



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICO
ELECTRICISTA**

**Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una
turbina de Arquímedes**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR:

Barreto Gómez César Augusto (orcid.org/0000-0002-4396-1886)
Ramos Pereda Juan Andrés (orcid.org/0000-0001-9836-7318)

ASESOR:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios

Gracias por darnos la vida, sabiduría y fortaleza para realizar nuestras actividades y seguir con nuestras metas, que sea su amor nuestro sostén diario en nuestra gran travesía universitaria.

A nuestra familia

Dedicamos este proyecto a nuestras familias que siempre nos brindaron su apoyo incondicional, moral y espiritual para llegar a nuestros objetivos, siendo los pilares de nuestras vidas y el motor que nos impulsa a mejorar y encaminar nuestras metas.

Han sido nuestras fortalezas, aportado grandes cosas a nuestras vidas y nos han ayudado a enfrentarla con la entereza y amor que nos caracteriza, gracias por ser parte de este gran logro que nos llena de orgullo y satisfacción estando tan cerca de culminar nuestra más grande meta.

A nuestro docente

A nuestro doctor asesor del curso por habernos guiado en este ciclo, brindando sus conocimientos y experiencia, para formar buenos profesionales demostrando la calidad de persona que es; pero sobre todo por la paciencia en la elaboración de esta investigación.

Agradecimiento

El agradecimiento a mi querida Universidad "Cesar Vallejo" por ser nuestra casa de estudios en estos años de aprendizaje, acogernos para ser de nosotros grandes profesionales con metas a futuro.

A nuestro docente Dr. Luján López, Jorge Eduardo, por su esfuerzo y dedicación en la formación de buenos profesionales.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Variables y operacionalización	20
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	21
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN	50
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS.....	59
ANEXOS	65

Índice de tablas

Tabla 1. Valores de λ_e en la ecuación 3	9
Tabla 2. Valores de φ aplicables a la ecuación 6 para entradas de arista viva	10
Tabla 3: Tabla de ubicaciones del centroide y área, según el porcentaje de llenado	14
Tabla 4: Valores de Torque en función del ángulo de inclinación.....	17
Tabla 5. Técnicas e instrumentos	21
Tabla 6: Parámetros necesarios para el diseño de un Tornillo de Arquímedes	22
Tabla 7. Valores promedios de θ , α N, utilizados para el diseño de Tornillo de Arquímedes.....	23
Tabla 8: Lista de exigencias del diseño	24
Tabla 9. Matriz morfológica de las posibles soluciones.	27
Tabla 10. Evaluación Técnica del Proyecto	29
Tabla 11. Evaluación Económica del Proyecto	29
Tabla 12. Valores obtenidos del criterio técnico y económico.....	30
Tabla 13. Valores de los parámetros de diseño.....	31
Tabla 14: Parámetros de salida del diseño paramétrico del Tornillo de Arquímedes.	31
Tabla 15. Valores asumidos para el diseño preliminar del árbol.....	32
Tabla 16: Fuerzas y cargas a lo largo del tornillo	32
Tabla 17: Reacciones en los soportes del Tornillo de Arquímedes.	33
Tabla 18: Parámetros para determinar las fuerzas y momentos en la sección crítica del eje hueco.	34
Tabla 19: Fuerzas y momentos en la sección crítica del eje hueco.	34
Tabla 20: Fuerzas y momentos en la sección crítica del eje sólido.....	35
Tabla 21. Características del rodamiento SKF 2320.....	37
Tabla 22: Valores de entrada y de salida de la caja multiplicadora	38
Tabla 23: Parámetros del motor de inducción seleccionado.....	39
Tabla 24: Presupuesto de componentes y materiales del tornillo de Arquímedes.....	41
Tabla 25. Evaluación de Potencia Generada en función del ángulo de inclinación ..	42
Tabla 26: Resultados deseados o goals de la simulación DFC del Tornillo de Arquímedes.	45

Tabla 27: Resultados comparativos, analíticos vs simulación de la potencia generada	46
Tabla 28: Evaluación de la Eficiencia en función del ángulo de inclinación.....	47
Tabla 29: Resultados deseados o goals de la simulación DFC del Tornillo de Arquímedes para un ángulo de 25°.....	48
Tabla 30: Resultados comparativos, analíticos vs simulación de la eficiencia.....	49
Tabla 31: Coeficientes de correlación obtenidos mediante Ms. Excel	50

Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Diagrama de variables de un vertedero de pared gruesa.	8
Figura 2: Modelo de turbina tipo tornillo de Arquímedes	10
Figura 3: Esquema del tornillo de Arquímedes.....	11
Figura 4: Ángulos de inclinación del tornillo	12
Figura 5: Desarrollo de una hélice.....	12
Figura 6: Vista frontal del tornillo. Superficie de contacto del agua	13
Figura 7: Triangulo de fuerzas presentes en el tornillo de Arquímedes.....	15
Figura 8. Proceso Generalizado de Desarrollo y Diseño VDI 2221.	18
Figura 9: Esquema Black Box del sistema técnico.	25
Figura 10. Estructura de funciones.....	26
Figura 11. Diagrama de evaluación de soluciones según VDI 2221.	30
Figura 12: Diagrama de fuerzas cortantes - plano XY.....	33
Figura 13: Diagrama de momento flector-plano XY	33
Figura 14: Diagrama de fuerza cortante-plano XZ	34
Figura 15: Diagrama de momento flector- plano XZ.....	34
Figura 16. Evaluación de la Potencia generada en función del ángulo de inclinación.	43
Figura 17. Campo de presiones del Tornillo de Arquímedes.....	44
Figura 18: Campo de velocidades y líneas de flujo en el Tornillo de Arquímedes. .	44
Figura 19: Trayectoria del flujo en el tornillo de Arquímedes.....	44
Figura 20: Evaluación de la eficiencia en función del ángulo de inclinación.....	47
Figura 21: Resultados comparativos de los coeficientes de correlación analíticos y simulación	49
Figura 22: a) Toma de data del vertedero y b) Representación del vertedero de pared gruesa	74

Resumen

La presente investigación buscó evaluar la Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes. Para esto se consideró un enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y con diseño experimental. Se utilizó el cuestionario para recopilar la información respectiva de los pobladores de la localidad. Los resultados de la investigación mostraron que los parámetros de diseño cualitativos a partir de los cuales se inicia el desarrollo paramétrico de un tornillo de Arquímedes son: caudal (Q), salto hidráulico (H), ángulo de inclinación (θ), número de hilos (N), densidad del agua (ρ), gravedad (g) y ángulo exterior de las hélices (α). Así mismo, para complementar el análisis realizado de los parámetros necesarios para el diseño se empleó la norma VDI 2221. Por otro lado, se determinó que el presupuesto asciende a o 4000 USD. Por otro lado, respecto a la generación de potencia eléctrica mediante las simulaciones DFC se obtuvieron resultados diferidos con los teóricos de alrededor 1%. Por último, el coeficiente de correlación encontrado en el análisis estadístico de los valores teóricos y DFC calculados mostraron que del tipo fuerte y positiva >0.96 , evidenciando una tendencia lineal entre la variable independiente con la dependiente, esto referido al análisis teórico y de simulación DFC realizados en nuestro proyecto de investigación. Se concluyó que el ángulo de inclinación influye de manera directamente proporcional en la eficiencia de un tornillo de Arquímedes.

Palabras claves: Tornillo de Arquímedes, ángulo de inclinación, eficiencia, potencia.

