12	0.208	208
30/03/2021	10:39	Punto 1	7.28	7.20	7.33	7.18	6.95	7.28	7.22	7.26	6.76	7.29	7.18	0.710	0.338	0.400	10.0	0.188	1.39	1.18	0.222	222

31/03/2021	10:38	Punto 1	7.32	7.45	7.23	7.25	7.54	7.55	7.49	7.53	7.23	7.64	7.42	0.680	0.302	0.400	10.0	0.163	1.35	1.15	0.187	187
2/04/2021	15:13	Punto 1	7.07	6.89	7.05	6.93	6.78	6.73	7.17	6.66	7.02	6.66	6.90	0.740	0.364	0.400	10.0	0.207	1.45	1.23	0.256	256
3/04/2021	10:26	Punto 1	6.86	6.80	6.76	6.90	6.58	6.96	6.76	6.69	6.69	6.72	6.77	0.722	0.342	0.400	10.0	0.192	1.48	1.26	0.241	241
4/04/2021	12:36	Punto 1	7.09	6.83	7.36	7.50	7.26	7.10	7.03	6.95	7.49	6.83	7.14	0.732	0.342	0.400	10.0	0.194	1.40	1.19	0.230	230
5/04/2021	10:57	Punto 1	7.35	7.59	6.93	7.12	7.10	7.40	6.93	7.40	7.60	7.04	7.25	0.680	0.292	0.400	10.0	0.158	1.38	1.17	0.185	185
6/04/2021	15:21	Punto 1	6.83	7.05	6.93	6.93	6.87	6.93	6.61	6.96	6.82	6.82	6.88	0.726	0.344	0.400	10.0	0.194	1.45	1.24	0.239	239
8/04/2021	12:42	Punto 1	8.02	8.08	8.08	7.61	7.85	7.75	7.79	7.92	7.70	8.02	7.88	0.684	0.314	0.400	10.0	0.170	1.27	1.08	0.184	184
9/04/2021	12:55	Punto 1	7.63	7.28	7.65	7.79	7.79	6.69	7.10	6.73	7.13	7.08	7.29	0.664	0.280	0.400	10.0	0.149	1.37	1.17	0.174	174
11/04/2021	8:58	Punto 1	6.45	6.50	6.30	6.09	6.39	6.37	6.59	6.16	6.23	6.39	6.35	0.786	0.402	0.400	10.0	0.238	1.58	1.34	0.319	319
13/04/2021	12:13	Punto 1	7.28	7.02	6.82	7.13	6.90	7.06	7.13	7.22	7.00	7.16	7.07	0.714	0.326	0.400	10.0	0.182	1.41	1.20	0.218	218
14/04/2021	12:04	Punto 1	7.38	6.95	7.36	7.12	7.39	7.05	7.00	7.02	7.29	7.20	7.18	0.712	0.324	0.400	10.0	0.180	1.39	1.18	0.213	213
15/04/2021	10:28	Punto 1	6.94	6.75	7.02	6.73	7.00	6.99	7.12	7.03	7.02	6.88	6.95	0.710	0.324	0.400	10.0	0.180	1.44	1.22	0.220	220
18/04/2021	10:48	Punto 1	6.98	6.73	6.68	6.69	6.90	6.87	6.76	6.70	6.80	6.98	6.81	0.688	0.306	0.400	10.0	0.166	1.47	1.25	0.208	208
23/04/2021	10:25	Punto 1	6.40	6.39	6.57	6.36	6.63	6.59	6.30	6.56	6.78	6.28	6.49	0.712	0.324	0.400	10.0	0.180	1.54	1.31	0.236	236
24/04/2021	15:37	Punto 1	5.99	6.19	6.05	6.02	5.89	6.18	5.92	5.88	5.82	6.09	6.00	0.778	0.394	0.400	10.0	0.232	1.67	1.42	0.329	329
25/04/2021	12:37	Punto 1	7.26	7.05	6.85	7.35	7.10	7.20	7.22	7.22	7.19	7.15	7.16	0.680	0.290	0.400	10.0	0.157	1.40	1.19	0.186	186
26/04/2021	10:55	Punto 1	6.39	6.46	6.07	6.08	6.63	6.40	6.50	6.62	6.33	6.52	6.40	0.784	0.406	0.400	10.0	0.240	1.56	1.33	0.319	319
27/04/2021	15:45	Punto 1	6.15	6.36	6.10	6.17	6.22	6.23	6.18	5.99	6.12	6.12	6.16	0.774	0.394	0.400	10.0	0.231	1.62	1.38	0.319	319
28/04/2021	17:33	Punto 1	6.55	6.33	6.73	6.73	6.70	6.68	6.54	6.56	6.34	6.68	6.58	0.738	0.346	0.400	10.0	0.197	1.52	1.29	0.254	254
29/04/2021	11:26	Punto 1	6.80	6.92	6.66	6.78	6.77	6.90	6.86	6.79	6.92	6.98	6.84	0.740	0.346	0.400	10.0	0.197	1.46	1.24	0.245	245
30/04/2021	10:59	Punto 1	6.97	6.92	6.49	6.60	6.86	6.70	6.95	6.99	6.77	6.90	6.82	0.680	0.318	0.400	10.0	0.172	1.47	1.25	0.214	214
1/05/2021	16:13	Punto 1	6.95	6.93	6.95	6.92	6.92	6.57	6.62	6.60	6.75	6.53	6.77	0.686	0.312	0.400	10.0	0.169	1.48	1.25	0.213	213
2/05/2021	11:58	Punto 1	6.85	6.83	7.01	6.95	6.93						6.91	0.620	0.252	0.400	10.0	0.129	1.45	1.23	0.158	158
3/05/2021	11:09	Punto 1	6.80	6.31	6.23	6.39	6.82	6.53	6.53	6.42	6.40	6.60	6.50	0.730	0.352	0.400	10.0	0.199	1.54	1.31	0.260	260
4/05/2021	11:16	Punto 1	6.06	6.40	6.32	6.30	6.10	6.50	6.22	6.16	6.48	6.30	6.28	0.742	0.364	0.400	10.0	0.208	1.59	1.35	0.281	281
5/05/2021	11:27	Punto 1	6.50	6.51	6.53	6.75	6.23	6.33	6.32	6.35	6.53	6.42	6.45	0.722	0.334	0.400	10.0	0.187	1.55	1.32	0.247	247
6/05/2021	12:17	Punto 1	6.63	6.82	6.67	6.79	6.85	6.62	6.99	6.60	6.63	6.80	6.74	0.702	0.322	0.400	10.0	0.177	1.48	1.26	0.224	224
7/05/2021	11:23	Punto 1	6.66	6.60	6.70	6.73	6.56	6.66	6.65	6.77	6.59	6.61	6.65	0.704	0.330	0.400	10.0	0.182	1.50	1.28	0.233	233
8/05/2021	11:50	Punto 1	7.00	6.85	7.02	6.97	6.93	7.15	7.07	6.97	6.93	6.99	6.99	0.664	0.284	0.400	10.0	0.151	1.43	1.22	0.184	184

10/05/2021	17:22	Punto 1	6.95	6.85	7.10	7.09	6.93	6.95	7.00	6.90	6.93	6.93	6.96	0.670	0.286	0.400	10.0	0.153	1.44	1.22	0.187	187
12/05/2021	17:16	Punto 1	7.52	7.05	7.05	7.29	7.09	7.15	7.09	7.30	7.40	7.33	7.23	0.642	0.268	0.400	8.0	0.140	1.11	0.94	0.131	131
13/05/2021	17:45	Punto 1	7.12	6.90	7.07	7.08	7.10	6.99	7.15	6.96	7.01	7.03	7.04	0.648	0.264	0.400	10.0	0.138	1.42	1.21	0.167	167
14/05/2021	11:48	Punto 1	6.63	6.65	6.78	6.86	6.66	6.73	6.72	6.76	6.50	6.88	6.72	0.690	0.312	0.400	10.0	0.170	1.49	1.27	0.215	215
15/05/2021	12:43	Punto 1	6.62	6.41	6.42	6.45	6.50	6.78	6.46	6.49	6.59	6.60	6.53	0.708	0.340	0.400	10.0	0.188	1.53	1.30	0.245	245
16/05/2021	15:52	Punto 1	7.06	6.85	6.99	6.96	6.79	7.13	7.05	6.93	6.86	6.88	6.95	0.654	0.282	0.400	10.0	0.149	1.44	1.22	0.182	182
17/05/2021	11:41	Punto 1	6.60	6.55	6.75	6.70	6.69	6.56	6.59	6.62	6.45	6.61	6.61	0.710	0.330	0.400	10.0	0.183	1.51	1.29	0.235	235
18/05/2021	12:18	Punto 1	6.60	6.26	6.49	6.32	6.43	6.82	6.32	6.59	6.38	6.40	6.46	0.722	0.354	0.400	10.0	0.199	1.55	1.32	0.261	261
19/05/2021	10:56	Punto 1	6.09	6.05	6.49	6.28	6.30	6.19	6.15	6.20	6.12	6.22	6.21	0.726	0.354	0.400	10.0	0.199	1.61	1.37	0.273	273
20/05/2021	12:16	Punto 1	6.56	6.33	6.56	6.69	6.45	6.55	6.30	6.46	6.78	6.82	6.55	0.718	0.340	0.400	10.0	0.190	1.53	1.30	0.247	247
21/05/2021	12:01	Punto 1	6.45	6.53	6.62	6.76	6.66	6.43	6.86	6.76	6.49	6.63	6.62	0.688	0.316	0.400	10.0	0.172	1.51	1.28	0.221	221
22/05/2021	16:10	Punto 1	10.93	11.80	11.40	11.48	11.60	10.95	11.55	11.40	11.38	10.72	11.32	0.646	0.268	0.400	10.0	0.140	0.88	0.75	0.105	105
23/05/2021	16:41	Punto 1	10.66	11.10	11.05	10.76	11.08	11.03	11.02	10.93	10.96	10.91	10.95	0.636	0.252	0.400	10.0	0.131	0.91	0.78	0.101	101
24/05/2021	11:58	Punto 1	7.99	7.90	8.00	7.69	8.06	8.25	8.30	7.90	8.16	8.40	8.07	0.690	0.320	0.400	10.0	0.174	1.24	1.05	0.184	184
25/05/2021	11:27	Punto 1	7.41	7.68	7.67	7.76	8.04	8.06	8.06	7.74	7.73	8.04	7.82	0.724	0.348	0.400	10.0	0.196	1.28	1.09	0.213	213
26/05/2021	11:09	Punto 1	6.40	6.16	6.15	6.22	6.42	6.06	6.53	6.03	6.30	6.19	6.25	0.728	0.354	0.400	10.0	0.200	1.60	1.36	0.272	272
27/05/2021	12:34	Punto 1	6.96	7.19	7.19	7.00	6.98	7.13	7.05	7.12	6.99	6.89	7.05	0.656	0.284	0.400	10.0	0.150	1.42	1.21	0.181	181
28/05/2021	12:30	Punto 1	6.31	6.19	6.10	6.08	6.20	6.43	6.17	6.25	6.30	6.26	6.23	0.734	0.356	0.400	10.0	0.202	1.61	1.36	0.275	275
29/05/2021	15:58	Punto 1	6.66	6.75	6.60	6.62	6.66	6.73	6.62	6.45	6.43	6.60	6.61	0.694	0.316	0.400	10.0	0.173	1.51	1.29	0.222	222
31/05/2021	11:34	Punto 1	6.79	6.90	6.72	6.76	6.89	7.15	6.79	6.93	6.65	6.89	6.85	0.670	0.296	0.400	10.0	0.158	1.46	1.24	0.197	197
1/06/2021	12:13	Punto 1	6.90	6.75	6.77	6.95	6.95	6.86	7.02	6.80	6.86	6.94	6.88	0.676	0.294	0.400	10.0	0.158	1.45	1.24	0.195	195
2/06/2021	12:56	Punto 1	6.76	6.68	7.09	6.76	6.80	6.90	6.92	6.85	6.95	6.72	6.84	0.698	0.318	0.400	10.0	0.175	1.46	1.24	0.217	217
3/06/2021	15:44	Punto 1	6.96	6.99	7.05	7.03	6.80	6.99	7.13	6.82	6.83	6.96	6.96	0.682	0.300	0.400	10.0	0.162	1.44	1.22	0.198	198
4/06/2021	17:05	Punto 1	6.91	6.82	6.82	6.63	6.72	6.92	7.03	7.00	6.80	6.93	6.86	0.688	0.312	0.400	10.0	0.170	1.46	1.24	0.210	210
5/06/2021	15:37	Punto 1	6.82	6.73	6.83	6.69	6.72	6.76	6.99	6.82	6.96	6.68	6.80	0.666	0.294	0.400	10.0	0.157	1.47	1.25	0.196	196
7/06/2021	16:29	Punto 1	6.83	6.96	6.83	6.99	6.83	6.96	6.65	6.79	6.99	6.83	6.87	0.682	0.310	0.400	10.0	0.168	1.46	1.24	0.208	208
10/06/2021	12:38	Punto 1	6.38	6.27	6.20	6.39	6.55	6.33	6.08	6.39	6.31	6.37	6.33	0.742	0.360	0.400	10.0	0.206	1.58	1.34	0.276	276
11/06/2021	12:36	Punto 1	5.98	6.16	6.51	6.27	6.20	6.03	6.12	5.98	6.35	6.08	6.17	0.752	0.372	0.400	10.0	0.214	1.62	1.38	0.295	295
12/06/2021	12:45	Punto 1	6.91	6.81	6.86	6.74	6.93	6.93	6.88	6.55	6.97	7.04	6.86	0.650	0.276	0.400	8.0	0.145	1.17	0.99	0.144	144

14/06/2021	18:00	Punto 1	6.37	6.48	6.45	6.54	6.43	-	-	-	-	-	6.45	0.696	0.330	0.400	10.0	0.181	1.55	1.32	0.238	238
15/06/2021	16:52	Punto 1	9.08	9.32	9.84	9.29	9.53	9.21	9.05	9.76	9.07	9.61	9.38	0.530	0.148	0.400	10.0	0.069	1.07	0.91	0.062	62
18/06/2021	12:25	Punto 1	6.68	6.48	6.45	6.74	6.53	6.46	6.73	6.46	6.41	6.28	6.52	0.730	0.358	0.400	10.0	0.202	1.53	1.30	0.264	264
19/06/2021	12:45	Punto 1	6.72	6.64	6.65	6.68	6.46	6.73	6.66	6.50	6.35	6.33	6.57	0.752	0.370	0.400	10.0	0.213	1.52	1.29	0.276	276
21/06/2021	12:37	Punto 1	6.19	6.21	6.38	6.10	6.40	6.38	6.25	6.25	6.21	6.47	6.28	0.742	0.360	0.400	10.0	0.206	1.59	1.35	0.278	278
22/06/2021	12:23	Punto 1	6.85	6.86	6.98	6.72	6.78	7.06	6.69	6.68	6.91	6.82	6.84	0.680	0.302	0.400	10.0	0.163	1.46	1.24	0.203	203
23/06/2021	12:40	Punto 1	7.00	6.80	6.81	6.72	6.90	6.92	6.62	6.96	6.94	7.05	6.87	0.700	0.322	0.400	10.0	0.177	1.46	1.24	0.219	219
24/06/2021	12:32	Punto 1	6.88	7.05	6.92	6.81	6.76	7.22	6.88	6.89	6.82	6.81	6.90	0.674	0.294	0.400	10.0	0.158	1.45	1.23	0.194	194
25/06/2021	11:43	Punto 1	6.89	6.75	6.76	6.78	6.73	6.59	6.65	6.70	6.70	6.85	6.74	0.698	0.314	0.400	10.0	0.172	1.48	1.26	0.217	217
26/06/2021	16:47	Punto 1	6.96	6.56	6.81	6.70	6.81	6.63	6.48	6.55	6.58	6.64	6.67	0.716	0.332	0.400	10.0	0.185	1.50	1.27	0.236	236
28/06/2021	11:39	Punto 1	6.40	6.50	6.70	6.79	6.52	6.80	6.72	6.70	6.73	6.62	6.65	0.718	0.342	0.400	10.0	0.191	1.50	1.28	0.244	244
29/06/2021	16:46	Punto 1	6.84	6.74	6.67	6.53	6.94	6.95	6.63	6.69	6.85	6.87	6.77	0.684	0.302	0.400	10.0	0.164	1.48	1.26	0.205	205
30/06/2021	17:01	Punto 1	8.12	7.98	8.05	8.14	8.88	8.45	8.44	8.18	8.15	8.40	8.28	0.580	0.200	0.400	10.0	0.098	1.21	1.03	0.101	101
1/07/2021	12:21	Punto 1	6.69	6.77	6.77	6.79	6.98	6.50	6.82	6.79	6.91	6.81	6.78	0.700	0.320	0.400	10.0	0.176	1.47	1.25	0.221	221
2/07/2021	12:43	Punto 1	6.64	6.64	6.48	6.79	6.63	6.66	6.79	6.92	6.53	6.50	6.66	0.700	0.328	0.400	10.0	0.180	1.50	1.28	0.230	230
3/07/2021	12:35	Punto 1	8.15	8.02	7.90	8.02	8.10	8.04	7.95	7.95	7.70	8.10	7.99	0.612	0.230	0.400	10.0	0.116	1.25	1.06	0.124	124
5/07/2021	13:20	Punto 1	6.44	6.35	6.26	6.35	6.35	6.81	6.46	6.55	6.68	6.45	6.47	0.744	0.366	0.400	10.0	0.209	1.55	1.31	0.275	275
6/07/2021	17:00	Punto 1	6.79	6.92	6.93	6.89	6.94	6.93	6.91	7.00	7.16	7.42	6.99	0.686	0.306	0.400	10.0	0.166	1.43	1.22	0.202	202
7/07/2021	11:10	Punto 1	6.59	6.86	6.93	6.68	7.18	7.09	6.95	7.16	6.76	6.92	6.91	0.674	0.292	0.400	10.0	0.157	1.45	1.23	0.193	193
12/07/2021	12:57	Punto 1	6.39	6.15	6.21	6.12	6.11	6.15	6.03	6.08	5.96	6.00	6.12	0.742	0.354	0.400	10.0	0.202	1.63	1.39	0.281	281
14/07/2021	12:56	Punto 1	6.42	6.33	6.68	6.71	6.82	6.40	6.36	6.78	6.76	6.67	6.59	0.724	0.338	0.400	10.0	0.190	1.52	1.29	0.245	245
15/07/2021	12:56	Punto 1	7.03	7.21	6.95	7.13	7.28	7.12	7.09	6.81	7.06	7.09	7.08	0.654	0.266	0.400	10.0	0.140	1.41	1.20	0.168	168
16/07/2021	13:17	Punto 1	7.00	7.18	7.09	7.08	7.22	6.99	7.01	7.03	7.29	7.01	7.09	0.654	0.264	0.400	10.0	0.139	1.41	1.20	0.167	167
17/07/2021	16:20	Punto 1	6.26	6.50	6.67	6.64	6.31	6.56	6.76	6.34	6.24	6.49	6.48	0.734	0.356	0.400	10.0	0.202	1.54	1.31	0.265	265
19/07/2021	12:31	Punto 1	6.40	6.53	6.35	6.36	6.54	6.58	6.52	6.43	6.26	6.35	6.43	0.736	0.350	0.400	10.0	0.199	1.55	1.32	0.263	263
20/07/2021	12:34	Punto 1	6.20	6.33	6.28	6.25	6.39	6.01	6.12	5.93	6.42	6.17	6.21	0.720	0.342	0.400	10.0	0.192	1.61	1.37	0.262	262
21/07/2021	12:17	Punto 1	6.02	6.27	6.16	6.54	6.36	6.55	6.38	6.55	6.26	6.45	6.35	0.698	0.318	0.400	10.0	0.175	1.57	1.34	0.234	234
22/07/2021	17:22	Punto 1	12.11	13.06	12.83	12.16	12.46	12.93	12.68	13.09	12.48	12.92	12.67	0.642	0.270	0.400	10.0	0.141	0.79	0.67	0.094	94
23/07/2021	17:44	Punto 1	11.98	11.57	11.33	11.91	11.99	11.13	11.80	11.07	11.78	11.71	11.63	0.532	0.162	0.400	10.0	0.075	0.86	0.73	0.055	55

25/07/2021	12:54	Punto 1	9.45	9.78	10.05	9.81	9.98	9.70	9.91	9.48	9.67	9.79	9.76	0.610	0.238	0.400	10.0	0.120	1.02	0.87	0.105	105
26/07/2021	12:17	Punto 1	7.00	7.07	7.01	6.81	7.11	6.94	6.85	6.96	7.03	7.13	6.99	0.678	0.300	0.400	10.0	0.162	1.43	1.22	0.197	197
27/07/2021	15:57	Punto 1	5.60	5.85	5.76	5.91	5.95	5.77	5.89	5.82	5.87	5.80	5.82	0.500	0.130	0.400	10.0	0.059	1.72	1.46	0.085	85
29/07/2021	16:27	Punto 1	5.97	5.85	5.96	5.82	6.02	6.24	6.16	5.93	5.95	6.04	5.99	0.500	0.120	0.400	10.0	0.054	1.67	1.42	0.077	77
30/07/2021	12:34	Punto 1	7.04	6.65	6.84	6.93	6.79	6.90	6.71	6.90	6.96	6.74	6.85	0.688	0.306	0.400	10.0	0.166	1.46	1.24	0.207	207
31/07/2021	16:33	Punto 1	7.32	7.98	8.03	8.34	8.38	8.00	8.16	8.31	7.87	8.18	8.06	0.612	0.234	0.400	10.0	0.118	1.24	1.05	0.125	125
1/08/2021	17:20	Punto 1	7.43	7.55	7.19	7.43	7.26	7.51	7.80	7.31	7.48	7.45	7.44	0.634	0.262	0.400	10.0	0.135	1.34	1.14	0.155	155
2/08/2021	17:35	Punto 1	7.34	7.39	7.01	7.13	7.03	7.30	6.94	7.26	7.19	7.33	7.19	0.682	0.302	0.400	10.0	0.163	1.39	1.18	0.193	193
3/08/2021	13:02	Punto 1	6.50	6.26	6.82	6.73	6.61	6.70	6.49	6.67	6.63	6.63	6.60	0.732	0.360	0.400	10.0	0.204	1.51	1.29	0.262	262
4/08/2021	17:28	Punto 1	9.22	9.38	9.29	9.29	9.21	9.05	9.05	9.24	9.23	8.99	9.20	0.550	0.170	0.400	10.0	0.081	1.09	0.92	0.075	75
5/08/2021	12:45	Punto 1	6.60	6.55	6.77	6.80	6.90	6.58	6.56	6.54	6.75	6.76	6.68	0.710	0.330	0.400	10.0	0.183	1.50	1.27	0.233	233
6/08/2021	12:57	Punto 1	6.39	6.59	6.49	6.67	6.50	6.46	6.63	6.79	6.80	6.51	6.58	0.704	0.326	0.400	10.0	0.180	1.52	1.29	0.232	232
8/08/2021	14:55	Punto 1	7.02	6.93	7.00	6.91	6.83	7.06	7.20	6.78	6.96	6.91	6.96	0.686	0.310	0.400	10.0	0.168	1.44	1.22	0.206	206
9/08/2021	17:59	Punto 1	7.72	7.97	7.98	7.61	7.78	7.52	7.43	8.03	7.84	7.59	7.75	0.642	0.260	0.400	10.0	0.135	1.29	1.10	0.149	149
10/08/2021	13:14	Punto 1	7.66	7.38	7.65	7.00	7.42	7.66	7.48	7.41	7.33	7.45	7.44	0.672	0.294	0.400	10.0	0.158	1.34	1.14	0.180	180
11/08/2021	17:17	Punto 1	10.04	10.80	10.41	10.61	10.72	10.55	10.58	10.89	10.50	10.72	10.58	0.592	0.210	0.400	10.0	0.104	0.95	0.80	0.084	84
13/08/2021	12:01	Punto 1	6.36	6.20	6.39	6.57	6.56	6.44	6.29	6.43	6.34	6.56	6.41	0.770	0.388	0.400	10.0	0.227	1.56	1.33	0.301	301
16/08/2021	16:29	Punto 1	6.68	7.06	7.01	6.85	7.02	7.03	6.90	6.95	6.95	6.92	6.94	0.732	0.356	0.400	10.0	0.201	1.44	1.23	0.247	247
17/08/2021	12:37	Punto 1	6.62	6.51	6.53	6.71	6.85	6.41	6.59	6.85	6.76	6.70	6.65	0.764	0.382	0.400	10.0	0.222	1.50	1.28	0.284	284
18/08/2021	11:22	Punto 1	6.66	7.00	6.98	6.89	7.04	6.88	6.89	6.93	6.71	7.06	6.90	0.758	0.372	0.400	10.0	0.215	1.45	1.23	0.265	265
19/08/2021	12:04	Punto 1	6.88	6.77	6.81	6.90	6.97	7.08	6.93	6.75	6.92	6.98	6.90	0.770	0.388	0.400	10.0	0.227	1.45	1.23	0.280	280
20/08/2021	12:47	Punto 1	7.06	6.62	7.16	7.23	6.96	7.06	7.10	6.96	7.08	7.08	7.03	0.754	0.374	0.400	10.0	0.216	1.42	1.21	0.261	261
21/08/2021	17:29	Punto 1	6.94	6.56	6.58	6.77	6.75	6.59	6.77	6.77	6.80	6.99	6.75	0.802	0.410	0.400	10.0	0.246	1.48	1.26	0.310	310
23/08/2021	11:46	Punto 1	7.42	7.32	7.20	7.18	7.24	7.53	7.51	7.33	7.53	7.15	7.34	0.804	0.418	0.400	10.0	0.252	1.36	1.16	0.291	291
24/08/2021	12:39	Punto 1	7.47	7.32	7.51	7.29	7.34	7.05	7.51	7.65	7.10	7.53	7.38	0.812	0.432	0.400	10.0	0.262	1.36	1.15	0.302	302
25/08/2021	13:36	Punto 1	7.68	7.83	7.74	7.46	7.36	7.86	7.49	7.82	7.93	7.79	7.70	0.810	0.424	0.400	10.0	0.257	1.30	1.10	0.283	283
27/08/2021	12:59	Punto 1	7.73	8.06	8.16	7.85	7.76	8.46	8.01	7.68	8.05	8.11	7.99	0.842	0.450	0.400	10.0	0.279	1.25	1.06	0.297	297
28/08/2021	13:13	Punto 1	7.83	7.96	7.65	7.91	7.83	7.87	7.74	8.10	7.55	7.90	7.83	0.836	0.448	0.400	10.0	0.277	1.28	1.09	0.300	300
30/08/2021	13:01	Punto 1	7.46	7.96	7.93	8.12	7.93	8.26	8.15	8.07	7.90	8.03	7.98	0.860	0.470	0.400	10.0	0.296	1.25	1.07	0.315	315

31/08/2021	13:09	Punto 1	7.92	8.07	7.88	8.05	7.98	7.94	8.06	7.96	8.13	8.05	8.00	0.840	0.450	0.400	10.0	0.279	1.25	1.06	0.296	296
5/09/2021	12:47	Punto 1	8.33	8.26	8.63	8.55	8.48	8.47	8.85	8.32	8.82	8.14	8.49	0.704	0.312	0.400	10.0	0.172	1.18	1.00	0.173	173
6/09/2021	16:10	Punto 1	7.20	7.06	7.21	7.12	7.49	7.38	7.02	7.14	7.65	7.09	7.24	0.730	0.360	0.400	10.0	0.203	1.38	1.17	0.239	239
7/09/2021	13:07	Punto 1	6.80	7.22	6.96	6.86	7.05	7.10	6.99	7.06	7.05	6.92	7.00	0.742	0.364	0.400	10.0	0.208	1.43	1.21	0.252	252
9/09/2021	10:29	Punto 1	6.88	6.60	6.58	6.48	6.49	6.60	6.63	6.43	6.60	6.96	6.63	0.784	0.396	0.400	10.0	0.234	1.51	1.28	0.301	301
10/09/2021	15:25	Punto 1	6.51	6.76	6.48	6.64	6.68	6.52	6.45	6.98	6.69	6.68	6.64	0.768	0.384	0.400	10.0	0.224	1.51	1.28	0.287	287
12/09/2021	15:07	Punto 1	6.98	6.41	6.77	6.86	6.98	6.55	6.56	6.74	6.69	6.61	6.72	0.744	0.370	0.400	10.0	0.212	1.49	1.27	0.268	268
13/09/2021	16:02	Punto 1	6.47	6.76	6.91	6.68	6.38	6.37	6.55	6.41	6.56	6.36	6.55	0.754	0.372	0.400	10.0	0.215	1.53	1.30	0.279	279
15/09/2021	14:27	Punto 1	6.35	7.05	7.03	6.83	6.87	6.88	6.83	6.44	6.98	6.86	6.81	0.720	0.340	0.400	10.0	0.190	1.47	1.25	0.238	238
17/09/2021	17:42	Punto 1	6.80	7.06	6.42	6.88	6.93	6.67	7.08	6.79	6.88	6.74	6.83	0.714	0.330	0.400	10.0	0.184	1.47	1.25	0.229	229
18/09/2021	12:43	Punto 1	6.36	6.65	6.39	6.46	6.60	6.45	6.62	6.25	6.32		6.46	0.764	0.384	0.400	10.0	0.223	1.55	1.32	0.294	294
20/09/2021	12:17	Punto 1	6.58	6.72	6.61	6.73	6.68	6.65	6.69	6.71	6.71	6.61	6.67	0.712	0.332	0.400	10.0	0.185	1.50	1.27	0.235	235
21/09/2021	15:54	Punto 1	6.65	6.53	6.27	6.31	6.56	6.35	6.26	6.40	6.24	6.53	6.41	0.770	0.378	0.400	10.0	0.221	1.56	1.33	0.293	293
22/09/2021	11:02	Punto 1	6.55	6.49	5.98	6.36	6.63	6.57	6.61	6.78	6.45	6.62	6.50	0.782	0.396	0.400	10.0	0.234	1.54	1.31	0.306	306
23/09/2021	17:51	Punto 1	6.98	6.80	6.95	6.85	6.81	7.00	6.82	6.98	6.96	6.76	6.89	0.730	0.344	0.400	10.0	0.194	1.45	1.23	0.240	240
24/09/2021	12:51	Punto 1	6.63	6.98	6.68	7.22	6.85	6.89	6.71	7.14	6.98	6.87	6.90	0.740	0.342	0.400	10.0	0.195	1.45	1.23	0.240	240
28/09/2021	12:15	Punto 1	7.44	7.20	7.48	7.31	7.28	7.25	7.41	7.44	7.34	7.46	7.36	0.702	0.318	0.400	10.0	0.175	1.36	1.15	0.202	202
29/09/2021	11:23	Punto 1	7.17	7.08	6.64	7.32	7.34	6.75	7.32	7.20	7.06	7.21	7.11	0.740	0.364	0.400	10.0	0.207	1.41	1.20	0.248	248
30/09/2021	12:05	Punto 1	7.68	7.55	7.75	7.43	7.69	7.46	7.69	7.38	7.38	7.54	7.56	0.730	0.362	0.400	10.0	0.205	1.32	1.13	0.230	230
3/10/2021	15:20	Punto 1	7.00	7.06	7.19	7.20	7.12	7.03	7.03	7.37	7.29	6.92	7.12	0.800	0.420	0.400	10.0	0.252	1.40	1.19	0.301	301
4/10/2021	13:04	Punto 1	7.33	7.26	7.14	7.10	7.48	7.05	7.15	7.42	7.21	7.18	7.23	0.790	0.410	0.400	10.0	0.244	1.38	1.18	0.287	287
5/10/2021	15:44	Punto 1	7.49	7.94	7.38	7.65	7.70	7.65	7.81	7.47	7.78	7.39	7.63	0.714	0.332	0.400	10.0	0.185	1.31	1.11	0.206	206
6/10/2021	11:05	Punto 1	7.70	7.71	7.42	7.66	7.47	7.76	7.43	7.61	7.46	7.84	7.61	0.710	0.328	0.400	10.0	0.182	1.31	1.12	0.203	203
7/10/2021	14:42	Punto 1	7.33	7.29	7.50	7.56	7.56	7.44	7.45	7.58	7.26	7.43	7.44	0.840	0.458	0.400	10.0	0.284	1.34	1.14	0.324	324
8/10/2021	15:05	Punto 1	8.06	7.68	7.90	7.80	7.42	8.11	7.79	8.06	7.85	7.77	7.84	0.760	0.382	0.400	10.0	0.222	1.27	1.08	0.240	240
11/10/2021	8:19	Punto 1	6.81	6.86	6.38	6.52	6.73	6.56	6.74	6.86	6.68	6.78	6.69	0.822	0.446	0.400	10.0	0.273	1.49	1.27	0.346	346
12/10/2021	17:37	Punto 1	6.72	6.87	6.91	7.02	6.97	7.20	6.96	6.84	6.72	6.84	6.91	0.802	0.420	0.400	10.0	0.252	1.45	1.23	0.311	311
14/10/2021	18:00	Punto 1	6.23	6.36	6.68	6.48	6.21	6.79	6.31	6.56	6.30	6.21	6.41	0.736	0.364	0.400	10.0	0.207	1.56	1.33	0.274	274
15/10/2021	12:40	Punto 1	6.50	6.56	6.35	6.86	6.55	6.85	6.33	6.39	6.92	6.36	6.57	0.754	0.376	0.400	10.0	0.217	1.52	1.29	0.281	281