Abstract

The present investigation sought to evaluate the influence of the angle of inclination on the performance of an Archimedean turbine. For this, a quantitative approach was considered, of an applied type and with an experimental design. The questionnaire was used to collect the respective information from the inhabitants of the locality. The results of the research show that the qualitative design parameters from which the parametric development of an Archimedean screw begins are: flow rate (Q), hydraulic jump (H), angle of inclination (θ), number of threads (N), density of water (ρ), gravity (g) and exterior angle of the helices (α). Likewise, to complement the analysis of the parameters necessary for the design, the VDI 2221 standard was used. On the other hand, it was determined that the budget amounts to 4,000 USD. On the other hand, regarding the generation of electrical power through the DFC simulations, deferred results were obtained with the theoretical ones of around 1%. Finally, the correlation coefficient found in the statistical analysis of the theoretical values and calculated DFC showed that of the strong and positive type >0.96 , evidencing a linear trend between the independent and dependent variables, this referred to the theoretical and simulation analysis DFC made in our research project. It was concluded that the angle of inclination has a directly proportional influence on the efficiency of an Archimedean screw.

Keywords: Archimedean screw, angle of inclination, efficiency, power.

I. INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica por medio de recursos naturales en los últimos años de investigación se ha incrementado, no tan alejados podemos notar que el 60% de energía eléctrica consumida en Canadá fue producto de sus centrales hidroeléctrica (Guo et al. 2020).

En este sentido, las turbinas con potencial hidroeléctrico son aquellas que cuentan con una eficiencia del 80%; en inclinaciones bajas de aproximadamente 25 a 30 grados, según su geometría mayor a 30° de inclinación son consideradas menos eficientes, debido a la pérdida de energía, fuga y al flujo de vórtice burbujeante (Mansour y El Nagggar 2021). En una escala real, el diseño de turbinas para pequeñas inclinaciones da como resultado tornillos largos que causan problemas de flexión, limitaciones de carga y altas pérdidas por fricción. Por otro lado, las turbinas también funcionan completamente de forma horizontal o contando con pequeñas inclinaciones, donde exista una velocidad significativa de agua que fluye libremente, especialmente en los ríos y/o canales de riego (Guo et al. 2020).

La generación de energía limpia en Perú, es considerada una de las mejores en LATAM porque cuenta con una generación del 50%, todo ello producto del aprovechamiento de las reservas de masa de aguas a pequeñas y grandes escalas, por ello autoridades pertinentes del MINEN, admitieron que para el 2030-2035, la energía limpia producida en el Perú sea al menos el 20% de su total. Por otro lado, consideramos que solo se está utilizando muy poco porcentaje del recurso hídrico que dispone el Perú ya que posee alrededor de un potencial de 80×10^3 MW, de lo cual solo se aprovecha 4×10^3 MW. Esto, finalmente parece contrario a lo que se espera y estima el MINEN, con el proyecto a largo plazo de incrementar el flujo de energía limpia en el Perú. (OSINERGMIN, 2020).

En vista que, actualmente aún existen viviendas que no cuentan con suministro eléctrico, resulta necesario dar a conocer estudios sobre este tipo de diseño mecánico del tornillo de Arquímedes, el cual genera energía usando un recurso natural (agua) proveniente de los riachuelos, reservorios, canales de riego, contando con un mecanismo de bajo costo tanto en su diseño como en su implementación. (Kuriqi et al. 2021)

A saber, que el 92.8% de población peruana cuenta con energía pública, esto según los datos del 2019, por otro lado, la población restante, el 7.2% no se abastece con este servicio, esto equivale alrededor de 2 millones de peruanos, que persisten con el uso cotidiano de luz procedente de velas, etc. Es menester que el MINEN tome cartas en el asunto y se involucre por el bienestar social de todos los peruanos, de esta forma muchos peruanos mejorarán su calidad de vida, entre otras cosas más. (INEI, 2020).

No obstante, la mayoría de estudios sobre la Turbina de Arquímedes se centran principalmente en lo experimental, especialmente en el uso a pequeña escala. Con el estudio de Dellinger CFD (Computacional Fluid Dynamics), en el cual se garantiza una simulación confiable con validación a través de modelos experimentales, haciendo posible simular grandes modelos de turbina a escala real, utilizando las instalaciones informáticas adecuadas. (Lyons et al. 2020).

En consecuencia, al no realizarse este estudio se cortará una brecha a nuevos conocimientos acerca de la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes, asimismo los beneficios de su implementación, el cual cuenta con estándares óptimos de diseño según las condiciones de uso, para determinar la relación entre el proceso de conversión de energía, la geometría de la turbina y la eficiencia mecánica (Dedić-Jandrek y Nižetić 2019),

En la actualidad existen viviendas donde existe escasez de energía eléctrica uno de los casos en la cual se realizará este proyecto, está situado en la ciudad de Julcán, en el asentamiento humano Campo bello; donde recae en aquellas viviendas aledañas la falta de energía eléctrica, así mismo cuentan con canales de riego la cual pasan por estas viviendas para alimentar las cosechas de los moradores, que como consecuencia no tienen energía eléctrica para una mejor calidad de vida, en esto nos enfocamos para proponer este diseño e implementación del equipo, el cual mediante el uso de la energía renovable se brindará seguridad y bienestar a los habitantes.

Después de revisar las diferentes investigaciones y tomando en cuenta la problemática actual se plantea como pregunta principal ¿Cuál es la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales?, asimismo de manera más específica se plantea

¿Cuáles son los parámetros de diseño de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales?, ¿Cuál es la configuración de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales?, ¿Cómo evaluar los parámetros operativos de la turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica?, ¿Cuál es el presupuesto para la fabricación e implementación de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales?

Mediante esta investigación se pretende incentivar el uso del tornillo de Arquímedes para la obtención de energía eléctrica, que promueva nuevas tecnologías, de tal manera que permita abastecer la necesidad energética en las zonas rurales, utilizando los recursos naturales que tienen a su alcance, sin alteración alguna en beneficio de la naturaleza y de los seres vivos.

Por lo tanto, la investigación tiene como objetivo general; evaluar la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. Así mismo contiene objetivos específicos los cuales son aquellos hallazgos que se tienen que lograr; determinar los parámetros de diseño cualitativos de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales; diseñar una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales; elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales y evaluar la influencia del ángulo de inclinación en la generación potencia eléctrica

En base a lo anteriormente expuesto, se consideró como hipótesis que el ángulo de inclinación influye de manera directamente proporcional en el rendimiento de la turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales.

II. MARCO TEÓRICO

Lucio, D. (2019) en su proyecto de investigación, buscó diseñar y construir una mini turbina de Arquímedes para ser instalada en canales abiertos y generar energía. Para esto aplico, metodología de diseño basado en la norma VDI 2221, obteniendo como resultados el establecimiento de un modelo matemático para el cálculo de tornillos de Arquímedes, siguiendo esa secuencia en su apartado de diseño paramétrico concluye que los parámetros principales a tomar en cuenta en el diseño tienen que ver en gran medida con longitudes, y configuraciones geométricas del tornillo, así como consideraciones de flujo. Como conclusión este proyecto diseño y fabrico un tornillo de Arquímedes de 380 Watts de potencia eléctrica con una eficiencia de 80%.

Cruz, J. (2018) en su proyecto de investigación, buscó diseñar y construir una Tornillo de Arquímedes para la generación de energía eléctrica capaz de implementarse en un canal de regadío con un caudal de agua de 2 m³ /s y un salto de 2 m. Para ello se empleó la norma VDI 2221, obteniendo, como resultado, la black box, estructura de funciones, matriz morfológica, evaluación técnica económica, a través de la cual se seleccionó la configuración y componentes a utilizar en el proceso de fabricación. Como resultado de esta tesis, se obtuvo información que demuestra técnicamente la viabilidad del uso de un Tornillo de Arquímedes para aprovechar fuentes hídricas de baja escala. Bajo las condiciones del caso de estudio se ha obtenido una potencia de 26 kW y eficiencia total del sistema de 76%.

Simmons et al. (2021) analizó la obtención de energía eléctrica de tres generadores de tornillo Arquímedes a escala de experimentación. Se experimentó a distintos ángulos de inclinación convenientes a sus longitudes con el fin de amparar una cabeza estable para cada tornillo. Se empleó la experimentación para formar una visión originaria de la influencia del ángulo de inclinación en la elaboración de energía. A continuación, se enfrentaron las ficciones dispuestas de fluidos computacionales con los datos empíricos y se valoró su exactitud. Se halló que el modelo era admisible y luego se usó para ensanchar el conjunto de datos a un sistémico de siete ángulos de corriente en el rango de $\beta = 10$ y 40 grados. La investigación concluyo que, los tornillos de Arquímedes con ángulos de inclinación

menor producían más potencia. Finalmente, recomiendan que el ángulo de inclinación ideal para un tornillo de Arquímedes debe oscilar entre 20 y 25 grados según esta experiencia a grado de laboratorio.

Simmons y Lubitz (2021) en su investigación sobre los tornillos de Arquímedes en la antigüedad, mencionan que se han empleado como succionadores de diferentes materiales, y que actualmente se han puesto en funcionamiento en micro centrales hidroeléctricas como una tecnología ecológicamente favorable, con el mínimo daño ambiental, permitiendo el paso indudable de flora y fauna acuática a través de sus cuchillas de giro pausado y muy ralas durante la maniobra. Los generadores (ASG) maniobran con eficacia de río a cable de alrededor de 75%, con costos de implementación y mantenimiento comparativamente bajos en cotejo con otras tecnologías hidroeléctricas del mismo nivel. Los ASG son respectivamente sencillos y beneficiosos de elaborar, lo suficientemente simples como para fabricarlos en el siglo VII. Utiliza técnicas modernas de elaboración por la chapa para mejorar el refinado de fabricación de ASG. La literatura domina diferentes modelos paramétricos, anunciando la potencia de salida, y simulaciones numéricas más recientes, el conocimiento derivado de estas investigaciones ha llevado a los intelectuales a insinuar diseños más avanzados del tornillo de Arquímedes.

Dellinger et al., (2019) al respecto de la simulación dinámica (CFD) de un Arquímedes tornillo generador (ASG) logró a través de ensayos a escala de laboratorio, establecer el resultado del ángulo de inclinación y número de cuchillas, para generar la mayor cantidad de energía. Se halló una buena determinación entre el modelo y ensayo; el modelo CFD tenía fallas determinantes para la eficiencia hidráulica menor del 2% en casos imponderables, por ángulos de corriente entre 10 y 38 grados. Subsiguientemente se utilizó CFD para aparentar el resultado de tres números distintos de cuchillas (3, 4 y 5) de un ASG con habitual diseño paramétrico. Se determinó que el daño causado por fugas por desborde y espacio se incrementan con inclinaciones más grandes; estas pérdidas redujeron con el aumento de más cuchillas. Para esta forma particular de ASG, los tornillos de 4 y 5 palas mantuvieron su eficiencia en ángulos de inclinación entre 20 y 24,5 grados. La 3 pala del tornillo determinó que tenía su eficiencia más alta en ángulos de inclinación más bajos, con la investigación

de simulación se determinó que el ángulo de 15,5 grados es el más apropiado.

Siswantara et al., (2019) mencionan que la turbina Arquímedes es apropiada para trabajar en circunstancias de baja altura (< 5 m) y en una extensa gama de situaciones de descarga. Sin embargo, una de las dificultades en el desarrollo de las turbinas de Arquímedes; es la determinación del ángulo de inclinación (α) debido a que diferentes estudios han obtenido distintas consecuencias. El vigente artículo investigó el resultado del ángulo (α) en beneficio de una turbina de Arquímedes mediante un procedimiento empírico. El procedimiento empírico fue designado para establecer la fuerza de salida y para analizar el fenómeno de las mermas por fugas de desbordamiento en el sumario de conversión de energía. El ensayo se efectuó con una liberación de 0.00106 m³/s, un ángulo α entre 36° y 44°, y tres cargas desiguales. Según las desviaciones del ensayo, el ángulo (α) más alto produjo mayor potencia, pero menos eficacia de la turbina; esto se debió a que acrecentó el importe de la cabeza positiva, lo que también aumentó la fortaleza útil. Esto manifestó que el ángulo (α) no interviene mucho en el aumento de energía procesada. Además, se halló que la crecida origina mermas cuando acrecienta el ángulo (α), lo cual era errónea porque existía más influenciada por el importe de la carga que por el importe del ángulo (α). Por lo tanto, el ángulo (α) no inquieta en gran medida el beneficio de la turbina.

Shahverdi et al., (2021) comentaron sobre las turbinas de tornillo de Arquímedes (AST, por sus siglas en inglés) y mencionan que éstas pueden generar electricidad a partir de la energía hidráulica en zonas con altura, baja o casi nula. En este concepto, el beneficio de los AST se analiza utilizando la dinámica de fluidos computacional (CFD) para evaluar las revoluciones de giro del tornillo, caudales volumétricos y ángulo de inclinación. El patrón numérico se hace vigente con datos empíricos y demuestra la consecuencia calculada obtenida con los 5 millones de celdas de malla las cuales llevan a una confusión relativa del 0,69 % para un caudal volumétrico de 1,13 l/s, una prontitud de giro de 10 rad/s y un ángulo de 24.9°.

En este contexto, Khan et al., (2019) mencionaron que la turbina de Arquímedes (AST) también se emplea singularmente en centrales de energía fluvial de menor altura y gran velocidad. La magnitud de la fuerza de salida de AST depende mucho del lugar

de estudio. Entre estas medidas, el número de álabes es de gran importancia. Asimismo, no hay un modelo adecuado para el diseño perfecto del AST. Teniendo en cuenta esta dificultad, este trabajo de análisis muestra el estudio de dinámica de fluidos sobre un modelo 3-D de fingimiento numéricamente del flujo de agua en turbulencia regular en el camino de una turbina de tornillo de Arquímedes. Empleando el código de fluidos en ANSYS se estudió el beneficio de los índices bajo un número determinado de álabes. Se analizan diseños múltiples para los antecedentes de un determinado lugar y las consecuencias se manifiestan en cláusulas de torsión, potencia mecanismo y eficacia. Se crea y analiza un nuevo modelo metódico y se establecen todas las variables de salida para conseguir la máxima fuerza de salida.

Siswantara et al., (2018) en Indonesia, 2.519 pueblos no cuentan con electricidad. Debido a que su sitio es de dificultoso camino. El uso de la energía hidroeléctrica a pequeña escala, empleando la turbina de Arquímedes de modelo pico hidro, es una excelente alternativa de solución ante la necesidad de estos pueblos. La turbina Arquímedes trabaja en situaciones de cabeza baja con un extenso rango de liberación de agua. La finalidad de este artículo es establecer el valor del ángulo de aplazado crítico (α) que origina la fuga de desbordamiento y estudiar el efecto del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes. Este artículo está estructurado de una metodología crítica, seguida de un ensayo. Las consecuencias de ambas metodologías revelan discrepancias reveladoras. El cálculo metódico anunció que la fuga de desbordamiento disminuirá la eficacia de la turbina.

Sin embargo, el ensayo halló que la fuga de desbordamiento no reduce elocuentemente la eficacia de la turbina. Este resultado demuestra que los efectos conocidos del fenómeno de fuga por desbordamiento explicados en la sistemática analítica de este artículo son erróneos. Además, este efecto apunta que no es forzoso determinar el importe crítico para prevenir la fuga por desbordamiento.