16/10/2021	11:43	Punto 1	6.43	6.18	6.09	6.74	6.58	6.63	6.31	6.15	6.43	6.59	6.41	0.760	0.386	0.400	10.0	0.224	1.56	1.33	0.297	297
17/10/2021	17:23	Punto 1	6.29	6.32	6.55	6.55	6.36	6.43	6.42	6.18	6.49	6.15	6.37	0.772	0.390	0.400	10.0	0.229	1.57	1.33	0.305	305
18/10/2021	11:49	Punto 1	6.93	6.51	6.68	6.83	6.82	6.58	6.69	6.68	6.92	6.84	6.75	0.764	0.386	0.400	10.0	0.225	1.48	1.26	0.283	283
19/10/2021	13:07	Punto 1	6.43	6.56	6.66	6.84	6.85	6.61	6.75	6.72	6.88	6.39	6.67	0.746	0.374	0.400	10.0	0.214	1.50	1.27	0.273	273
20/10/2021	17:00	Punto 1	6.73	6.45	6.28	6.56	6.45	6.52	6.92	6.68	6.55	6.68	6.58	0.740	0.362	0.400	10.0	0.206	1.52	1.29	0.266	266
21/10/2021	17:42	Punto 1	6.40	6.25	6.39	6.25	6.41	6.05	6.55	6.21	6.40	6.57	6.35	0.740	0.368	0.400	10.0	0.210	1.58	1.34	0.281	281
22/10/2021	17:01	Punto 1	6.59	6.64	6.92	6.91	6.66	6.81	6.56	6.73	6.85	6.75	6.74	0.672	0.300	0.400	10.0	0.161	1.48	1.26	0.203	203
24/10/2021	15:49	Punto 1	6.85	6.52	6.55	6.71	6.56	6.62	6.58	6.78	6.57	6.47	6.62	0.704	0.322	0.400	10.0	0.178	1.51	1.28	0.228	228
25/10/2021	15:59	Punto 1	6.33	6.68	6.60	6.73	6.49	6.60	6.49	6.11	6.36	6.49	6.49	0.722	0.340	0.400	10.0	0.191	1.54	1.31	0.250	250
26/10/2021	16:19	Punto 1	6.27	6.15	6.26	6.28	6.39	6.25	6.23	6.18	6.46	6.53	6.30	0.742	0.370	0.400	10.0	0.211	1.59	1.35	0.285	285
28/10/2021	8:43	Punto 1	6.72	6.70	6.35	6.29	6.86	6.43	6.79	6.41	6.53		6.56	0.698	0.306	0.400	10.0	0.168	1.52	1.29	0.218	218
29/10/2021	16:27	Punto 1	6.47	6.46	6.45	6.38	6.43	6.74	6.82	6.50	6.68	6.87	6.58	0.714	0.342	0.400	10.0	0.190	1.52	1.29	0.246	246
30/10/2021	8:55	Punto 1	6.20	6.48	6.52	6.16	6.26	6.13	6.50	6.78	6.36	6.40	6.38	0.720	0.340	0.400	10.0	0.190	1.57	1.33	0.254	254

Tabla A4

Total de datos en el punto 2

Generalidades			Tiempos parciales										Media	Espejo	Tirante	Solera	Tramo	Área	V _{superficial}	V _{media}	Caudal	
Fecha	Hora	Ubicación	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀	t _m (s)	T (m)	y (m)	b (m)	L (m)	A (m ²)	v (m/s)	v _m (m/s)	Q(m ³ /s)	Q(L/s)
1/11/2020	17:20	Punto 2	11.19	10.09	9.02	9.32	10.09	11.08	9.48	11.12	10.10	9.34	10.08	0.760	0.380	0.400	10.0	0.220	0.99	0.84	0.186	186
2/11/2020	18:30	Punto 2	10.77	11.15	10.66	10.93	10.33						10.77	0.790	0.405	0.400	10.0	0.241	0.93	0.79	0.190	190
3/11/2020	13:00	Punto 2	11.32	10.87	11.23	10.70	10.79	10.23	9.79	9.56	9.90	11.28	10.57	0.800	0.430	0.400	10.0	0.258	0.95	0.80	0.208	208
4/11/2020	7:35	Punto 2	11.29	11.56	11.22	11.63	10.99	11.55	11.62	11.76	10.83	10.60	11.31	0.866	0.485	0.400	10.0	0.307	0.88	0.75	0.231	231
5/11/2020	17:50	Punto 2	12.03	12.62	12.73	12.72	12.52	10.96	12.39	11.42	12.40	11.28	12.11	0.860	0.480	0.400	10.0	0.302	0.83	0.70	0.212	212
6/11/2020	18:15	Punto 2	9.88	10.85	9.00	9.28	10.32	10.07	10.29	10.60	10.35	10.39	10.10	0.730	0.350	0.400	10.0	0.198	0.99	0.84	0.166	166

7/11/2020	7:55	Punto 2	11.01	11.25	11.26	10.36	11.12	11.13	10.93	11.76	11.55	10.65	11.10	0.694	0.315	0.400	10.0	0.172	0.90	0.77	0.132	132
8/11/2020	7:40	Punto 2	8.29	9.08	8.47	8.50	8.49	8.25	8.59	9.58	9.63	9.20	8.81	0.690	0.310	0.400	10.0	0.169	1.14	0.97	0.163	163
9/11/2020	8:00	Punto 2	9.83	8.70	9.62	10.50	8.92	11.02	10.00	10.30	9.02	10.06	9.80	0.712	0.325	0.400	10.0	0.181	1.02	0.87	0.157	157
10/11/2020	13:30	Punto 2	9.35	9.49	9.83	9.75	11.66	11.52	10.39	9.25	9.68	10.13	10.11	0.774	0.395	0.400	10.0	0.232	0.99	0.84	0.195	195
11/11/2020	13:20	Punto 2	9.46	11.18	9.50	9.69	10.28	9.33	10.13	9.32	10.73	9.88	9.95	0.852	0.485	0.400	10.0	0.304	1.01	0.85	0.259	259
12/11/2020	7:53	Punto 2	11.62	12.01	11.83	12.13	11.96	11.46	11.68	10.86	12.02	11.60	11.72	0.854	0.485	0.400	10.0	0.304	0.85	0.73	0.221	221
13/11/2020	18:01	Punto 2	9.65	9.23	9.08	10.35	10.13	9.56	9.38	9.42	9.15	9.15	9.51	0.792	0.415	0.400	10.0	0.247	1.05	0.89	0.221	221
14/11/2020	12:35	Punto 2	9.16	11.01	9.56	10.22	10.03	10.16	10.37	10.55	10.25	9.52	10.08	0.830	0.460	0.400	10.0	0.283	0.99	0.84	0.238	238
15/11/2020	15:40	Punto 2	10.35	12.33	11.03	10.91	9.92	10.43	10.16	10.18	11.47	10.01	10.68	0.820	0.425	0.400	10.0	0.259	0.94	0.80	0.206	206
16/11/2020	12:45	Punto 2	11.13	12.07	11.89	11.16	10.76	12.00	11.40	10.96	11.16	11.53	11.41	0.834	0.455	0.400	10.0	0.281	0.88	0.75	0.209	209
17/11/2020	12:45	Punto 2	10.76	9.17	9.54	10.06	10.65	11.52	10.43	10.72	10.64	10.14	10.36	0.826	0.456	0.400	10.0	0.280	0.96	0.82	0.229	229
18/11/2020	12:50	Punto 2	9.66	10.58	9.62	10.33	9.56	9.93	9.79	9.55	10.79	10.25	10.01	0.780	0.405	0.400	10.0	0.239	1.00	0.85	0.203	203
19/11/2020	12:45	Punto 2	11.36	11.45	12.15	11.69	12.42	12.30	12.62	12.35	11.73	11.86	11.99	0.885	0.514	0.400	10.0	0.330	0.83	0.71	0.234	234
20/11/2020	17:40	Punto 2	9.63	10.23	9.03	10.35	9.78	9.02	8.83	10.13	9.93	9.16	9.61	0.822	0.435	0.400	10.0	0.266	1.04	0.88	0.235	235
21/11/2020	13:10	Punto 2	9.63	10.11	11.16	10.06	10.02	9.56	10.82	9.99	9.92	10.22	10.15	0.930	0.554	0.400	10.0	0.368	0.99	0.84	0.309	309
22/11/2020	8:30	Punto 2	10.08	10.85	9.86	10.63	9.46	10.66	10.09	10.62	10.43	10.03	10.27	0.862	0.497	0.400	10.0	0.314	0.97	0.83	0.260	260
23/11/2020	11:45	Punto 2	10.47	10.75	9.86	10.99	10.03	9.92	9.78	10.63	10.32	10.10	10.29	0.794	0.424	0.400	10.0	0.253	0.97	0.83	0.209	209
24/11/2020	12:30	Punto 2	9.99	10.92	10.55	10.06	10.70	10.85	9.76	10.11	10.87	10.01	10.38	0.848	0.483	0.400	10.0	0.301	0.96	0.82	0.247	247
25/11/2020	13:30	Punto 2	9.08	9.52	9.68	9.54	9.85						9.53	0.836	0.462	0.400	10.0	0.286	1.05	0.89	0.255	255
26/11/2020	12:40	Punto 2	11.28	10.66	10.53	10.52	11.89	10.29	10.16	11.02	10.95	11.20	10.85	0.892	0.528	0.400	10.0	0.341	0.92	0.78	0.267	267
27/11/2020	18:00	Punto 2	10.80	11.30	9.76	9.93	10.48	10.39	9.36	10.86	10.47	10.03	10.34	0.876	0.508	0.400	10.0	0.324	0.97	0.82	0.266	266
28/11/2020	17:30	Punto 2	11.46	10.48	9.63	10.59	12.09	10.53	10.57	10.46	11.03	10.16	10.70	0.848	0.483	0.400	10.0	0.301	0.93	0.79	0.239	239
29/11/2020	12:35	Punto 2	10.35	9.30	11.63	9.68	10.76	9.98	10.15	10.97	10.02	9.98	10.28	0.854	0.492	0.400	10.0	0.308	0.97	0.83	0.255	255
30/11/2020	17:25	Punto 2	11.43	11.10	10.45	12.04	9.88	10.85	12.35	10.00	11.61	11.30	11.10	0.882	0.526	0.400	10.0	0.337	0.90	0.77	0.258	258
1/12/2020	12:55	Punto 2	10.56	10.10	10.50	11.73	10.93	10.50	12.07	10.73	10.92	10.30	10.83	0.940	0.564	0.400	10.0	0.378	0.92	0.78	0.296	296
2/12/2020	12:45	Punto 2	10.56	11.46	11.93	10.53	11.63	11.16	11.82	11.02	13.02	11.52	11.47	0.940	0.580	0.400	10.0	0.389	0.87	0.74	0.288	288
3/12/2020	6:32	Punto 2	12.26	11.29	12.15	11.53	11.86	10.93	11.40	11.42	11.71	12.65	11.72	0.944	0.600	0.400	10.0	0.403	0.85	0.73	0.292	292
4/12/2020	17:37	Punto 2	10.76	10.95	9.92	11.19	10.23	10.53	10.27	10.33	9.93	10.20	10.43	0.820	0.450	0.400	10.0	0.275	0.96	0.81	0.224	224
5/12/2020	12:45	Punto 2	10.87	10.18	11.90	12.21	10.83	11.35	10.48	11.93	11.03	10.73	11.15	0.844	0.485	0.400	10.0	0.302	0.90	0.76	0.230	230

6/12/2020	17:48	Punto 2	10.56	10.72	11.13	11.55	11.23	11.01	10.93	11.75	10.75	10.50	11.01	0.860	0.500	0.400	10.0	0.315	0.91	0.77	0.243	243
7/12/2020	11:13	Punto 2	11.77	12.05	11.56	12.23	12.34	10.52	12.11	11.19	12.09	10.84	11.67	0.900	0.544	0.400	10.0	0.354	0.86	0.73	0.258	258
8/12/2020	16:43	Punto 2	11.58	11.23	11.84	12.62	12.90	11.89	12.99	12.61	12.18	11.27	12.11	0.518	0.880	0.400	10.0	0.404	0.83	0.70	0.283	283
9/12/2020	17:35	Punto 2	11.65	11.07	11.52	12.26	10.96	11.82	11.93	11.82	12.40	12.63	11.81	0.888	0.526	0.400	10.0	0.339	0.85	0.72	0.244	244
10/12/2020	17:28	Punto 2	10.45	11.28	12.22	12.36	11.96	11.02	12.06	10.33	10.91	12.09	11.47	0.878	0.522	0.400	10.0	0.334	0.87	0.74	0.247	247
11/12/2020	17:35	Punto 2	14.03	13.66	12.36	12.35	13.95	13.83	14.13	13.32	13.63	13.53	13.48	0.898	0.540	0.400	10.0	0.350	0.74	0.63	0.221	221
12/12/2020	15:14	Punto 2	12.42	12.83	12.33	12.63	12.96	12.81	11.62	12.89	11.83	13.06	12.54	0.894	0.530	0.400	10.0	0.343	0.80	0.68	0.232	232
13/12/2020	17:43	Punto 2	12.08	12.89	13.36	13.29	12.96	13.13	12.93	13.25	12.24	12.46	12.86	0.858	0.487	0.400	10.0	0.306	0.78	0.66	0.202	202
14/12/2020	16:18	Punto 2	10.93	10.37	11.30	10.28	9.88	10.10	11.15	10.18	10.76	11.04	10.60	0.810	0.440	0.400	10.0	0.266	0.94	0.80	0.213	213
15/12/2020	12:34	Punto 2	11.83	11.78	11.40	10.86	12.32	11.15	11.00	10.96	11.81	12.36	11.55	0.904	0.530	0.400	10.0	0.346	0.87	0.74	0.254	254
16/12/2020	15:59	Punto 2	11.25	11.34	12.09	12.33	10.65						11.53	0.878	0.512	0.400	10.0	0.327	0.87	0.74	0.241	241
18/12/2020	17:27	Punto 2	11.78	12.62	11.60	11.26	11.34	12.68	12.97	11.25	11.56	12.19	11.93	0.918	0.549	0.400	10.0	0.362	0.84	0.71	0.258	258
19/12/2020	14:30	Punto 2	11.98	12.43	12.99	13.56	12.68	13.33	13.73	12.06	13.13	12.30	12.82	0.920	0.600	0.400	10.0	0.396	0.78	0.66	0.263	263
20/12/2020	16:19	Punto 2	11.51	12.16	11.79	11.48	11.48	11.20	11.68	11.71	11.22	11.75	11.60	0.910	0.550	0.400	10.0	0.360	0.86	0.73	0.264	264
21/12/2020	17:29	Punto 2	11.61	12.49	10.91	11.11	11.39	12.36	11.38	12.29	11.49	11.63	11.67	0.908	0.532	0.400	10.0	0.348	0.86	0.73	0.254	254
22/12/2020	17:54	Punto 2	10.90	11.29	10.71	10.83	10.83	10.72	10.48	10.43	10.40	10.54	10.71	0.854	0.488	0.400	10.0	0.306	0.93	0.79	0.243	243
23/12/2020	16:48	Punto 2	14.43	12.48	12.86	12.28	12.65	13.45	13.35	13.51	12.83	13.44	13.13	0.920	0.614	0.400	10.0	0.405	0.76	0.65	0.262	262
24/12/2020	17:19	Punto 2	14.73	13.76	13.76	14.16	13.33	13.59					13.89	0.920	0.612	0.400	10.0	0.404	0.72	0.61	0.247	247
26/12/2020	10:09	Punto 2	12.83	13.39	12.80	12.51	12.48	12.10	13.35	13.36	12.52	12.51	12.79	0.920	0.564	0.400	10.0	0.372	0.78	0.66	0.247	247
27/12/2020	17:00	Punto 2	13.32	13.03	13.29	12.74	13.13	13.00	12.99	13.31	13.05	13.32	13.12	0.833	0.465	0.400	10.0	0.287	0.76	0.65	0.186	186
29/12/2020	16:43	Punto 2	12.08	11.62	12.07	11.82	12.50	12.78	12.93	12.26	12.10	11.72	12.19	0.920	0.582	0.400	10.0	0.384	0.82	0.70	0.268	268
30/12/2020	15:49	Punto 2	11.65	11.23	11.73	11.95	11.83	11.89	12.40	11.88	12.22	11.52	11.83	0.920	0.564	0.400	10.0	0.372	0.85	0.72	0.267	267
1/01/2021	16:51	Punto 2	12.25	11.66	11.79	12.12	11.90	12.52	11.98	12.79	12.40	12.43	12.18	0.868	0.500	0.400	10.0	0.317	0.82	0.70	0.221	221
2/01/2021	12:48	Punto 2	12.40	11.56	11.42	12.95	13.53	13.06	12.65	12.19	12.82	11.24	12.38	0.920	0.556	0.400	10.0	0.367	0.81	0.69	0.252	252
3/01/2021	17:24	Punto 2	12.68	13.69	12.33	13.52	12.66	12.86	12.52	13.43	12.28	13.05	12.90	0.900	0.536	0.400	10.0	0.348	0.78	0.66	0.230	230
4/01/2021	11:17	Punto 2	12.33	12.68	11.93	12.86	11.70	12.82	12.46	13.54	12.70	13.66	12.67	0.914	0.550	0.400	10.0	0.361	0.79	0.67	0.242	242
5/01/2021	16:57	Punto 2	13.23	13.53	13.56	13.06	14.09						13.49	0.920	0.620	0.400	10.0	0.409	0.74	0.63	0.258	258
6/01/2021	16:35	Punto 2	14.73	14.33	13.75	14.55	14.58						14.39	0.920	0.674	0.400	10.0	0.445	0.70	0.59	0.263	263
7/01/2021	12:51	Punto 2	11.33	10.93	10.60	10.59	10.76	10.53	11.63	10.75	11.76	11.08	11.00	0.920	0.574	0.400	10.0	0.379	0.91	0.77	0.293	293