Para Sari et al. (2021) respecto a la electricidad, comentaron que es muy importante para el desarrollo económico de un país, así mismo, mejora la calidad de vida de las comunidades rurales. En este sentido, la turbina de tornillo de Arquímedes tipo pico hidro (AST) es considerada una planta de energía autónoma adecuada para zonas o áreas rurales. Las provechoso del AST es el cuidado por la vida acuática, la

eficacia alta y firme (eficacia eléctrica del 30 % al 49 %) y la posibilidad de trabajar en situaciones de corriente de río. Sin embargo, aunque esta técnica se ha aprendido desde hace dos décadas, aún no hay una hipótesis que exponga la analogía entre la energía de conversión, la geometría de los tornillos y la eficacia. Por lo tanto, el progreso del tornillo de Arquímedes se concentra en la transformación de energía del agua en energía eléctrica considerada como una planta central hidroeléctrica amigable con el medio ambiente.

De esta manera, para el avance de nuestra investigación y llegar a determinar la influencia de ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes, resulta conveniente analizar los diversos aspectos teóricos que se detallan en el siguiente apartado.

Para la determinación del caudal utilizaremos el modelo matemático propuesto en la tesis de Cruz. J (2018), D. Lucio (2019), entre otros como: el cual está basado en la bibliografía de G. Sotelo (1959), expresa la relación matemática para la determinación del caudal de un vertedero de pared gruesa, el cual se muestra a continuación:

Vertederos de pared gruesa:

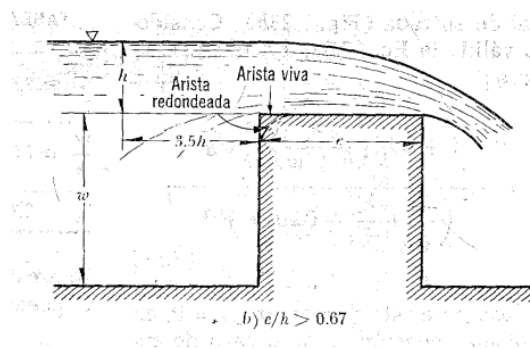


Figura 1: Diagrama de variables de un vertedero de pared gruesa.

En este tipo de vertederos, se determinó que el caudal viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{\frac{3}{2}} \dots (1)$$

- h: es la cresta de agua
- ε_1 : coeficiente de reducción de carga

- C: coeficiente de gasto
- b: ancho del vertedero

$$\varepsilon_1 = 0.7 + \frac{0.185}{\frac{e}{h}} \dots (2)$$

Nota: válida para relaciones con un valor hasta de $0.67 < \frac{e}{h} \leq 3$

Coeficiente de gasto:

$$C = \frac{\left[1 + 0.26 \left(\frac{h}{h+w}\right)^2\right] \sqrt{g}}{\left(\frac{3}{2} + \frac{\lambda_e}{2} + 0.004n\right)^{3/2}} \dots (3)$$

- λ_e : factor de fricción
- w: profundidad de agua

La tabla que se muestra a continuación es una de las generalmente usadas para determinar sus valores:

Tabla 1. Valores de λ_e en la ecuación 3

$\frac{w}{y_c} \geq 3.5$	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.25
$\frac{w}{h} \geq 3.5$	1.78	1.48	1.19	0.91	0.67	0.314	0.162
λ_e	0.328	0.315	0.282	0.240	0.188	0.110	0.056

Fuente: J. Cruz (2018)

Por otro lado, n representa la relación

$$n = \frac{e}{y_c} \dots (4)$$

donde y_c es el llamado tirante crítico que se presenta sobre la cresta y se calcula de la ecuación:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} \dots (5)$$

Observe que para calcular y_c se requiere conocer previamente el gasto vertido y ello da lugar a un procedimiento de iteración, el cual se puede simplificar notablemente si se utilizan las siguientes relaciones,

Haciendo

$$h = \varphi y_c \dots (6)$$

Tabla 2. Valores de φ aplicables a la ecuación 6 para entradas de arista viva.

$\frac{h}{h+w}$	0.33	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
φ	1.71	1.68	1.65	1.62	1.60	1.56	1.53	1.52

Fuente: J. Cruz (2018)

Despejando el tirante crítico en la ecuación 6, tenemos:

$$y_c = \frac{h}{\varphi} \dots (7)$$

- φ : coeficiente de arista viva

Por otro lado, Lucio (2019), menciona que los parámetros para el análisis de la turbina o tornillo de Arquímedes se deben considerar los siguientes parámetros:

- Diámetro del eje del tornillo
- Caudal disponible en la instalación donde se colocará el tornillo
- La altura del salto
- El ángulo de inclinación del tornillo
- Longitud del tornillo
- El radio exterior del tornillo
- El ángulo de inclinación de las hélices.

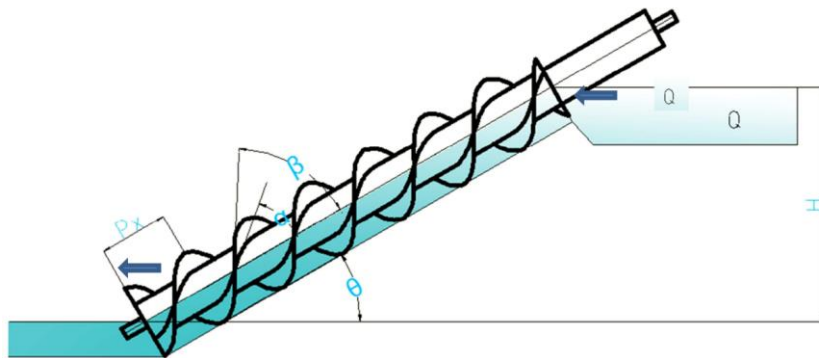


Figura 2: Modelo de turbina tipo tornillo de Arquímedes

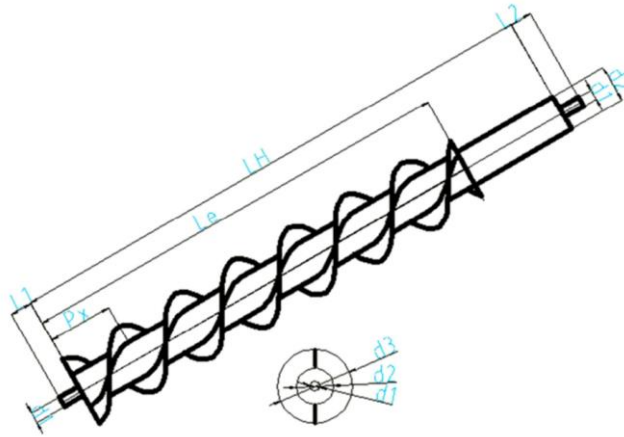


Figura 3: Esquema del tornillo de Arquímedes

Simbología:

- β : Ángulo de inclinación interior de la hélice.
- α : Ángulo de inclinación exterior de la hélice.
- θ : Ángulo de inclinación del tornillo
- Q: Caudal.
- $d1$: Diámetro del eje sólido
- $L1$: Longitud del eje sólido inferior.
- Px : Paso del tornillo.
- Le : Longitud de la hélice.
- LH : Longitud del eje hueco.
- $d2$: Diámetro del eje hueco
- $d3$: Diámetro del exterior del tornillo
- H: Altura del salto.
- R: Radio exterior del tornillo.
- r: Radio del eje hueco
- N: Número de hilos.
- Pot: Potencia

Tomando en consideración:

La siguiente figura, donde L_e es la parte del eje, θ presentado anteriormente el ángulo de inclinación del tornillo y H el sato total de agua

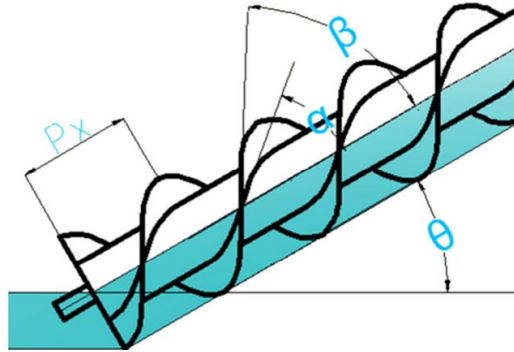


Figura 4: Ángulos de inclinación del tornillo

Por otro lado, considerando el desarrollo de una hélice, para el cálculo del ángulo de inclinación del tornillo y el paso.