9/01/2021	12:51	Punto 2	12.46	12.73	12.93	13.00	13.56	14.03	12.89	12.95	12.65	13.12	13.03	0.920	0.56	0.400	10.0	0.370	0.77	0.65	0.241	241
10/01/2021	17:17	Punto 2	13.76	14.15	13.23	14.18	13.80	13.60	14.23	14.06	13.27	14.15	13.84	0.848	0.48	0.400	10.0	0.300	0.72	0.61	0.184	184
11/01/2021	11:11	Punto 2	13.28	13.36	13.62	13.33	14.06	14.29	13.26	13.88	13.79	14.02	13.69	0.920	0.624	0.400	10.0	0.412	0.73	0.62	0.256	256
12/01/2021	12:48	Punto 2	13.18	12.12	12.63	12.65	13.00	13.35	13.09	12.90	13.46	12.55	12.89	0.920	0.595	0.400	10.0	0.393	0.78	0.66	0.259	259
13/01/2021	17:09	Punto 2	13.02	12.92	13.00	13.13	12.36	13.13	12.81	12.45	12.72	12.69	12.82	0.840	0.474	0.400	10.0	0.294	0.78	0.66	0.195	195
14/01/2021	14:22	Punto 2	14.18	13.82	13.86	13.51	13.12	13.20	13.75	14.03	13.65	13.19	13.63	0.920	0.558	0.400	10.0	0.368	0.73	0.62	0.230	230
15/01/2021	16:21	Punto 2	12.51	12.65	12.19	11.92	12.76	12.65	12.73	12.46	12.72	12.70	12.53	0.784	0.404	0.400	10.0	0.239	0.80	0.68	0.162	162
16/01/2021	16:56	Punto 2	13.25	13.00	12.20	12.52	12.33	13.04	12.92	12.56	12.78	13.12	12.77	0.836	0.47	0.400	10.0	0.290	0.78	0.67	0.193	193
20/01/2021	16:22	Punto 2	8.76	7.80	8.02	8.15	7.65	8.40	7.96	7.71	7.86	8.45	8.08	0.800	0.426	0.400	10.0	0.256	1.24	1.05	0.269	269
21/01/2021	6:33	Punto 2	7.19	7.50	8.29	7.62	7.76	7.95	8.03	7.99	7.63	7.28	7.72	0.786	0.412	0.400	10.0	0.244	1.29	1.10	0.269	269
22/01/2021	15:30	Punto 2	6.80	7.09	6.85	7.13	7.55	7.10	6.88	6.93	7.02	7.16	7.05	0.758	0.38	0.400	10.0	0.220	1.42	1.21	0.265	265
23/01/2021	11:14	Punto 2	7.25	7.00	7.15	7.46	7.12	7.46	7.19	7.00	7.50	6.93	7.21	0.800	0.424	0.400	10.0	0.254	1.39	1.18	0.300	300
24/01/2021	12:47	Punto 2	6.75	7.22	7.03	7.60	6.69	7.55	7.27	7.56	7.23	7.65	7.26	0.772	0.408	0.400	10.0	0.239	1.38	1.17	0.280	280
25/01/2021	13:28	Punto 2	8.02	7.70	7.93	7.65	7.90	7.62	8.10	8.23	7.46	7.70	7.83	0.792	0.422	0.400	10.0	0.252	1.28	1.09	0.273	273
26/01/2021	16:50	Punto 2	11.12	11.55	11.45	11.62	11.52	11.62	11.73	11.86	11.41	11.76	11.56	0.848	0.484	0.400	10.0	0.302	0.86	0.74	0.222	222
27/01/2021	17:26	Punto 2	7.70	7.84	7.59	7.60	7.63	7.82	8.02	7.57	7.83	7.88	7.75	0.788	0.422	0.400	10.0	0.251	1.29	1.10	0.275	275
28/01/2021	12:59	Punto 2	7.57	7.63	7.85	7.57	7.45	7.40	7.85	7.93	7.93	7.76	7.69	0.782	0.412	0.400	10.0	0.243	1.30	1.10	0.269	269
29/01/2021	11:44	Punto 2	8.26	7.70	8.36	8.09	7.63	8.18	8.15	8.63	8.56	8.15	8.17	0.846	0.488	0.400	10.0	0.304	1.22	1.04	0.316	316
30/01/2021	15:53	Punto 2	7.79	8.25	8.53	8.32	8.36	8.05	8.05	8.20	8.00	8.02	8.16	0.856	0.498	0.400	10.0	0.313	1.23	1.04	0.326	326
1/02/2021	18:05	Punto 2	7.47	7.30	7.62	7.43	7.05	7.26	7.63	6.86	7.60	7.76	7.40	0.760	0.394	0.400	10.0	0.229	1.35	1.15	0.263	263
2/02/2021	12:27	Punto 2	9.55	8.92	9.79	9.92	9.84	10.16	9.36	9.27	9.96	9.60	9.64	0.750	0.37	0.400	10.0	0.213	1.04	0.88	0.188	188
3/02/2021	15:20	Punto 2	12.12	12.82	12.73	13.14	12.69	12.49	12.47	12.83	12.56	13.00	12.69	0.866	0.496	0.400	10.0	0.314	0.79	0.67	0.210	210
4/02/2021	12:54	Punto 2	11.00	10.60	10.59	12.50	10.40	10.76	10.73	10.75	11.33	11.02	10.97	0.896	0.530	0.400	10.0	0.343	0.91	0.77	0.266	266
5/02/2021	15:04	Punto 2	7.58	7.13	7.20	7.55	7.26	7.56	7.72	7.63	7.36	7.23	7.42	0.784	0.428	0.400	10.0	0.253	1.35	1.15	0.290	290
6/02/2021	15:36	Punto 2	8.12	7.00	7.25	7.56	6.82	7.08	7.11	7.49	7.16	7.25	7.28	0.802	0.440	0.400	10.0	0.264	1.37	1.17	0.309	309
7/02/2021	17:00	Punto 2	7.76	7.60	7.38	7.50	7.88	7.50	7.40	7.76	7.52	7.58	7.59	0.760	0.396	0.400	10.0	0.230	1.32	1.12	0.257	257
8/02/2021	9:32	Punto 2	7.62	7.23	7.76	7.46	7.28	7.59	7.70	7.55	7.22	7.32	7.47	0.820	0.444	0.400	10.0	0.271	1.34	1.14	0.308	308
9/02/2021	12:16	Punto 2	7.55	7.10	7.15	7.09	7.69	7.58	7.36	7.10	7.79	7.36	7.38	0.772	0.400	0.400	10.0	0.234	1.36	1.15	0.270	270
10/02/2021	16:24	Punto 2	7.66	7.47	7.26	7.53	7.39	7.63	7.42	7.29	7.32	7.39	7.44	0.710	0.338	0.400	10.0	0.188	1.34	1.14	0.214	214

11/02/2021	12:20	Punto 2	8.08	8.32	8.62	8.15	7.86	8.22	8.16	8.56	8.05	8.00	8.20	0.840	0.472	0.400	10.0	0.293	1.22	1.04	0.303	303
12/02/2021	9:34	Punto 2	7.16	7.23	7.88	7.56	7.43	7.22	7.43	7.92	7.89	7.59	7.53	0.694	0.312	0.400	10.0	0.171	1.33	1.13	0.193	193
13/02/2021	16:00	Punto 2	7.01	7.53	7.29	7.16	7.26	7.05	7.37	7.13	7.05	7.17	7.20	0.740	0.358	0.400	10.0	0.204	1.39	1.18	0.241	241
14/02/2021	17:24	Punto 2	7.52	7.35	7.55	6.90	7.38	7.63	7.19	7.13	7.75	7.35	7.38	0.742	0.368	0.400	10.0	0.210	1.36	1.15	0.242	242
15/02/2021	15:47	Punto 2	8.65	8.69	8.63	8.23	8.63	9.16	9.23	9.16	8.96	9.25	8.86	0.774	0.400	0.400	10.0	0.235	1.13	0.96	0.225	225
16/02/2021	15:26	Punto 2	10.73	10.56	10.75	10.55	10.55	9.86	9.91	10.53	9.99	10.02	10.35	0.734	0.358	0.400	10.0	0.203	0.97	0.82	0.167	167
18/02/2021	12:04	Punto 2	8.23	7.53	7.85	7.50	8.05	8.19	7.77	8.24	8.06	8.23	7.97	0.818	0.468	0.400	10.0	0.285	1.26	1.07	0.304	304
19/02/2021	17:10	Punto 2	9.21	9.33	9.19	9.46	9.70	9.64	9.32	9.61	9.60	9.69	9.48	0.800	0.442	0.400	10.0	0.265	1.06	0.90	0.238	238
20/02/2021	17:09	Punto 2	8.15	9.10	8.76	8.29	8.62	8.39	9.23	9.25	8.50	8.69	8.70	0.858	0.500	0.400	10.0	0.315	1.15	0.98	0.307	307
21/02/2021	16:20	Punto 2	10.82	10.15	10.29	10.42	10.92						10.52	0.626	0.264	0.400	10.0	0.135	0.95	0.81	0.109	109
23/02/2021	12:59	Punto 2	8.05	8.68	8.32	8.35	8.83	8.70	8.45	8.72	8.56	9.03	8.57	0.762	0.400	0.400	10.0	0.232	1.17	0.99	0.231	231
24/02/2021	12:58	Punto 2	8.32	8.66	8.16	8.76	8.70	8.10	8.36	8.45	8.23	8.56	8.43	0.726	0.358	0.400	10.0	0.202	1.19	1.01	0.203	203
25/02/2021	13:02	Punto 2	8.01	8.01	8.23	8.76	8.69	8.92	8.69	8.35	8.00	8.51	8.42	0.892	0.540	0.400	10.0	0.349	1.19	1.01	0.352	352
27/02/2021	16:06	Punto 2	9.36	9.89	9.43	9.38	9.25	9.03	9.48	9.30	9.78	9.71	9.46	0.680	0.298	0.400	10.0	0.161	1.06	0.90	0.145	145
2/03/2021	14:49	Punto 2	10.35	10.98	10.17	10.69	10.63	10.39	10.71	10.80	10.90	10.41	10.60	0.846	0.488	0.400	10.0	0.304	0.94	0.80	0.244	244
4/03/2021	12:52	Punto 2	8.71	8.80	7.94	8.40	8.80	7.89	8.68	8.03	8.42	8.10	8.38	0.800	0.442	0.400	10.0	0.265	1.19	1.01	0.269	269
5/03/2021	12:46	Punto 2	7.46	8.00	7.55	8.52	7.99	7.82	8.36	7.53	7.79	7.63	7.87	0.810	0.460	0.400	10.0	0.278	1.27	1.08	0.301	301
6/03/2021	12:46	Punto 2	9.28	9.16	10.02	9.33	9.75	9.62	9.69	9.12	9.25	9.39	9.46	0.858	0.500	0.400	10.0	0.315	1.06	0.90	0.283	283
7/03/2021	12:22	Punto 2	9.96	9.60	9.39	9.96	9.50	9.95	9.78	9.59	9.90	9.73	9.74	0.780	0.416	0.400	10.0	0.245	1.03	0.87	0.214	214
8/03/2021	11:57	Punto 2	9.26	9.23	10.05	9.62	10.60	9.83	10.09	10.01	9.51	10.03	9.82	0.864	0.504	0.400	10.0	0.319	1.02	0.87	0.276	276
9/03/2021	12:41	Punto 2	9.92	10.34	10.69	10.75	9.98	10.35	10.14	10.50	9.83	10.33	10.28	0.882	0.530	0.400	10.0	0.340	0.97	0.83	0.281	281
12/03/2021	15:46	Punto 2	8.33	8.75	9.49	8.59	8.48	8.80	9.22	8.82	8.93	8.83	8.82	0.782	0.420	0.400	10.0	0.248	1.13	0.96	0.239	239
13/03/2021	11:00	Punto 2	8.42	8.72	8.52	8.56	8.63	9.02	8.80	8.10	8.65	8.20	8.56	0.802	0.434	0.400	10.0	0.261	1.17	0.99	0.259	259
14/03/2021	12:48	Punto 2	8.15	8.45	8.50	8.33	8.85	8.75	8.69	9.33	8.39	8.97	8.64	0.802	0.438	0.400	10.0	0.263	1.16	0.98	0.259	259
15/03/2021	6:41	Punto 2	8.82	8.92	9.23	9.22	8.85	9.42	9.43	9.09	9.24	8.96	9.12	0.816	0.444	0.400	10.0	0.270	1.10	0.93	0.252	252
16/03/2021	16:38	Punto 2	10.73	10.79	10.53	10.68	10.89	10.03	11.06	10.93	10.77	11.03	10.74	0.920	0.588	0.400	10.0	0.388	0.93	0.79	0.307	307
17/03/2021	12:37	Punto 2	10.34	10.83	10.35	10.36	10.56	10.32	10.47	10.19	10.43	10.93	10.48	0.920	0.596	0.400	10.0	0.393	0.95	0.81	0.319	319
18/03/2021	12:31	Punto 2	8.06	8.05	8.09	7.95	8.67	8.02	8.35	8.25	8.01	8.03	8.15	0.858	0.490	0.400	10.0	0.308	1.23	1.04	0.322	322
19/03/2021	12:36	Punto 2	8.62	8.93	8.40	8.55	8.91	8.80	9.01	8.95	8.90	8.99	8.81	0.818	0.446	0.400	10.0	0.272	1.14	0.97	0.262	262

20/03/2021	17:00	Punto 2	9.78	9.81	9.63	9.73	9.95	9.90	9.73	9.62	9.26	9.55	9.70	0.802	0.438	0.400	10.0	0.263	1.03	0.88	0.231	231
21/03/2021	12:17	Punto 2	9.80	10.93	10.82	10.93	10.52	10.90	10.86	10.90	11.23	10.95	10.78	0.814	0.450	0.400	10.0	0.273	0.93	0.79	0.215	215
22/03/2021	14:09	Punto 2	9.42	9.76	10.55	9.96	9.56	10.08	10.35	10.60	10.49	10.42	10.12	0.854	0.482	0.400	10.0	0.302	0.99	0.84	0.254	254
23/03/2021	16:17	Punto 2	10.59	10.58	10.66	9.99	10.55	10.91	10.06	10.52	9.89	9.67	10.34	0.772	0.400	0.400	10.0	0.234	0.97	0.82	0.193	193
24/03/2021	11:52	Punto 2	9.45	10.20	10.33	9.80	9.73	9.73	9.45	9.62	9.61	9.67	9.76	0.784	0.416	0.400	10.0	0.246	1.02	0.87	0.215	215
25/03/2021	14:49	Punto 2	10.52	10.46	10.99	9.98	10.72	10.47	10.35	10.88	10.70	10.52	10.56	0.832	0.468	0.400	10.0	0.288	0.95	0.81	0.232	232
26/03/2021	11:12	Punto 2	8.37	9.27	8.71	8.90	8.77	8.92	8.58	8.72	9.00	8.99	8.82	0.832	0.470	0.400	10.0	0.290	1.13	0.96	0.279	279
27/03/2021	16:49	Punto 2	10.59	10.42	10.56	10.63	10.22	10.76	10.53	10.92	10.19	9.77	10.46	0.846	0.472	0.400	10.0	0.294	0.96	0.81	0.239	239
28/03/2021	16:09	Punto 2	10.59	10.77	10.72	11.42	10.79	10.43	10.75	10.95	11.05	11.22	10.87	0.818	0.458	0.400	10.0	0.279	0.92	0.78	0.218	218
29/03/2021	12:47	Punto 2	10.86	10.73	11.33	11.56	11.36	11.56	11.80	11.28	11.76	11.77	11.40	0.842	0.466	0.400	10.0	0.289	0.88	0.75	0.216	216
30/03/2021	10:51	Punto 2	11.22	11.82	11.60	11.76	11.53	11.75	11.70	11.56	11.45	11.89	11.63	0.794	0.422	0.400	10.0	0.252	0.86	0.73	0.184	184
31/03/2021	10:49	Punto 2	11.13	11.05	11.82	11.59	11.60	11.60	11.35	10.96	11.62	11.23	11.40	0.774	0.412	0.400	10.0	0.242	0.88	0.75	0.180	180
2/04/2021	15:27	Punto 2	11.82	11.45	11.73	11.20	11.55	11.36	11.39	11.25	11.50	11.53	11.48	0.930	0.576	0.400	10.0	0.383	0.87	0.74	0.284	284
3/04/2021	10:07	Punto 2	11.63	11.25	10.45	11.53	11.60	10.70	11.30	10.78	11.30	11.43	11.20	0.880	0.518	0.400	10.0	0.332	0.89	0.76	0.252	252
4/04/2021	12:28	Punto 2	11.29	11.26	11.49	11.45	11.53						11.40	0.878	0.516	0.400	10.0	0.330	0.88	0.75	0.246	246
5/04/2021	10:43	Punto 2	11.10	10.56	11.03	11.58	11.28	11.76	10.43	11.23	11.40	11.52	11.19	0.788	0.416	0.400	10.0	0.247	0.89	0.76	0.188	188
6/04/2021	15:10	Punto 2	9.60	9.87	9.70	10.29	9.91	10.32	9.96	10.13	9.72	9.93	9.94	0.772	0.400	0.400	10.0	0.234	1.01	0.85	0.200	200
8/04/2021	13:00	Punto 2	7.79	8.73	8.23	8.85	8.33						8.39	0.706	0.324	0.400	10.0	0.179	1.19	1.01	0.182	182
9/04/2021	13:13	Punto 2	11.62	11.62	11.70	11.82	11.69						11.69	0.778	0.398	0.400	10.0	0.234	0.86	0.73	0.170	170
11/04/2021	9:09	Punto 2	11.15	11.36	10.85	11.26	10.50	11.09	10.79	10.77	10.96	11.05	10.98	0.870	0.506	0.400	10.0	0.321	0.91	0.77	0.249	249
13/04/2021	12:25	Punto 2	9.76	10.05	10.30	10.46	10.29	9.99	9.92	10.12	9.59	10.25	10.07	0.754	0.372	0.400	10.0	0.215	0.99	0.84	0.181	181
14/04/2021	12:20	Punto 2	12.62	12.57	12.19	12.60	12.56						12.51	0.372	0.756	0.400	10.0	0.292	0.80	0.68	0.198	198
15/04/2021	10:40	Punto 2	10.83	10.56	10.03	10.65	10.82	10.06	10.86	10.15	10.37	10.33	10.47	0.768	0.388	0.400	10.0	0.227	0.96	0.81	0.184	184
18/04/2021	11:05	Punto 2	12.33	12.83	12.93	12.00	12.88	12.92	12.28	12.63	12.53	12.45	12.58	0.786	0.404	0.400	10.0	0.240	0.80	0.68	0.162	162
23/04/2021	10:40	Punto 2	13.72	14.72	14.09	13.43	14.10	13.75	13.33	13.61	13.82	13.95	13.85	0.854	0.480	0.400	10.0	0.301	0.72	0.61	0.185	185
24/04/2021	15:47	Punto 2	8.98	8.63	8.62	8.60	8.80	8.96	8.86	8.66	8.56	8.55	8.72	0.788	0.416	0.400	10.0	0.247	1.15	0.97	0.241	241
25/04/2021	12:48	Punto 2	9.79	9.95	10.22	10.10	9.88	9.82	9.80	10.20	10.15	9.97	9.99	0.704	0.310	0.400	10.0	0.171	1.00	0.85	0.146	146
26/04/2021	11:08	Punto 2	7.75	7.84	8.04	7.69	7.53	7.76	7.73	7.68	7.96	7.97	7.80	0.752	0.374	0.400	10.0	0.215	1.28	1.09	0.235	235
27/04/2021	16:07	Punto 2	10.12	10.85	10.06	10.42	10.36	10.67	10.42	10.11	10.79	10.10	10.39	0.822	0.450	0.400	10.0	0.275	0.96	0.82	0.225	225

28/04/2021	17:22	Punto 2	9.55	10.13	9.90	9.72	9.86	9.73	9.98	10.09	9.75	10.12	9.88	0.780	0.400	0.400	10.0	0.236	1.01	0.86	0.203	203
29/04/2021	11:38	Punto 2	9.42	9.20	9.65	9.71	9.92	9.34	9.53	9.30	9.43	9.62	9.51	0.776	0.396	0.400	10.0	0.233	1.05	0.89	0.208	208
30/04/2021	11:13	Punto 2	13.26	13.60	13.70	13.90	13.82	13.75	13.80	13.56	13.70	13.96	13.71	0.802	0.430	0.400	10.0	0.258	0.73	0.62	0.160	160
1/05/2021	16:26	Punto 2	13.40	13.93	13.63	13.76	13.75	13.80	13.60	13.99	13.59	13.73	13.72	0.802	0.428	0.400	10.0	0.257	0.73	0.62	0.159	159
2/05/2021	12:13	Punto 2	15.18	16.67	16.15	15.40	15.62						15.80	0.844	0.466	0.400	10.0	0.290	0.63	0.54	0.156	156
3/05/2021	11:23	Punto 2	9.15	9.45	9.29	9.29	9.13	9.63	9.52	9.46	9.31	9.33	9.36	0.756	0.376	0.400	10.0	0.217	1.07	0.91	0.197	197
4/05/2021	11:31	Punto 2	10.03	10.65	10.11	10.32	10.26	10.25	10.57	10.09	10.69	10.04	10.30	0.778	0.398	0.400	10.0	0.234	0.97	0.83	0.193	193
5/05/2021	11:40	Punto 2	11.18	11.41	11.66	11.86	11.83	11.29	11.66	11.73	11.76	11.06	11.54	0.794	0.416	0.400	10.0	0.248	0.87	0.74	0.183	183
6/05/2021	12:32	Punto 2	11.20	10.76	10.96	11.05	10.70	11.18	11.22	10.82	11.00	11.06	11.00	0.740	0.364	0.400	10.0	0.207	0.91	0.77	0.160	160
7/05/2021	11:36	Punto 2	8.51	8.65	8.12	8.10	8.63	8.06	8.02	8.06	8.55	8.28	8.30	0.670	0.300	0.400	10.0	0.161	1.21	1.02	0.164	164
8/05/2021	12:01	Punto 2	10.30	10.36	10.32	10.72	10.25	10.20	10.23	10.33	10.17	10.54	10.34	0.660	0.288	0.400	10.0	0.153	0.97	0.82	0.125	125
10/05/2021	17:33	Punto 2	9.57	10.53	10.00	10.56	10.46	10.10	10.06	10.00	9.78	10.39	10.15	0.670	0.290	0.400	10.0	0.155	0.99	0.84	0.130	130
12/05/2021	17:27	Punto 2	10.40	10.32	10.36	10.53	10.36	10.70	10.55	10.49	10.60	10.23	10.45	0.656	0.282	0.400	9.0	0.149	0.86	0.73	0.109	109
14/05/2021	11:59	Punto 2	10.33	10.42	10.66	10.55	10.86	10.77	10.60	10.88	10.92	10.90	10.69	0.708	0.336	0.400	10.0	0.186	0.94	0.80	0.148	148
15/05/2021	12:57	Punto 2	12.33	12.48	12.33	12.66	12.78	12.90	12.83	12.26	12.90	12.45	12.59	0.784	0.404	0.400	10.0	0.239	0.79	0.68	0.161	161
16/05/2021	16:13	Punto 2	11.86	11.88	12.11	12.01	12.69	12.49	12.72	12.65	12.86	12.86	12.41	0.750	0.378	0.400	10.0	0.217	0.81	0.68	0.149	149
17/05/2021	11:51	Punto 2	9.48	9.31	9.32	9.41	9.89	9.66	9.42	9.50	9.90	9.42	9.53	0.720	0.348	0.400	10.0	0.195	1.05	0.89	0.174	174
18/05/2021	12:27	Punto 2	10.57	10.60	10.83	10.60	10.54	10.76	10.43	10.72	10.96	10.43	10.64	0.782	0.410	0.400	10.0	0.242	0.94	0.80	0.194	194
19/05/2021	11:08	Punto 2	7.63	7.32	7.65	7.85	7.83	7.99	7.50	7.70	7.45	7.73	7.67	0.712	0.344	0.400	10.0	0.191	1.30	1.11	0.212	212
20/05/2021	12:24	Punto 2	9.75	9.89	9.81	9.88	9.96	10.16	9.92	9.90	9.55	10.10	9.89	0.768	0.390	0.400	10.0	0.228	1.01	0.86	0.196	196
21/05/2021	12:14	Punto 2	7.96	7.56	7.63	8.06	7.52	8.22	8.32	7.73	8.12	7.53	7.87	0.702	0.332	0.400	10.0	0.183	1.27	1.08	0.198	198
22/05/2021	16:21	Punto 2	11.53	11.85	11.74	11.96	11.33	10.75	11.33	11.71	11.19	11.43	11.48	0.628	0.248	0.400	10.0	0.127	0.87	0.74	0.094	94
23/05/2021	16:52	Punto 2	15.43	15.66	15.25	15.66	15.59	15.90	15.72	15.83	15.76	15.79	15.66	0.662	0.282	0.400	10.0	0.150	0.64	0.54	0.081	81
24/05/2021	12:11	Punto 2	10.46	10.26	10.10	10.52	10.75	10.06	10.85	10.89	10.03	10.70	10.46	0.716	0.344	0.400	10.0	0.192	0.96	0.81	0.156	156
25/05/2021	11:48	Punto 2	8.46	8.45	8.26	8.22	8.26	7.89	7.88	7.88	8.36	7.90	8.16	0.702	0.330	0.400	10.0	0.182	1.23	1.04	0.189	189
26/05/2021	11:25	Punto 2	12.83	12.60	12.55	12.96	13.15	13.09	12.66	12.70	12.82	12.93	12.83	0.850	0.478	0.400	10.0	0.299	0.78	0.66	0.198	198
27/05/2021	12:44	Punto 2	19.35	20.02	20.42	20.23							20.01	0.808	0.430	0.400	10.0	0.260	0.50	0.42	0.110	110
28/05/2021	12:44	Punto 2	12.49	12.36	12.82	12.39	12.15	12.43	12.46	13.00	12.56	12.10	12.48	0.846	0.474	0.400	10.0	0.295	0.80	0.68	0.201	201
29/05/2021	16:08	Punto 2	11.85	12.30	12.27	12.28	12.33	12.56	12.32	12.90	12.63	12.26	12.37	0.774	0.394	0.400	10.0	0.231	0.81	0.69	0.159	159