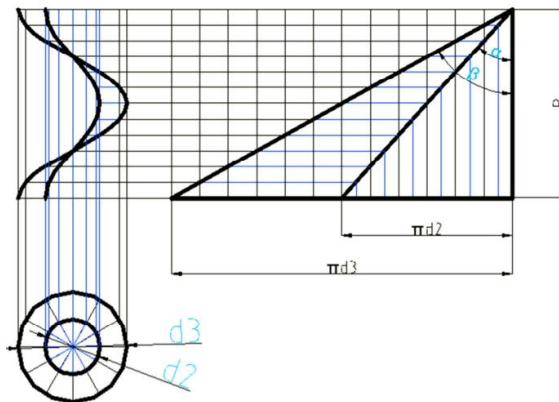


Figura 5: Desarrollo de una hélice.

Formulas a utilizar en el proceso de cálculo:

Avance del tornillo

$$P = P_X * N \dots (8)$$

$$K = \frac{L_e}{P_X} \dots (9)$$

- k: Número de pasos en la longitud del tornillo.
- N: Número de hilos del tornillo.

Longitud de la hélice de tornillo (L_e)

$$L_e = \frac{H}{\text{sen}\theta} \dots (10)$$

Diámetro del eje hueco

$$d_2 = P * \text{tg}\alpha * \frac{1}{\pi} \dots (11)$$

Diámetro del exterior del tornillo

$$d_3 = P * \text{tg}\beta * \frac{1}{\pi} \dots (12)$$

La potencia del tornillo de Arquímedes viene dada por:

$$Pot = \rho * g * H * Q \dots (13)$$

Se considera que el tornillo es cubierto por el agua hasta la mitad de su diámetro exterior y se toma en consideración que en y_c es un máximo, donde se da el máximo torque, teniendo:

$$\frac{d}{D} = 0.5 \dots (14)$$

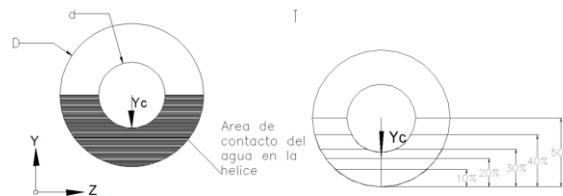


Figura 6: Vista frontal del tornillo. Superficie de contacto del agua

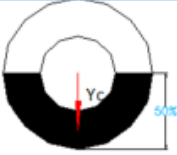
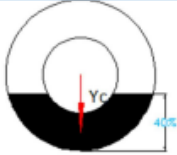
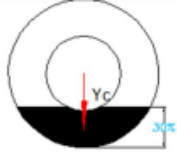
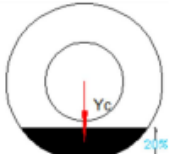
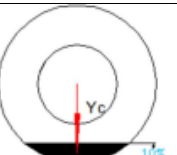
Área frontal del tornillo es:

$$r = \frac{R}{2} \dots (15)$$

$$A = \frac{3}{4} \pi R^2 \dots (16)$$

Cálculos establecidos para el centroide:

Tabla 3: Tabla de ubicaciones del centroide y área, según el porcentaje de llenado

Área de contacto	Área	Porcentaje	Y_c
	$A = \frac{3}{8} \pi R^2$	50%	$Y_c = 0.4951R$
	$A = \frac{3}{10} \pi R^2$	40%	$Y_c = 0.6037R$
	$A = \frac{9}{40} \pi R^2$	30%	$Y_c = 0.6907R$
	$A = \frac{3}{20} \pi R^2$	20%	$Y_c = 0.7544R$
	$A = \frac{3}{40} \pi R^2$	10%	$Y_c = 0.8471R$

Fuente: D. Lucio (2019)

Por otro lado, Kozyn, A & Lubitz, W (2017), menciona que el análisis para determinar la potencia, se determinará considerando la siguiente imagen.

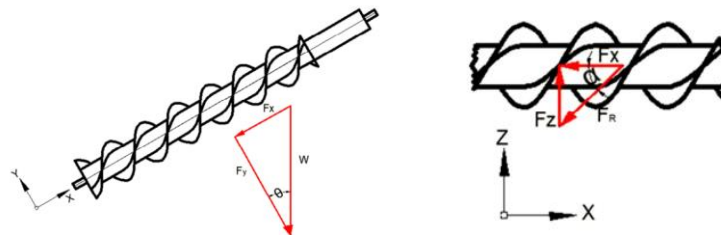


Figura 7: Triangulo de fuerzas presentes en el tornillo de Arquímedes

Donde

- F_x : Fuerza de empuje que provoca el agua en la dirección del plano "X" o axial al tornillo
- F_z : Fuerza que provoca el agua en la dirección del plano "Z" o tangencial al tornillo
- F_R : Fuerza de empuje provoca el agua tangencial a la hélice
- F_y : Fuerza que provoca el agua sobre la carcasa o fuerza en dirección "Y" o radial al tornillo
- W: Fuerza del agua en dirección vertical. (Peso del agua)
- A: Área de contacto del agua.
- ω : Velocidad angular.

Por lo tanto:

$$F_x = \rho * g * P_x * A * \text{sen}\theta \dots (17)$$

$$F_z = \rho * g * P_x * A * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha \dots (18)$$

Finalmente

$$T = F_z * y_c * \frac{L_e}{P_x} = \rho * g * P_x * A * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha * y_c * \frac{L_e}{P_x}$$

$$T = \rho * g * L_e * A * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha * y_c \dots (19)$$

Velocidad de giro del tornillo:

$$\omega = \frac{Q * \text{tg}\alpha}{A * y_c} \dots (20)$$

Potencia:

$$P = T * \omega$$

$$P = \rho * g * L_e * A * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha * y_c * \frac{Q * \text{tg}\alpha}{A * y_c}$$

$$P = \rho * g * L_e * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha * Q * \text{tg}\alpha$$

Recordando:

$$\text{sen}\theta = \frac{H}{L_e}$$

$$\text{Pot}_{teorica} = \rho * g * Q * H * (\text{tg}(\alpha))^2 \dots (21)$$

Potencia máxima:

$$P_{max} = \rho * g * Q * H \dots (22)$$

Eficiencia:

$$\eta = \frac{Pot_{teorica}}{P_{max}} \dots (23)$$

$$\eta = (\text{tg}(\alpha))^2 \dots (24)$$

Como se pudo evidenciar, existe una relación directamente proporcional, entre la eficiencia de la turbina o tornillo de Arquímedes y el ángulo interior de las hélices “ α ”. Pero debemos tener en consideración que el valor de dicha eficiencia tiende al infinito cuando el valor de α tiende a ser 90° , por lo que se determinó a partir de bibliografía revisada, en este sentido, Herrera (2018, p. 43), propuso un modelo para determinar la eficiencia de una turbina de Arquímedes, este modelo toma en consideración a dicha turbina como una máquina de generación de energía eléctrica. Por ello, la siguiente ecuación quedó adaptada a la presente tesis con la siguiente expresión:

$$\eta = \left(\frac{2N + 1}{2N + 2}\right) * \left(1 - \frac{0.01125 * D^2}{Q}\right) \dots (25)$$

Donde:

- N: número de hilos
- D: diámetro exterior de las hélices
- Q: caudal

Con esta fórmula determinaremos la potencia teórica en el eje de la turbina de Arquímedes.

$$P_{eje} = \eta * P_{teorica} \dots (26)$$

Por ello, como utilizaremos la máquina para generación de energía deberemos considerar, la pérdida en los sistemas de transmisión de movimiento y en el generador, lo cual resultó en la siguiente ecuación

$$P = P_{teorica} * \eta_m * \eta_G \dots (27)$$

Al respecto del ángulo de inclinación tenemos que, J. Cruz (2018), en su proyecto de tesis menciona que, para un mismo salto (H), la longitud del Tornillo de Arquímedes será menor y el torque por cada paso del Tornillo aumenta, A modo de ejemplo de la

variación de estos parámetros se muestra en la Tabla:

Tabla 4: Valores de Torque en función del ángulo de inclinación.