31/05/2021	12:00	Punto 2	8.56	8.99	8.99	8.76	8.64	8.82	9.06	8.93	9.10	8.97	8.88	0.670	0.296	0.400	10.0	0.158	1.13	0.96	0.152	152
1/06/2021	12:24	Punto 2	8.52	8.55	8.02	8.30	8.79	8.34	8.43	8.23	8.32	8.22	8.37	0.672	0.292	0.400	10.0	0.157	1.19	1.02	0.159	159
2/06/2021	13:08	Punto 2	12.82	12.05	12.14	12.36	12.67	12.52	12.43	12.79	12.89	12.05	12.47	0.766	0.386	0.400	10.0	0.225	0.80	0.68	0.153	153
3/06/2021	15:56	Punto 2	8.82	9.49	9.26	9.72	9.50	9.16	9.44	8.96	9.12	9.37	9.28	0.718	0.340	0.400	10.0	0.190	1.08	0.92	0.174	174
4/06/2021	17:17	Punto 2	7.42	7.69	8.22	8.09	7.87	7.63	8.08	7.50	8.02	8.08	7.86	0.672	0.298	0.400	10.0	0.160	1.27	1.08	0.173	173
5/06/2021	15:50	Punto 2	9.26	8.90	8.73	9.59	8.63	9.26	9.22	8.66	9.69	8.96	9.09	0.668	0.288	0.400	10.0	0.154	1.10	0.94	0.144	144
7/06/2021	16:44	Punto 2	13.52	13.96	13.80	14.19	14.25						13.94	0.832	0.434	0.400	10.0	0.267	0.72	0.61	0.163	163
10/06/2021	12:51	Punto 2	7.75	7.61	7.95	7.78	7.20	7.66	7.71	7.83	7.36	7.61	7.65	0.712	0.348	0.400	10.0	0.193	1.31	1.11	0.215	215
11/06/2021	12:51	Punto 2	10.92	10.15	10.82	10.13	10.69	10.20	10.80	10.75	10.88	10.94	10.63	0.804	0.436	0.400	10.0	0.262	0.94	0.80	0.210	210
12/06/2021	13:03	Punto 2	10.46	10.53	10.68	10.26	10.52	10.83	10.69	10.66	10.88	10.66	10.62	0.716	0.334	0.400	9.0	0.186	0.85	0.72	0.134	134
14/06/2021	18:10	Punto 2	10.33	9.65	10.19	10.50	10.38	-	-	-	-	-	10.21	0.722	0.344	0.400	10.0	0.193	0.98	0.83	0.161	161
15/06/2021	17:13	Punto 2	28.36	30.92	34.05	32.53	33.06	34.95	35.36	33.10	33.18	30.58	32.61	0.770	0.382	0.400	10.0	0.223	0.31	0.26	0.058	58
18/06/2021	12:37	Punto 2	8.67	8.53	8.08	8.36	8.25	8.78	8.15	8.26	8.21	8.18	8.35	0.714	0.344	0.400	10.0	0.192	1.20	1.02	0.195	195
19/06/2021	13:00	Punto 2	9.64	9.27	9.72	9.82	9.41	9.53	9.83	9.66	9.40	9.52	9.58	0.780	0.410	0.400	10.0	0.242	1.04	0.89	0.215	215
21/06/2021	12:47	Punto 2	7.43	7.33	7.93	7.26	7.53	7.50	7.50	7.06	7.40	7.32	7.43	0.748	0.366	0.400	10.0	0.210	1.35	1.14	0.240	240
22/06/2021	12:38	Punto 2	8.71	8.43	8.00	8.85	8.28	8.35	8.21	8.20	8.49	8.09	8.36	0.680	0.300	0.400	10.0	0.162	1.20	1.02	0.165	165
23/06/2021	12:54	Punto 2	11.48	11.09	11.14	11.16	11.68	11.48	11.78	11.33	11.39	11.88	11.44	0.772	0.400	0.400	10.0	0.234	0.87	0.74	0.174	174
24/06/2021	12:50	Punto 2	9.00	8.81	8.89	8.76	9.05	9.15	8.93	8.83	9.12	8.97	8.95	0.688	0.322	0.400	10.0	0.175	1.12	0.95	0.166	166
25/06/2021	11:54	Punto 2	12.51	13.10	13.07	13.17	13.08	13.05	13.67	13.22	13.21	13.27	13.14	0.818	0.440	0.400	10.0	0.268	0.76	0.65	0.173	173
26/06/2021	16:58	Punto 2	10.50	10.55	10.69	11.07	11.21	10.42	11.02	10.61	10.36	10.88	10.73	0.742	0.366	0.400	10.0	0.209	0.93	0.79	0.166	166
28/06/2021	11:55	Punto 2	12.58	12.50	12.23	12.20	12.96	12.18	12.50	12.09	12.83	12.56	12.46	0.786	0.416	0.400	10.0	0.247	0.80	0.68	0.168	168
29/06/2021	17:00	Punto 2	13.75	12.53	13.01	12.84	13.03	13.35	12.91	12.99	13.36	12.80	13.06	0.774	0.390	0.400	10.0	0.229	0.77	0.65	0.149	149
30/06/2021	17:12	Punto 2	13.60	13.53	13.48	13.75	13.33	12.79	13.68	13.49	13.06	13.30	13.40	0.612	0.230	0.400	10.0	0.116	0.75	0.63	0.074	74
1/07/2021	12:39	Punto 2	8.23	8.33	7.56	8.13	7.73	8.36	8.22	8.18	8.27	8.05	8.11	0.688	0.314	0.400	10.0	0.171	1.23	1.05	0.179	179
2/07/2021	12:54	Punto 2	8.01	7.65	7.40	7.99	8.10	7.39	7.56	7.53	7.46	7.48	7.66	0.684	0.314	0.400	10.0	0.170	1.31	1.11	0.189	189
3/07/2021	12:46	Punto 2	12.30	12.45	13.07	13.02	12.89	12.40	12.90	13.10	13.15	12.61	12.79	0.646	0.260	0.400	10.0	0.136	0.78	0.66	0.090	90
5/07/2021	13:34	Punto 2	11.32	11.13	11.78	11.20	11.20	11.68	11.33	11.69	11.23	11.84	11.44	0.830	0.452	0.400	10.0	0.278	0.87	0.74	0.207	207
6/07/2021	17:12	Punto 2	10.24	10.40	10.83	10.33	10.41	10.66	10.38	10.48	10.30	10.82	10.49	0.736	0.356	0.400	10.0	0.202	0.95	0.81	0.164	164
7/07/2021	10:49	Punto 2	12.19	11.46	11.76	12.05	12.28	11.44	12.19	12.33	12.76	11.81	12.03	0.744	0.362	0.400	10.0	0.207	0.83	0.71	0.146	146

12/07/2021	13:04	Punto 2	6.99	6.96	6.96	7.12	7.00	7.03	7.15	7.35	7.15	7.20	7.09	0.740	0.362	0.400	10.0	0.206	1.41	1.20	0.247	247
14/07/2021	12:42	Punto 2	10.48	10.48	10.48	10.92	10.30	10.10	10.01	10.48	10.24	10.10	10.36	0.762	0.390	0.400	10.0	0.227	0.97	0.82	0.186	186
15/07/2021	12:42	Punto 2	13.32	12.83	13.15	12.50	12.88	12.78	12.91	12.96	12.33	12.72	12.84	0.696	0.310	0.400	10.0	0.170	0.78	0.66	0.112	112
16/07/2021	13:02	Punto 2	12.06	11.48	12.62	12.00	12.46	12.10	12.39	12.33	12.33	12.06	12.18	0.688	0.306	0.400	10.0	0.166	0.82	0.70	0.116	116
17/07/2021	15:41	Punto 2	9.79	10.12	10.42	10.55	9.87	10.66	9.51	10.49	10.58	10.02	10.20	0.802	0.430	0.400	10.0	0.258	0.98	0.83	0.215	215
19/07/2021	12:17	Punto 2	7.64	7.86	7.70	7.70	7.75	7.55	8.06	7.62	7.28	7.96	7.71	0.698	0.326	0.400	10.0	0.179	1.30	1.10	0.197	197
20/07/2021	12:24	Punto 2	8.54	8.56	8.96	8.86	8.91	8.96	8.93	8.99	9.06	8.93	8.87	0.736	0.354	0.400	10.0	0.201	1.13	0.96	0.193	193
21/07/2021	12:01	Punto 2	8.18	8.40	8.29	7.96	7.99	8.08	8.43	8.40	7.95	8.03	8.17	0.706	0.322	0.400	10.0	0.178	1.22	1.04	0.185	185
22/07/2021	17:34	Punto 2	13.57	13.96	14.06	13.40	13.32	14.07	13.47	13.55	13.72	13.98	13.71	0.596	0.210	0.400	10.0	0.105	0.73	0.62	0.065	65
23/07/2021	17:54	Punto 2	12.33	12.32	12.51	12.98	12.36	12.66	12.59	12.48	12.50	12.78	12.55	0.548	0.170	0.400	10.0	0.081	0.80	0.68	0.055	55
25/07/2021	13:04	Punto 2	10.38	10.13	10.10	10.55	9.78	10.67	9.92	10.21	10.35	9.85	10.19	0.600	0.212	0.400	10.0	0.106	0.98	0.83	0.088	88
26/07/2021	12:32	Punto 2	8.49	8.09	8.79	8.33	8.72	8.59	8.08	8.80	8.87	9.05	8.58	0.666	0.282	0.400	10.0	0.150	1.17	0.99	0.149	149
27/07/2021	16:14	Punto 2	12.33	11.48	11.69	12.07	12.01	11.86	12.16	11.93	12.03	12.07	11.96	0.526	0.142	0.400	10.0	0.066	0.84	0.71	0.047	47
29/07/2021	16:39	Punto 2	16.40	16.91	17.63	16.80	17.44	16.69	17.33	17.66	16.81	17.21	17.09	0.578	0.186	0.400	10.0	0.091	0.59	0.50	0.045	45
30/07/2021	12:48	Punto 2	13.38	12.70	13.50	13.12	12.59	13.18	12.74	12.40	13.44	13.28	13.03	0.782	0.508	0.400	10.0	0.300	0.77	0.65	0.196	196
1/08/2021	17:31	Punto 2	10.62	10.83	11.09	10.73	10.80	10.85	10.68	10.88	10.87	10.92	10.83	0.630	0.250	0.400	10.0	0.129	0.92	0.79	0.101	101
2/08/2021	17:46	Punto 2	8.73	8.90	8.97	8.97	8.78	8.89	9.12	8.98	9.10	9.00	8.94	0.674	0.298	0.400	10.0	0.160	1.12	0.95	0.152	152
3/08/2021	13:14	Punto 2	7.59	7.65	7.93	7.73	8.05	7.89	7.83	7.95	7.79	7.55	7.80	0.720	0.342	0.400	10.0	0.192	1.28	1.09	0.209	209
4/08/2021	17:40	Punto 2	10.63	10.45	10.78	11.21	10.43	11.36	11.00	10.46	11.16	11.25	10.87	0.548	0.170	0.400	10.0	0.081	0.92	0.78	0.063	63
5/08/2021	12:55	Punto 2	9.81	9.59	9.47	9.30	9.58	9.66	9.93	9.53	9.73	9.79	9.64	0.730	0.358	0.400	10.0	0.202	1.04	0.88	0.178	178
6/08/2021	13:06	Punto 2	13.76	13.50	13.13	13.67	13.68	13.88	13.49	13.59	13.63	13.94	13.63	0.822	0.460	0.400	10.0	0.281	0.73	0.62	0.175	175
8/08/2021	15:05	Punto 2	11.74	11.31	11.58	11.61	11.33	11.88	12.01	11.88	11.10	12.00	11.64	0.774	0.396	0.400	10.0	0.232	0.86	0.73	0.170	170
10/08/2021	13:24	Punto 2	11.88	11.68	12.13	11.66	11.89	12.09	11.83	11.83	11.80	11.63	11.84	0.702	0.322	0.400	10.0	0.177	0.84	0.72	0.127	127
11/08/2021	17:28	Punto 2	19.12	19.39	19.13	19.41	19.39	19.38	19.29	19.09	19.21	19.39	19.28	0.664	0.272	0.400	10.0	0.145	0.52	0.44	0.064	64
13/08/2021	12:13	Punto 2	10.26	10.51	10.08	10.10	9.83	9.92	10.15	10.01	10.19	10.26	10.13	0.838	0.476	0.400	10.0	0.295	0.99	0.84	0.247	247
16/08/2021	16:40	Punto 2	9.98	10.49	10.86	10.56	10.00	10.75	10.40	10.75	10.39	10.80	10.50	0.730	0.354	0.400	10.0	0.200	0.95	0.81	0.162	162
17/08/2021	12:48	Punto 2	9.33	9.09	8.89	8.89	8.85	9.16	8.64	8.66	8.90	8.60	8.90	0.770	0.398	0.400	10.0	0.233	1.12	0.95	0.222	222
18/08/2021	11:33	Punto 2	9.46	9.32	9.09	9.52	9.66	9.75	9.14	9.75	9.46	9.92	9.51	0.790	0.424	0.400	10.0	0.252	1.05	0.89	0.226	226
19/08/2021	12:17	Punto 2	7.86	7.93	7.84	8.06	7.70	7.78	8.02	8.40	8.01	8.29	7.99	0.760	0.382	0.400	10.0	0.222	1.25	1.06	0.236	236

20/08/2021	12:58	Punto 2	9.46	9.09	9.26	8.97	9.21	9.60	9.02	9.29	9.42	9.59	9.29	0.778	0.406	0.400	10.0	0.239	1.08	0.91	0.219	219
21/08/2021	17:39	Punto 2	8.95	8.88	9.17	8.52	9.13	8.62	8.58	8.83	8.61	8.58	8.79	0.798	0.410	0.400	10.0	0.246	1.14	0.97	0.238	238
23/08/2021	11:58	Punto 2	9.18	9.40	9.33	9.68	8.99	8.98	9.42	9.73	9.59	9.73	9.40	0.820	0.450	0.400	10.0	0.275	1.06	0.90	0.248	248
24/08/2021	12:50	Punto 2	10.15	10.65	10.93	10.73	10.63	10.92	11.15	10.12	11.16	10.72	10.72	0.850	0.488	0.400	10.0	0.305	0.93	0.79	0.242	242
25/08/2021	13:45	Punto 2	8.23	8.08	8.53	8.66	8.05	8.06	8.33	8.53	8.45	8.44	8.34	0.778	0.394	0.400	10.0	0.232	1.20	1.02	0.237	237
27/08/2021	13:16	Punto 2	9.71	9.93	10.18	9.95	9.80	9.95	10.05	9.98	10.02	10.30	9.99	0.836	0.460	0.400	10.0	0.284	1.00	0.85	0.242	242
28/08/2021	13:25	Punto 2	10.36	10.77	10.41	10.59	10.80	10.53	10.83	10.75	10.66	10.56	10.63	0.804	0.424	0.400	10.0	0.255	0.94	0.80	0.204	204
31/08/2021	12:56	Punto 2	9.05	9.11	9.32	9.09	9.25	9.16	9.03	9.00	9.05	9.23	9.13	0.758	0.382	0.400	10.0	0.221	1.10	0.93	0.206	206
7/09/2021	12:55	Punto 2	10.93	11.36	10.93	11.66	10.92	11.33	11.10	11.58	11.03	11.03	11.19	0.818	0.430	0.400	10.0	0.262	0.89	0.76	0.199	199
9/09/2021	10:18	Punto 2	13.58	13.05	13.74	13.40	13.52	13.71	13.77	13.93	13.17	13.62	13.55	0.920	0.542	0.400	10.0	0.358	0.74	0.63	0.224	224
10/09/2021	15:37	Punto 2	12.04	12.34	11.90	12.23	11.80	12.53	11.79	11.31	12.28	12.12	12.03	0.912	0.532	0.400	10.0	0.349	0.83	0.71	0.247	247
12/09/2021	14:55	Punto 2	11.03	11.86	11.23	11.30	11.70	11.72	11.73	11.65	11.90	11.83	11.60	0.850	0.478	0.400	10.0	0.299	0.86	0.73	0.219	219
13/09/2021	15:53	Punto 2	11.78	11.87	12.05	12.06	11.91	11.71	11.98	11.88	11.83	11.95	11.90	0.894	0.524	0.400	10.0	0.339	0.84	0.71	0.242	242
15/09/2021	14:37	Punto 2	12.58	13.08	12.95	12.74	13.13	12.77	13.15	12.93	12.90	13.21	12.94	0.828	0.456	0.400	10.0	0.280	0.77	0.66	0.184	184
17/09/2021	17:50	Punto 2	10.53	10.83	10.57	10.85	10.55	11.03	10.64	11.05	10.68	10.81	10.75	0.740	0.362	0.400	10.0	0.206	0.93	0.79	0.163	163
18/09/2021	12:51	Punto 2	11.92	11.51	12.08	12.06	11.70	12.04	11.80	11.77	11.68	11.88	11.84	0.876	0.504	0.400	10.0	0.322	0.84	0.72	0.231	231
20/09/2021	12:27	Punto 2	10.85	11.25	10.46	11.12	10.82	10.86	10.74	10.56	10.64	10.53	10.78	0.796	0.424	0.400	10.0	0.254	0.93	0.79	0.200	200
21/09/2021	16:35	Punto 2	10.33	9.98	9.85	10.04	10.36	10.16	10.11	10.65	10.62	10.22	10.23	0.844	0.476	0.400	10.0	0.296	0.98	0.83	0.246	246
22/09/2021	11:11	Punto 2	9.01	9.96	8.97	9.96	9.08	9.76	9.86	9.27	9.49	9.05	9.44	0.844	0.472	0.400	10.0	0.294	1.06	0.90	0.264	264
23/09/2021	17:43	Punto 2	11.12	11.18	10.45	10.21	11.62	10.60	10.91	11.04	10.85	10.85	10.88	0.828	0.450	0.400	10.0	0.276	0.92	0.78	0.216	216
24/09/2021	12:59	Punto 2	9.30	8.63	9.30	9.34	9.38	9.57	9.41	9.21	9.25	9.17	9.26	0.790	0.418	0.400	10.0	0.249	1.08	0.92	0.228	228
28/09/2021	12:24	Punto 2	11.17	10.68	11.16	10.46	11.42	10.90	11.15	10.83	11.10	10.66	10.95	0.792	0.412	0.400	10.0	0.246	0.91	0.78	0.191	191
29/09/2021	11:32	Punto 2	9.94	9.49	9.28	9.43	9.50	9.66	9.45	9.33	9.37	9.77	9.52	0.782	0.404	0.400	10.0	0.239	1.05	0.89	0.213	213
30/09/2021	11:57	Punto 2	11.71	12.22	12.09	12.38	12.43	12.53	12.14	11.97	12.26	12.43	12.22	0.870	0.498	0.400	10.0	0.316	0.82	0.70	0.220	220
3/10/2021	15:09	Punto 2	9.69	10.22	10.88	10.74							10.38	0.882	0.524	0.400	10.0	0.336	0.96	0.82	0.275	275
4/10/2021	12:54	Punto 2	9.86	9.76	10.13	9.44	9.63	10.29	9.43	9.27	9.81	10.07	9.77	0.830	0.442	0.400	10.0	0.272	1.02	0.87	0.237	237
5/10/2021	15:34	Punto 2	12.15	11.94	12.06	12.03	12.11	12.04	11.88	11.45	12.21	11.76	11.96	0.770	0.392	0.400	10.0	0.229	0.84	0.71	0.163	163
6/10/2021	12:15	Punto 2	11.01	11.17	11.35	11.48	11.27	10.82	11.29	11.15	11.35	11.00	11.19	0.744	0.370	0.400	10.0	0.212	0.89	0.76	0.161	161
7/10/2021	14:35	Punto 2	8.90	8.93	9.03	9.06	9.24	8.97	9.10	9.20	8.93	8.86	9.02	0.880	0.518	0.400	10.0	0.332	1.11	0.94	0.312	312

8/10/2021	14:58	Punto 2	9.99	9.57	9.61	9.65	9.13	9.42	9.60	9.75	9.93	9.58	9.62	0.798	0.416	0.400	10.0	0.249	1.04	0.88	0.220	220
11/10/2021	8:30	Punto 2	7.58	7.60	8.15	7.99	7.78	7.99	7.36	7.63	7.98	8.08	7.81	0.812	0.434	0.400	10.0	0.263	1.28	1.09	0.286	286
12/10/2021	17:27	Punto 2	9.21	9.94	9.65	9.21	9.26	9.16	9.85	9.33	9.11	9.50	9.42	0.860	0.480	0.400	10.0	0.302	1.06	0.90	0.273	273
14/10/2021	17:52	Punto 2	8.50	8.63	8.56	8.79	8.64	9.07	8.95	9.05	8.63	9.13	8.80	0.798	0.430	0.400	10.0	0.258	1.14	0.97	0.249	249
15/10/2021	12:31	Punto 2	8.23	8.98	8.58	8.50	8.80	8.90	8.93	8.45	8.58	8.38	8.63	0.784	0.404	0.400	10.0	0.239	1.16	0.98	0.235	235
16/10/2021	11:35	Punto 2	7.59	8.13	7.43	7.84	7.16	7.49	7.50	7.73	7.92	7.69	7.65	0.790	0.420	0.400	10.0	0.250	1.31	1.11	0.278	278
17/10/2021	17:12	Punto 2	8.24	8.38	8.43	7.87	8.39	8.13	8.35	8.11	8.46	7.85	8.22	0.816	0.446	0.400	10.0	0.271	1.22	1.03	0.280	280
18/10/2021	11:39	Punto 2	9.87	9.91	10.40	10.09	10.25	9.90	10.11	9.52	9.61	9.43	9.91	0.852	0.480	0.400	10.0	0.300	1.01	0.86	0.258	258
19/10/2021	12:53	Punto 2	7.66	8.34	8.30	7.91	8.01	8.06	8.16	7.69	7.90	8.16	8.02	0.772	0.392	0.400	10.0	0.230	1.25	1.06	0.243	243
20/10/2021	16:51	Punto 2	10.56	10.81	10.24	10.22	10.99	10.73	10.15	10.32	10.07	10.66	10.48	0.848	0.480	0.400	10.0	0.300	0.95	0.81	0.243	243
21/10/2021	17:34	Punto 2	9.60	9.02	9.18	9.00	9.55	9.62	9.59	9.28	9.09	9.18	9.31	0.822	0.446	0.400	10.0	0.273	1.07	0.91	0.249	249
22/10/2021	17:10	Punto 2	9.00	8.86	9.27	8.85	8.89	8.66	9.23	8.81	9.28	9.32	9.02	0.722	0.340	0.400	10.0	0.191	1.11	0.94	0.180	180
24/10/2021	15:39	Punto 2	9.03	9.01	9.51	9.09	9.09	8.96	8.83	9.46	8.97	9.26	9.12	0.750	0.370	0.400	10.0	0.213	1.10	0.93	0.198	198
25/10/2021	15:50	Punto 2	10.17	10.25	10.90	10.78	10.75	10.40	10.28	10.21	10.31	10.52	10.46	0.820	0.430	0.400	10.0	0.262	0.96	0.81	0.213	213
26/10/2021	16:09	Punto 2	8.58	8.91	8.91	8.91	8.96	8.87	9.32	8.69	9.19	9.10	8.94	0.824	0.442	0.400	10.0	0.271	1.12	0.95	0.257	257
28/10/2021	8:34	Punto 2	9.63	9.74	10.10	9.92	9.95	10.00	10.19	10.05	10.03	9.96	9.96	0.770	0.382	0.400	10.0	0.223	1.00	0.85	0.191	191
29/10/2021	16:07	Punto 2	10.45	10.33	10.08	9.43	9.91	9.98	9.91	9.91	10.12	10.04	10.02	0.770	0.390	0.400	10.0	0.228	1.00	0.85	0.194	194
30/10/2021	8:48	Punto 2	11.23	11.28	10.88	10.33	10.68	11.16	11.40	11.56	11.07	11.24	11.08	0.804	0.424	0.400	10.0	0.255	0.90	0.77	0.196	196

Anexo 5

Tabla A5

Porcentaje de excedencia para caudales de puntos 1 y 2

Distribución de Weibull Punto 1			Distribución de Weibull Punto 2		
Q _i (L/s)	i	p _i	Q _i (L/s)	i	p _i
375	1	0.3%	352	1	0.3%
367	2	0.7%	326	2	0.7%
364	3	1.0%	322	3	1.0%
359	4	1.3%	319	4	1.4%
353	5	1.7%	316	5	1.7%
352	6	2.0%	312	6	2.1%
349	7	2.4%	309	7	2.8%
346	8	2.7%	309	8	2.8%
342	9	3.0%	308	9	3.1%
341	10	3.4%	307	10	3.8%
340	11	4.0%	307	11	3.8%
340	12	4.0%	304	12	4.2%
339	13	4.4%	303	13	4.5%
338	14	4.7%	301	14	4.9%
337	15	5.4%	300	15	5.2%
337	16	5.4%	296	16	5.6%
331	17	5.7%	293	17	5.9%
329	18	6.1%	292	18	6.3%
327	19	6.4%	290	19	6.6%
325	20	6.7%	288	20	7.0%
324	21	7.1%	286	21	7.3%
322	22	8.1%	284	22	7.7%
322	23	8.1%	283	23	8.4%
322	24	8.1%	283	24	8.4%
319	25	9.1%	281	25	8.7%
319	26	9.1%	280	26	9.4%
319	27	9.1%	280	27	9.4%
316	28	10.1%	279	28	9.8%
316	29	10.1%	278	29	10.1%
316	30	10.1%	276	30	10.5%
315	31	10.4%	275	31	11.2%
313	32	10.8%	275	32	11.2%
312	33	11.1%	273	33	11.9%
311	34	11.4%	273	34	11.9%
310	35	12.1%	270	35	12.2%
310	36	12.1%	269	36	13.6%
306	37	13.1%	269	37	13.6%
306	38	13.1%	269	38	13.6%

306	39	13.1%	269	39	13.6%
305	40	14.1%	268	40	14.0%
305	41	14.1%	267	41	14.7%
305	42	14.1%	267	42	14.7%
303	43	15.5%	266	43	15.4%
303	44	15.5%	266	44	15.4%
303	45	15.5%	265	45	15.7%
303	46	15.5%	264	46	16.4%
302	47	15.8%	264	47	16.4%
301	48	16.2%	263	48	17.5%
301	49	17.8%	263	49	17.5%
301	50	17.8%	263	50	17.5%
301	51	17.8%	262	51	18.2%
301	52	17.8%	262	52	18.2%
301	53	17.8%	260	53	18.5%
300	54	19.9%	259	54	19.9%
300	55	19.9%	259	55	19.9%
300	56	19.9%	259	56	19.9%
300	57	19.9%	259	57	19.9%
300	58	19.9%	258	58	21.7%
300	59	19.9%	258	59	21.7%
299	60	20.2%	258	60	21.7%
298	61	20.5%	258	61	21.7%
297	62	21.9%	258	62	21.7%
297	63	21.9%	257	63	22.4%
297	64	21.9%	257	64	22.4%
297	65	21.9%	256	65	22.7%
296	66	22.2%	255	66	23.4%
295	67	23.6%	255	67	23.4%
295	68	23.6%	254	68	24.5%
295	69	23.6%	254	69	24.5%
295	70	23.6%	254	70	24.5%
294	71	23.9%	252	71	25.5%
293	72	24.6%	252	72	25.5%
293	73	24.6%	252	73	25.5%
291	74	26.3%	249	74	26.6%
291	75	26.3%	249	75	26.6%
291	76	26.3%	249	76	26.6%
291	77	26.3%	248	77	26.9%
291	78	26.3%	247	78	29.4%
290	79	26.6%	247	79	29.4%
289	80	26.9%	247	80	29.4%
288	81	27.3%	247	81	29.4%
287	82	29.0%	247	82	29.4%

287	83	29.0%	247	83	29.4%
287	84	29.0%	247	84	29.4%
287	85	29.0%	246	85	30.1%
287	86	29.0%	246	86	30.1%
286	87	29.6%	244	87	30.8%
286	88	29.6%	244	88	30.8%
285	89	30.3%	243	89	32.2%
285	90	30.3%	243	90	32.2%
284	91	31.3%	243	91	32.2%
284	92	31.3%	243	92	32.2%
284	93	31.3%	242	93	33.9%
283	94	32.3%	242	94	33.9%
283	95	32.3%	242	95	33.9%
283	96	32.3%	242	96	33.9%
282	97	33.3%	242	97	33.9%
282	98	33.3%	241	98	35.3%
282	99	33.3%	241	99	35.3%
281	100	35.4%	241	100	35.3%
281	101	35.4%	241	101	35.3%
281	102	35.4%	240	102	35.7%
281	103	35.4%	239	103	36.7%
281	104	35.4%	239	104	36.7%
281	105	35.4%	239	105	36.7%
280	106	36.0%	238	106	37.8%
280	107	36.0%	238	107	37.8%
279	108	36.4%	238	108	37.8%
278	109	37.4%	237	109	38.5%
278	110	37.4%	237	110	38.5%
278	111	37.4%	236	111	38.8%
276	112	38.0%	235	112	39.9%
276	113	38.0%	235	113	39.9%
275	114	38.7%	235	114	39.9%
275	115	38.7%	234	115	40.2%
274	116	40.1%	232	116	40.9%
274	117	40.1%	232	117	40.9%
274	118	40.1%	231	118	42.3%
274	119	40.1%	231	119	42.3%
273	120	41.4%	231	120	42.3%
273	121	41.4%	231	121	42.3%
273	122	41.4%	230	122	43.4%
273	123	41.4%	230	123	43.4%
272	124	42.4%	230	124	43.4%
272	125	42.4%	229	125	43.7%
272	126	42.4%	228	126	44.1%

271	127	42.8%	226	127	44.4%
270	128	43.8%	225	128	45.1%
270	129	43.8%	225	129	45.1%
270	130	43.8%	224	130	45.8%
268	131	45.1%	224	131	45.8%
268	132	45.1%	222	132	46.5%
268	133	45.1%	222	133	46.5%
268	134	45.1%	221	134	47.9%
267	135	45.5%	221	135	47.9%
266	136	46.1%	221	136	47.9%
266	137	46.1%	221	137	47.9%
265	138	46.8%	220	138	48.6%
265	139	46.8%	220	139	48.6%
264	140	47.5%	219	140	49.3%
264	141	47.5%	219	141	49.3%
263	142	48.1%	218	142	49.7%
263	143	48.1%	216	143	50.3%
262	144	49.2%	216	144	50.3%
262	145	49.2%	215	145	52.1%
262	146	49.2%	215	146	52.1%
261	147	49.8%	215	147	52.1%
261	148	49.8%	215	148	52.1%
260	149	50.2%	215	149	52.1%
257	150	51.2%	214	150	52.8%
257	151	51.2%	214	151	52.8%
257	152	51.2%	213	152	53.8%
256	153	51.5%	213	153	53.8%
255	154	51.9%	213	154	53.8%
254	155	52.5%	212	155	54.5%
254	156	52.5%	212	156	54.5%
253	157	52.9%	210	157	55.2%
252	158	53.2%	210	158	55.2%
250	159	53.5%	209	159	56.3%
249	160	53.9%	209	160	56.3%
248	161	54.2%	209	161	56.3%
247	162	55.6%	208	162	57.0%
247	163	55.6%	208	163	57.0%
247	164	55.6%	207	164	57.3%
247	165	55.6%	206	165	58.0%
246	166	55.9%	206	166	58.0%
245	167	56.9%	204	167	58.4%
245	168	56.9%	203	168	59.4%
245	169	56.9%	203	169	59.4%
244	170	57.2%	203	170	59.4%

243	171	57.6%	202	171	59.8%
242	172	58.6%	201	172	60.1%
242	173	58.6%	200	173	60.8%
242	174	58.6%	200	174	60.8%
241	175	59.9%	199	175	61.2%
241	176	59.9%	198	176	62.6%
241	177	59.9%	198	177	62.6%
241	178	59.9%	198	178	62.6%
240	179	61.3%	198	179	62.6%
240	180	61.3%	197	180	63.3%
240	181	61.3%	197	181	63.3%
240	182	61.3%	196	182	64.3%
239	183	62.0%	196	183	64.3%
239	184	62.0%	196	184	64.3%
238	185	63.0%	195	185	65.4%
238	186	63.0%	195	186	65.4%
238	187	63.0%	195	187	65.4%
236	188	63.6%	194	188	66.1%
236	189	63.6%	194	189	66.1%
235	190	65.0%	193	190	67.8%
235	191	65.0%	193	191	67.8%
235	192	65.0%	193	192	67.8%
235	193	65.0%	193	193	67.8%
234	194	66.0%	193	194	67.8%
234	195	66.0%	191	195	68.5%
234	196	66.0%	191	196	68.5%
233	197	67.3%	190	197	68.9%
233	198	67.3%	189	198	69.6%
233	199	67.3%	189	199	69.6%
233	200	67.3%	188	200	70.3%
232	201	68.0%	188	201	70.3%
232	202	68.0%	186	202	71.3%
230	203	69.7%	186	203	71.3%
230	204	69.7%	186	204	71.3%
230	205	69.7%	185	205	72.0%
230	206	69.7%	185	206	72.0%
230	207	69.7%	184	207	73.4%
229	208	70.0%	184	208	73.4%
228	209	70.4%	184	209	73.4%
226	210	70.7%	184	210	73.4%
225	211	71.7%	183	211	73.8%
225	212	71.7%	182	212	74.1%
225	213	71.7%	181	213	74.5%
224	214	72.1%	180	214	75.2%

222	215	72.7%	180	215	75.2%
222	216	72.7%	179	216	75.5%
221	217	73.7%	178	217	75.9%
221	218	73.7%	175	218	76.2%
221	219	73.7%	174	219	77.3%
220	220	74.1%	174	220	77.3%
219	221	74.4%	174	221	77.3%
218	222	75.1%	173	222	78.0%
218	223	75.1%	173	223	78.0%
217	224	75.8%	170	224	78.7%
217	225	75.8%	170	225	78.7%
215	226	76.1%	168	226	79.0%
214	227	76.4%	167	227	79.4%
213	228	77.4%	166	228	80.4%
213	229	77.4%	166	229	80.4%
213	230	77.4%	166	230	80.4%
212	231	77.8%	165	231	80.8%
210	232	78.1%	164	232	81.5%
208	233	79.1%	164	233	81.5%
208	234	79.1%	163	234	82.9%
208	235	79.1%	163	235	82.9%
207	236	79.5%	163	236	82.9%
206	237	80.1%	163	237	82.9%
206	238	80.1%	162	238	83.9%
205	239	80.5%	162	239	83.9%
203	240	81.5%	162	240	83.9%
203	241	81.5%	161	241	85.0%
203	242	81.5%	161	242	85.0%
202	243	82.2%	161	243	85.0%
202	244	82.2%	160	244	85.7%
201	245	82.5%	160	245	85.7%
198	246	82.8%	159	246	86.7%
197	247	83.5%	159	247	86.7%
197	248	83.5%	159	248	86.7%
196	249	83.8%	157	249	87.1%
195	250	84.5%	156	250	87.8%
195	251	84.5%	156	251	87.8%
194	252	84.8%	153	252	88.1%
193	253	85.5%	152	253	88.8%
193	254	85.5%	152	254	88.8%
188	255	85.9%	149	255	89.9%
187	256	86.5%	149	256	89.9%
187	257	86.5%	149	257	89.9%
186	258	87.2%	148	258	90.2%

186	259	87.2%	146	259	90.9%
185	260	87.5%	146	260	90.9%
184	261	88.9%	145	261	91.3%
184	262	88.9%	144	262	91.6%
184	263	88.9%	134	263	92.0%
184	264	88.9%	132	264	92.3%
182	265	89.2%	130	265	92.7%
181	266	89.6%	127	266	93.0%
180	267	89.9%	125	267	93.4%
177	268	90.2%	116	268	93.7%
174	269	90.6%	112	269	94.1%
173	270	91.2%	110	270	94.4%
173	271	91.2%	109	271	95.1%
168	272	91.6%	109	272	95.1%
167	273	92.3%	101	273	95.5%
167	274	92.3%	94	274	95.8%
164	275	92.6%	90	275	96.2%
162	276	92.9%	88	276	96.5%
159	277	93.3%	81	277	96.9%
158	278	93.6%	74	278	97.2%
157	279	93.9%	65	279	97.6%
155	280	94.3%	64	280	97.9%
149	281	94.6%	63	281	98.3%
144	282	94.9%	58	282	98.6%
131	283	95.3%	55	283	99.0%
125	284	95.6%	47	284	99.3%
124	285	96.0%	45	285	99.7%
105	286	96.6%			
105	287	96.6%			
101	288	97.3%			
101	289	97.3%			
94	290	97.6%			
85	291	98.0%			
84	292	98.3%			
77	293	98.7%			
75	294	99.0%			
62	295	99.3%			
55	296	99.7%			

Anexo 6

Para el cálculo de esta turbina se emplearán las ecuaciones expuestas por Segura (2016)

La siguiente figura se toma como referente para realizar el diseño de la turbina basada en el tornillo de Arquímedes.