Ángulo de inclinación	Nombre	Variable	Valor	Unidades
20°	Longitud del tornillo	L_h	5.85	m
	Torsor para un paso	T_1	792.7	N * m
30°	Longitud del tornillo	L_h	4	M
	Torsor para un paso	T_1	1158.9	N * m

Fuente: J. Cruz (2018)

Por otro lado, Ewatarpower (s/f), menciona que el ángulo de inclinación de un tornillo de Arquímedes varía entre los valores comunes de 20°, 22°, 26° y 30°. Así mismo, referido al número de hilos del tornillo de Arquímedes por motivos constructivos se usan comúnmente 1, 2 y 3, siendo más complicada y compleja su fabricación a medida que aumentan, mencionando que el de 3 hilo tiene una eficiencia aproximada de 86%, pero con una complejidad de fabricación moderada.

Finalmente, D. Quintana (2019), recomendó utilizar un número de hilos bajo, debido a consideraciones de fabricación y experiencia profesional en el diseño y modelamiento de tornillos de Arquímedes de gran capacidad, oscilando estos valores entre 1 y 2 hilos.

Algunos autores como Shahverdi et al (2020), Shahidul et al (2018) y Schleicher et al (2018), dan consideraciones geométricas a tener en cuenta para el correcto dimensionamiento de un tornillo de Arquímedes basada en sus experiencias, son las siguientes:

$$L_H = L_e + \frac{L_e}{8} \dots (28)$$

Por otro lado, Hernández (2017), mencionó que todos los métodos de diseño incluyen cuatro aspectos primordiales, que pueden estar recolectadas o disgregadas dependiendo los criterios de los diversos autores, estos aspectos primordiales son:

- Comprensión de la tarea o solicitud
- Concepción de la solución ideal
- Elaboración del proyecto
- Elaboración de los detalles del proyecto

En tal sentido, bajo cualquier marco morfológico, se verá alguna de esas fases, pero en esta oportunidad, el proceso de desarrollo y diseño del tornillo de Arquímedes se

detallará según la norma VDI 2221, la cual se muestra en la siguiente figura:

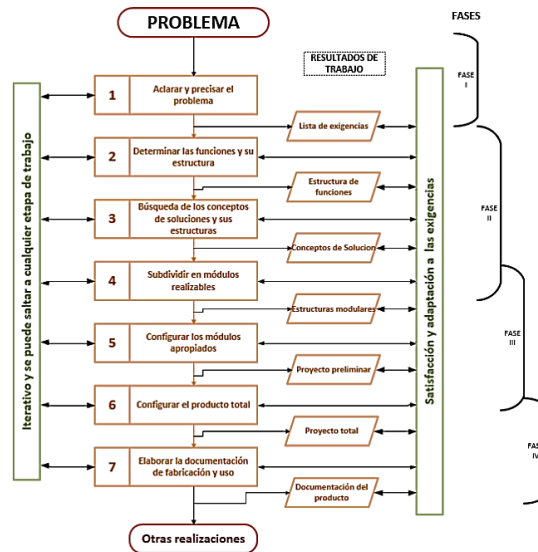


Figura 8. Proceso Generalizado de Desarrollo y Diseño VDI 2221.

Para verificar aspectos geométricos de nuestro tornillo de Arquímedes, se harán uso de los siguientes modelos matemáticos, propuestos por J. Cruz (2018), en el cual se establecen modelos para cálculos de la resistencia a la fluencia para un eje hueco y sólido.

Resistencia a la fluencia para un eje hueco:

Utilizaremos las siguientes formulas:

$$M_f = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} \dots (29)$$

$$V = \sqrt{V_y^2 + V_z^2} \dots (30)$$

Para un árbol hueco, se tiene que los valores de esfuerzo normal, torsión y flexión son los siguientes:

Esfuerzo normal

$$\sigma_n = \frac{4F}{\pi(d_2^2 - d_{2\text{int}}^2)} \dots (31)$$

Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = \frac{32 * M_f * d_2}{\pi(d_2^4 - d_{2int}^4)} \dots (32)$$

Esfuerzo de torsión

$$\tau_t = \frac{16 * M_t * d_2}{\pi(d_2^4 - d_{2int}^4)} \dots (33)$$

Utilizaremos el criterio de Von Misses para evaluar la falla o deformaciones plásticas del eje hueco y el tornillo de Arquímedes en general:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_n)^2 + 3(\tau_t^2 + \tau_c^2)} \leq \frac{\sigma_F}{FS} \dots (34)$$

Resistencia a la fluencia para un eje sólido:

Utilizaremos las siguientes fórmulas:

Esfuerzo normal

$$\sigma_n = \frac{4F}{\pi(d_1^2)} \dots (35)$$

Esfuerzo de flexión

$$\sigma_f = \frac{32 * M_f}{\pi(d_1^3)} \dots (36)$$

Esfuerzo de torsión

$$\tau_t = \frac{16 * M_t}{\pi(d_1^3)} \dots (37)$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau_t = \frac{4V}{\pi(d_1^3)} \dots (38)$$

Utilizaremos el criterio de Von Misses para evaluar la falla o deformaciones plásticas del eje hueco y el tornillo de Arquímedes en general:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_n)^2 + 3(\tau_t^2 + \tau_c^2)} \leq \frac{\sigma_F}{FS}$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Según el Reglamento RENACYT (2019), el presente trabajo de investigación es de tipo aplicada, porque se utilizó metodologías y conocimientos brindados por diversos investigadores referidos al diseño de grupos electrógenos de un caudal moderadamente bajo el cual está basado en el diseño paramétrico de un tornillo de Arquímedes que cumpla con las funciones y dimensiones del canal de regadío, considerando la generación eléctrica y lumínica dentro de una vivienda de la localidad. El nivel de investigación es explicativo ya que será indispensable en la toma de decisiones sobre las características y el tipo de material que será el adecuado, mediante estudios matemáticos.

Diseño de investigación

Tomando en consideración lo expuesto por Hernández (2018), referido al diseño de investigación, el presente trabajo fue de tipo Experimental, debido a que analizaremos la variable independiente “ángulo de inclinación” para analizar y verificar la variación en la variable dependiente “rendimiento”.

3.2. Variables y operacionalización

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 01.

Variable Independiente: Ángulo de inclinación

Es la inclinación que tiene el eje de la turbina de Arquímedes con respecto a una recta horizontal, desde el punto donde ingresa el fluido operante (Siswantara et al. 2019).

Variable dependiente: Rendimiento

El rendimiento se define como el coeficiente entre el trabajo útil que realiza la máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo entregado de cierta máquina J. Cruz (2018).

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

Para la presente investigación se consideró como población todas las viviendas rurales del Perú.

- **Criterios de inclusión:** Son las viviendas rurales con acceso a una canal de regadío y que tengan electrodomésticos básicos.
- **Criterios de exclusión:** Son las viviendas rurales que están alejadas del acceso público de agua y similares.

Muestra: La muestra estuvo conformada por las viviendas rurales de Julcán distrito de Campo Bello

Muestreo: Muestreo no probabilístico- por conveniencia

Unidad de análisis: Se considero a cada vivienda de la población de Julcán distrito de Campo Bello que cumpla con el criterio de inclusión y exclusión establecidos en la presente investigación

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos a emplear en la presente investigación se detallan en la siguiente tabla. Ver anexo 2

Tabla 5. *Técnicas e instrumentos*

Técnicas	Uso	Instrumentos
Encuesta	Recoger y verificar la casa que cuente con dichas condiciones	Cuestionario

3.5. Procedimientos

Se realizó un estudio sobre una vivienda con falta de energía eléctrica en la provincia de Julcán distrito de Campo Bello, donde tomamos una casa por conveniencia que cuente con dicho canal de riego, primero se realizó el cálculo hidráulico del canal, mediante el cual se determinará el caudal del canal de riego, con esto se procedió a llevar a cabo el diseño paramétrico de nuestro tornillo de Arquímedes. Finalmente, esto se llevó a un software CAD en el cual se modelará el equipo y se realizarán pruebas CFD para distintos ángulos de inclinación, y se medirá la influencia del Angulo de inclinación en el rendimiento de la turbina.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos recopilados de la presente investigación fueron almacenados, posteriormente se aplicaron técnicas estadísticas para finalmente realizar el cálculo matemático sobre el diseño e implementación, se hará uso de Microsoft Excel y Word

para detallar la propuesta en mención por los investigadores. A partir de este análisis se determinará la Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes

3.7. Aspectos éticos

Los autores del presente proyecto aceptan la responsabilidad de la transparencia de la presente investigación de tal modo que sea factible el empleo de los resultados obtenidos. Las normas consideradas para el formato, estructura, así como contenido, se tomó de la información de la guía de elaboración de trabajos de Investigación aceptado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad César Vallejo. En este contexto, se utilizó una adaptación de la norma internacional ISO 690 y 690-2 proporcionada para la presentación de tablas y figuras, así mismo, para preservar los derechos de autor se aplicó un adecuado uso de las citas de acuerdo a lo estipulado en la normativa. El contenido en prosa, fue parafraseado y fue puesto en evaluación haciendo uso de software antiplagio Turnitin lo cual puso en evidencia la propiedad intelectual durante el desarrollo de esta investigación.

IV. RESULTADOS

Con respecto al objetivo 1, determinar los parámetros de diseño cualitativos de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales, se encontró: Según Lucio (2019) & J. Cruz (2018), en sus proyectos detallan aspectos teóricos recopilados en esta tesis, finalmente los parámetros necesarios para el diseño de un tornillo de Arquímedes son los siguientes:

Tabla 6: *Parámetros necesarios para el diseño de un Tornillo de Arquímedes*

Parámetros	Simbología	Unidades
Caudal	Q	m ³ /s
Salto	H	m
Ángulo de inclinación	θ	°
Número de hilos	N	u
Densidad	ρ	kg/m ³
Gravedad	g	m/s ²
Ángulo exterior del helicoides	α	°

Interpretación:

En la tabla 6, se muestran los parámetros determinados para el diseño de una turbina de Arquímedes, solo representaron valores cualitativos, debido a que el cálculo respectivo de estos valores se consideró dentro del objetivo específico 2, puesto que, se empleó la metodología VDI 2221 para lograr un diseño óptimo de nuestro tornillo de Arquímedes.

Por otro lado, los valores a asumidos para nuestro diseño, θ , N y α fueron considerados de las fuentes bibliográficas analizadas, presentados en la siguiente tabla.

Tabla 7. Valores promedios de θ , α N , utilizados para el diseño de Tornillo de Arquímedes.

Parámetros	Simmos et al. (2021)	Dellinger et al., (2019)	J. Cruz (2018)	Ewatarpower (s/f)	D. Quintana (2019)
θ	20°-25°	20°-24.5°	20°-30°	22°-30°	30°
N	-	-	3	1-2	1
α	-	30-44	42°	-	40°

Nota: θ (ángulo de inclinación), N (número de hilos), α (ángulo de la hélice)

Interpretación:

En la tabla 7, se detallaron los ángulos de inclinación de tornillo recomendados, así como, el número de hilos a considerar para el proceso de cálculo, lo cual será de suma importancia en el diseño paramétrico de nuestra turbina, y se tendrá en consideración para el proceso de diseño mediante la norma VDI 2221.

Respecto al siguiente objetivo específico 2, diseñar una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. En tal sentido, se utilizó la Norma VDI 2221, para obtener una solución eficiente de nuestro Tornillo de Arquímedes.

LISTADO DE EXIGENCIAS

Como se vio en la introducción, se planteó la problemática a tratar, en este sentido, se elaboró la lista de exigencias, en ella se resumió las exigencias y deseos del cliente.

Tabla 8: Lista de exigencias del diseño

LISTA DE EXIGENCIAS		
PROYECTO	Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes	FECHA 17/09/22
CLIENTE	Universidad César Vallejo	ELABORADO
DESEO O EXIGENCIA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
	Función principal:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Generación de energía eléctrica para zonas rurales, por medio del caudal generado por un vertedero de pared gruesa de un canal hidráulico de regadío 	BGCA & RPJA
	Fuente de energía:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Fluido generador: agua Densidad: $997 \frac{kg}{m^3}$ Vertedero con longitudes de 1.32mx3.24mx25cm 	BGCA & RPJA
	Instalación:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Debe ser de una rápida ubicación en vertederos o canales hidráulicos, no requiriendo maquinaria especializada para su instalación y su puesta en marcha, pudiendo ser instalada hasta por dos personas como máximo. 	BGCA & RPJA
	Producción de energía:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Deberá operar producto de la energía hidráulica del vertedero, el cual deberá transformar la energía hidráulica en mecánica y posteriormente en energía eléctrica por medio de un generador. 	BGCA & RPJA
	Seguridad:	
E	<ul style="list-style-type: none"> El tornillo de Arquímedes deberá diseñarse considerando que no existan peligros para la persona que opere el equipo en mención 	BGCA & RPJA
	Fabricación y manufactura:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Deberá fabricarse en su totalidad con materiales comerciales y haciendo uso de la tecnología de los talleres nacionales. 	BGCA & RPJA
	Traslado:	
E	<ul style="list-style-type: none"> Debe ser sencillo de trasladar, considerando que deberá ser transportado por una camioneta, con un peso máximo de 	BGCA & RPJA

2000kg max.		
D	Costos: <ul style="list-style-type: none"> El costo de fabricación y montaje del tornillo de Arquímedes no debe exceder los 20000 nuevos soles. 	BGCA & RPJA
E	Mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> El tornillo de Arquímedes deberá tener un mantenimiento sencillo, realizado por una persona, así como, el fácil desmontaje de sus elementos como pueden ser rodamientos, cambio de hélices, mantenimiento del generador, etc. 	BGCA & RPJA
E	Ergonomía: <ul style="list-style-type: none"> Las dimensiones del tornillo deberán ser tales que pueda laborar con total normalidad y comodidad por parte del operador o técnico de mantenimiento. 	BGCA & RPJA

Nota: Exigencia (E), Deseo(D)

Interpretación:

En la tabla 8, se muestra la lista de exigencias del tornillo de Arquímedes a diseñar, los resultados muestran los aspectos característicos que deberá considerarse para el diseño del tornillo de Arquímedes, como, por ejemplo: se detallan los aspectos a considerar sobre la ergonomía, seguridad, fabricación, montaje, mantenimiento, costos, etc. Esto fue respaldado y revisado por el jefe de planta de la empresa donde laboramos (Ver anexo 3), el cual muestra experiencia en el montaje, fabricación de grupos hidro energéticos.

ESTRUCTURA DE FUNCIONES

Blackbox

El Blackbox del Tornillo de Arquímedes abarcó todos los aspectos concernientes a la entrada y salida del sistema sin la necesidad de profundizar en detalles. En la figura 12, se pudo observar las entradas y salidas delimitadas para el sistema T.A.