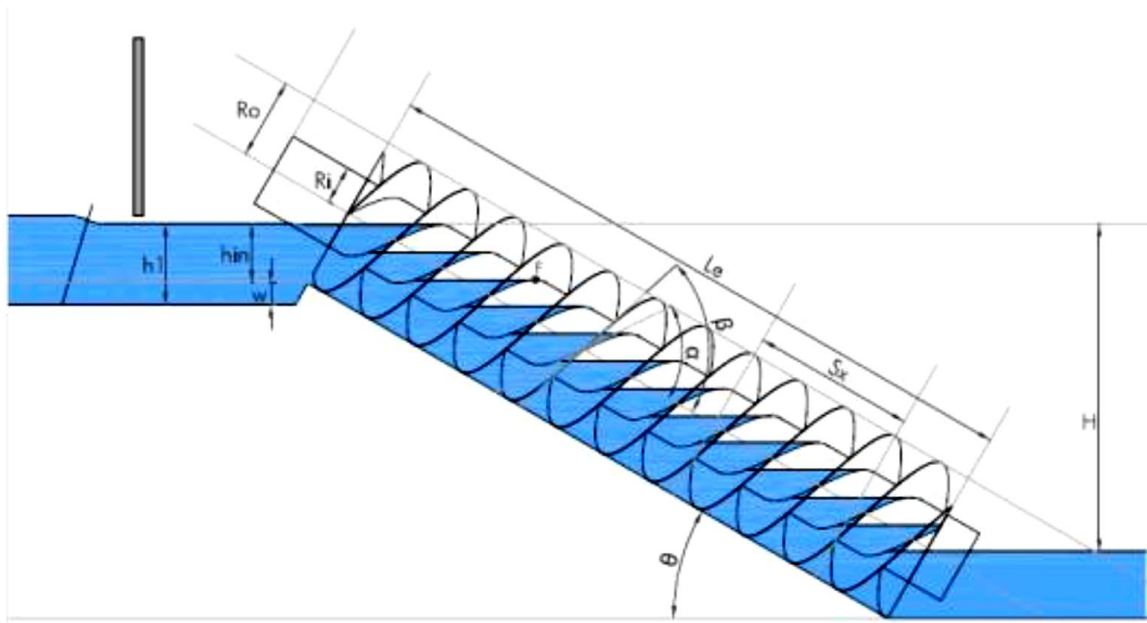


Figura A5. Esquema de la geometría de álabes de tornillo de Arquímedes

Condiciones iniciales:

Caudal disponible $Q = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$

Altura $H = 1.52 \text{ m}$

Potencia disponible $P_0 = \gamma \cdot H \cdot Q$

$$P_0 = 9.81 \cdot 1.52 \cdot 0.200 = 2.98 \text{ kW}$$

Número de filetes helicoidales $N = 3$

Ángulo de inclinación de turbina $\theta = 30^\circ$

Caudal útil y caudal de pérdidas

Ratio de caudal útil $q_0 = 0.94 \rightarrow$ Caudal útil $Q_0 = 0.188 \text{ m}^3/\text{s}$

Ratio de pérdidas $q_p = 0.06 \rightarrow$ Caudal perdido $Q_p = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$

Diámetro exterior y velocidad de rotación (cálculo mediante proceso iterativo)

Diámetro exterior $D_0 = 0.980 \text{ m}$

Velocidad de rotación máxima $n_{\text{máx}} = \frac{50}{D_0^{2/3}} = 50.68 \text{ rpm}$

Ratio de diámetros $\rho = 0.5357$ (para $N = 3$)

Ratio de paso $Pr = 1.01$

Avance del tornillo $S = Pr \cdot D_0 = 1.01 \cdot 0.98 \text{ m} = 0.990 \text{ m}$

Ratio de avance $\lambda = \frac{S \cdot \tan \theta}{2\pi \cdot R_0} = 0.1856$

Volumen por ratio de giro $\lambda v = 0.0576$

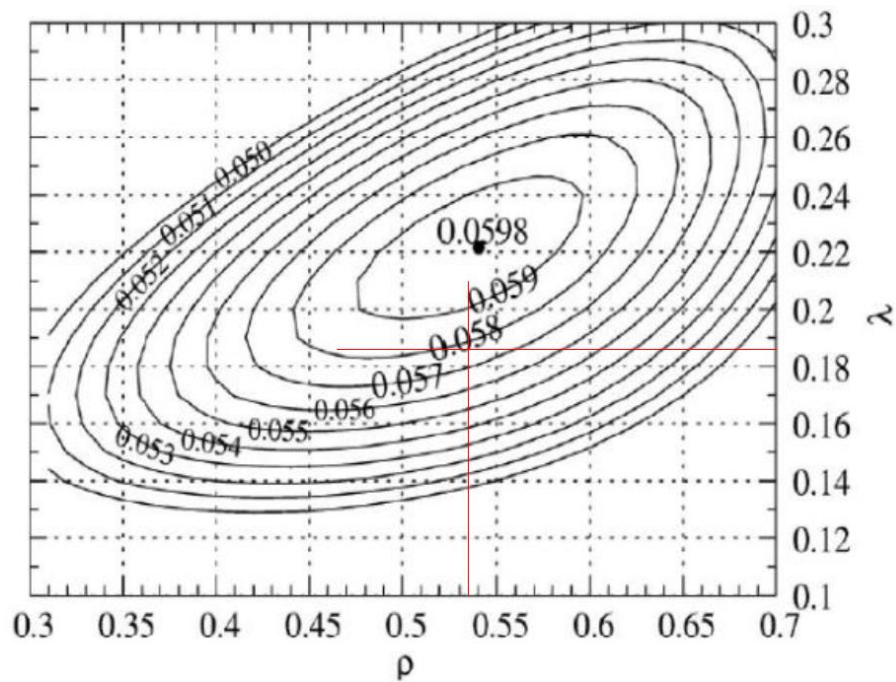


Figura A6. Relación entre el ratio de avance, el ratio de diámetros y el volumen por ratio de giro.

Velocidad de rotación $n = \frac{Q_0 \cdot 60 \cdot \tan \theta}{2\pi^2 \cdot R_0^3 \cdot \lambda v} = 48.69 \text{ rpm}$

Diámetro interior $D_i = \rho \cdot D_0 = 0.525 \text{ m}$

Se verifica que $n < n_{\text{máx}}$

Otras características geométricas

De $S = \frac{\pi D_0}{\tan \beta} = \frac{\pi D_i}{\tan \alpha}$

Ángulo de fillos interiores $\alpha = 59.03^\circ$

Ángulo de fillos exteriores $\beta = 72.18^\circ$

Longitud total del tornillo $L = H \csc \theta = 3.04 \text{ m}$

Distancia entre palas $S_x = S/N = 0.330 \text{ m}$

Número de palas $K = L/S_x = 9.2 \text{ m}$

Ratio de volumen total

Volumen de agua en un ciclo $V_u = Q_0 \cdot \frac{60}{n} = 0.232 \text{ m}^3$

Ratio adimensional de volumen $v_u = \frac{V_u}{\pi \cdot S \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2} = 0.310$

Velocidad axial de transporte $C_{ax} = \frac{S \cdot n}{60} = 0.803 \text{ m/s}$

Ratio de volumen total $v_T = v_u + \frac{Q_0}{\pi \cdot \left(\frac{D_0}{2}\right)^2 \cdot C_{ax}} = 0.562$

Altura adimensional

De la figura A7

Altura adimensional $\kappa = 1.5$

Ángulo de nivel de agua exterior $\alpha_8 = 2 \cdot \arcsin(1 - \kappa) = 243^\circ$

Ángulo de nivel de agua interior $\alpha_9 = 2 \cdot \arcsin[(1 - \kappa)/\rho] = 332^\circ$

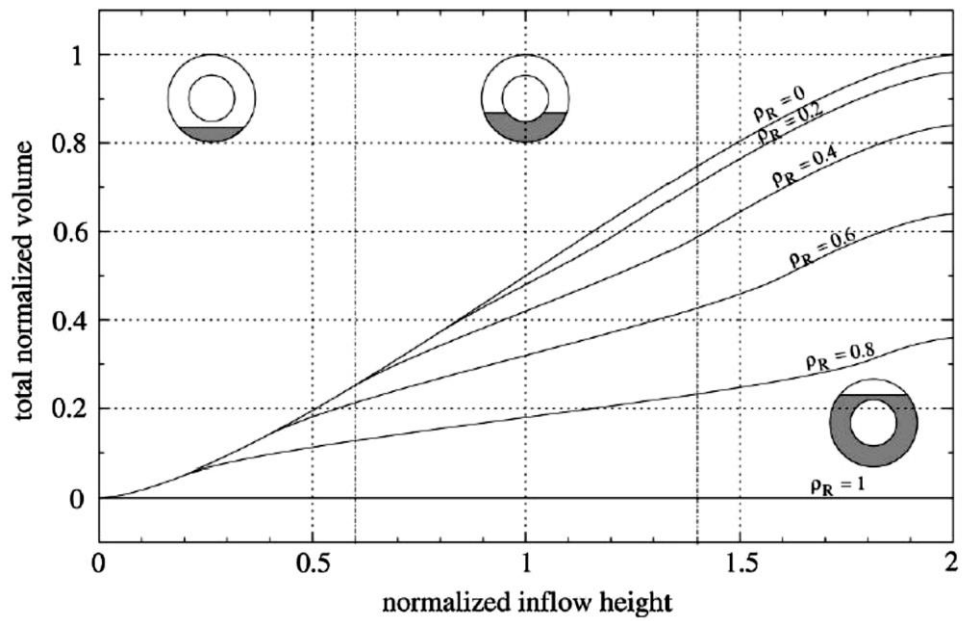


Figura A7. Relación entre altura adimensional, ratio de volumen total y ratio de diámetros.

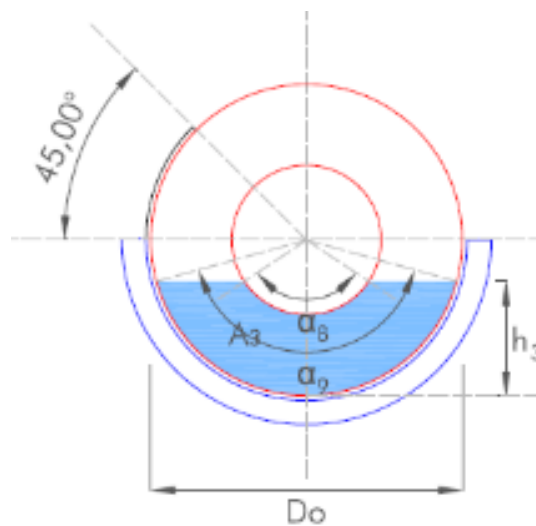


Figura A8. Ángulos del nivel del agua

Rendimiento de la turbina

- Altura simplificada $h_3 = \kappa \cdot R_0 = 0.745 \text{ m}$
- Parámetro $\Delta d = S_x \cdot \tan\theta = 0.190 \text{ m}$
- Parámetro $d_0 = h_3 - \Delta d = 0.554 \text{ m}$
- Parámetro $n = d_0/\Delta d = 2.91$

Rendimiento teórico $\eta_{\text{teo}} = (2n + 1)/(2n + 2) = 0.872$

Rendimiento total de turbina $\eta = (1 - q_p) \cdot \eta_{\text{teo}} = 0.820$

Potencia útil de la turbina

$P = \eta \cdot P_0 = 2.44 \text{ kW}$



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los siete días del mes de diciembre del año dos mil veintidós, siendo las once horas de la mañana, se reunieron en el aula E3 de la Escuela Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 526-2022-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. JOSÉ LUIS CASTILLO VENTURA** : **PRESIDENTE**
- **Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES** : **SECRETARIO**
- **Dr. DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO** : **INTEGRANTE**

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: **“ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD”** elaborado por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **PABLO CESAR OLIVA VILCHEZ**, con código de matrícula N° 0201611028, teniendo como asesor al docente **Dr. DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO**, según Resolución Decanal N° 742-2021-UNS-FI, de fecha 14.12.21.

Terminada la sustentación del Bachiller, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con el artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, declara:

BACHILLER	PROMEDIO	PONDERACIÓN
PABLO CESAR OLIVA VILCHEZ		

Siendo las doce horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

Mg. José Luis Castillo Ventura
PRESIDENTE

Mg. Amancio Ramiro Rojas Flores
SECRETARIO

Dr. Denis Javier Arangurí Cayetano
INTEGRANTE



Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería en Energía

Informe del Asesor Informe de Tesis para obtener el título profesional

- 1) Apellidos/Nombres: Oliva Vilchez Pablo Cesar

- 2) Título de la Tesis: Estudio del aprovechamiento del recurso hídrico para generar energía eléctrica de baja potencia en el distrito de Guadalupe – La Libertad.

- 3) Evaluación del Contenido: La presente tesis para título reúne las condiciones metodológicas de la investigación científica y está en conformidad con los Artículos N° 39 y 40 del Reglamento General de Grados y Títulos vigente de la Universidad Nacional del Santa, concluyéndose que el tesista ha elaborado el presente informe dentro de las líneas de investigación que promueve la E.P.I.E

- 4) Observaciones: Ninguna

- 5) Certificación de Aprobación: En calidad de asesor certifico la aprobación de la tesis para título.

Fecha: Nuevo Chimbote, octubre del 2022.

Ing. Denis Arangurí Cayetano
Asesor



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, Pablo Cesar Oliva Vilchez, Bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería en Energía					
Departamento Académico:						
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		
Programa:						
De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación es un trabajo inédito , intitulado:						
"ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO - LA LIBERTAD"						
presentado en 160 folios, para la obtención del Grado académico:						()
Título profesional:	(X)	Investigación anual:			()	
<ul style="list-style-type: none">➤ He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.➤ Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.➤ Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.➤ De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.						
Nuevo Chimbote, octubre de 2022						
Firma:						
Nombres y Apellidos: Pablo Cesar Oliva Vilchez						
DNI: 73487081						



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO

asesor del trabajo de investigación de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento Académico	Energía, Física y Mecánica					
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

“ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA DE BAJA POTENCIA EN EL DISTRITO DE GUADALUPITO – LA LIBERTAD”

Del estudiante / docente: PABLO CESAR OLIVA VILCHEZ

De la escuela / departamento académico: Ingeniería en Energía

Constato que la investigación presentada por el bachiller es un trabajo propio, el cual se trabajó en conjunto con mi persona asesorando en las observaciones que se obtuvieron durante su proceso. Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicha tesis y concluyo que lo presentado a la escuela de Ingeniería en Energía no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, de octubre del 2022

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor: DENIS JAVIER ARANGURÍ CAYETANO

DNI: 42009679