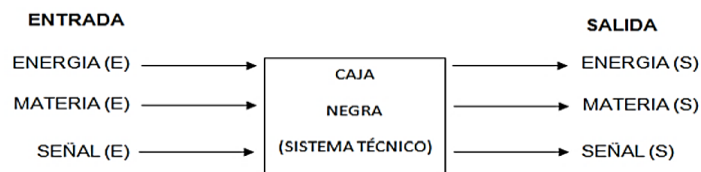


Figura 9: Esquema Black Box del sistema técnico.

- Entradas

Energía: Energía Hidráulica

Materia: Agua con una determinada velocidad

Señal: Visualizar la cresta de agua a la entrada

- Salidas

Energía: Energía eléctrica

Materia: Agua con baja velocidad

Señal: Visualizar la descarga de agua

Función Principal

El equipo tiene como función principal el aprovechamiento del agua de una canal de regadío para la generación de energía eléctrica para las zonas rurales aledañas a la instalación.

SECUENCIA DE OPERACIONES

- Ingreso del fluido operante a las hélices del tornillo de Arquímedes, produciendo energía cinética.
- La energía cinética de los alabes por transmisión genera en energía mecánica (Torque en el tornillo de Arquímedes) en el eje del tornillo
- La energía mecánica por conversión pasa al generador y este lo transforma en energía eléctrica.
- Finalmente se regula y se almacena en baterías.

ESTRUCTURA DE FUNCIONES

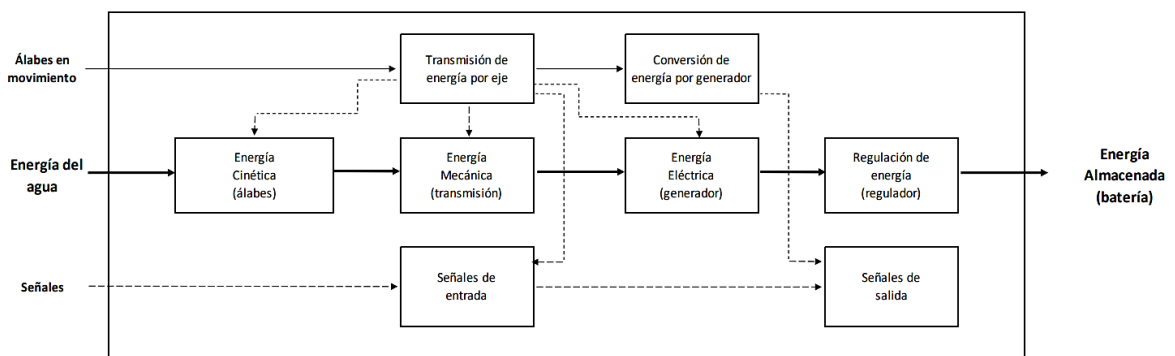
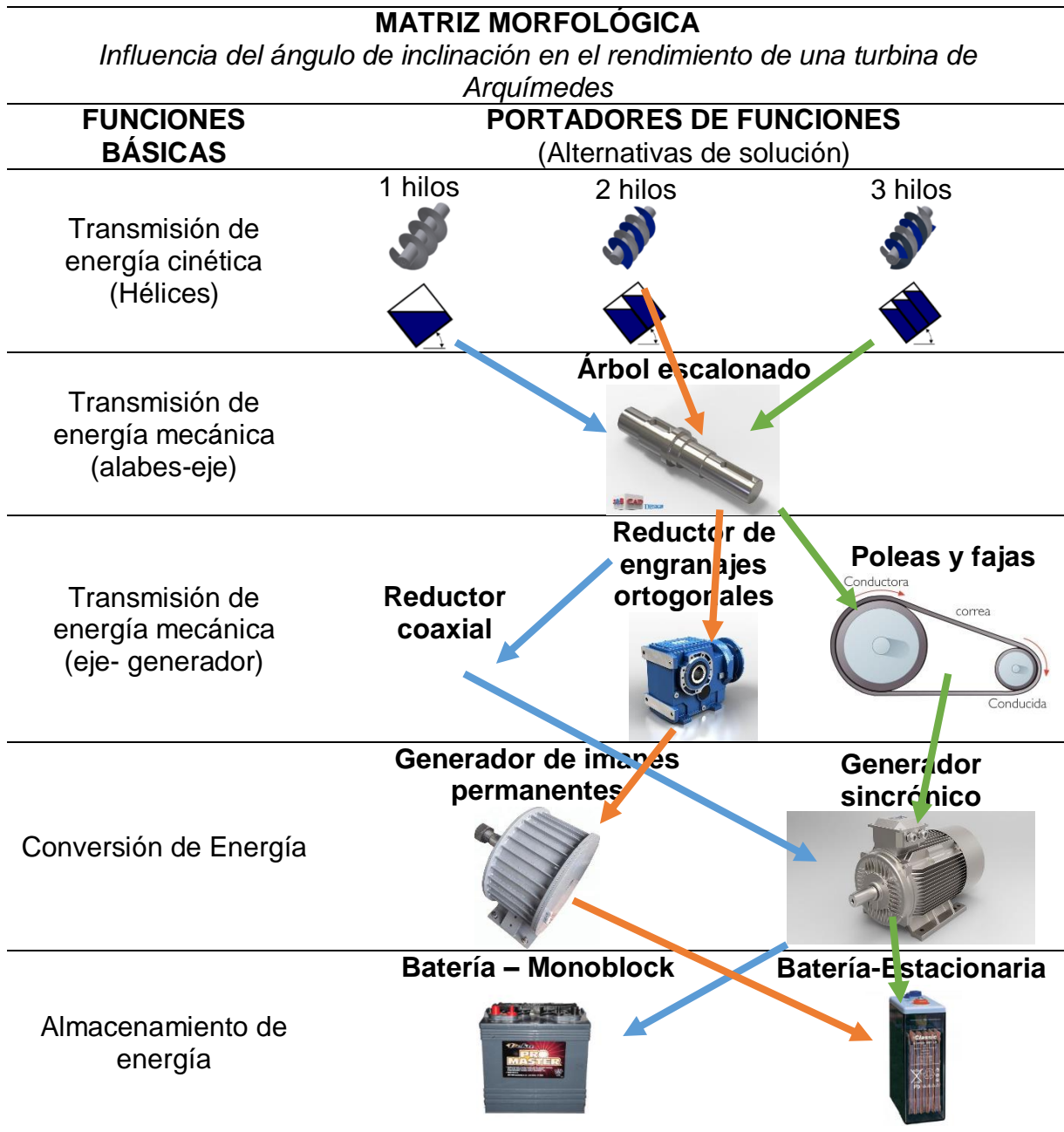


Figura 10. Estructura de funciones.

Fuente: Elaboración Propia

MATRIZ MORFOLOGICA

Tabla 9. Matriz morfológica de las posibles soluciones.



Fuente: Elaboración Propia

CONCEPTOS DE SOLUCIÓN

Los conceptos de solución fueron propuestas por los autores del presente proyecto de investigación y se basan en los resultados presentes en el objetivo 1, antecedentes y marco teórico, el cual se basa en los siguientes autores: J Cruz (2018), Simmos et al (2021), Ewatarpower (s/f) y D. Quintana (2019).

Solución N°1

Un tornillo de Arquímedes compuesto por solo un número de hilos igual a 1, los alabes transmiten el movimiento a un tubo compuesto por dos árboles escalonados en los apoyos, este por consiguiente transmite la potencia mecánica a una caja reductora coaxial, para posteriormente accionar el generador síncrono, y finalmente almacenarlo en baterías monoblock para su distribución.

Solución N°2

Un tornillo de Arquímedes compuesto por solo un número de hilos igual a 2, los alabes transmiten el movimiento a un tubo compuesto por dos árboles escalonados en los apoyos, este por consiguiente transmite la potencia mecánica a una caja reductora de engranes ortogonales, para posteriormente accionar el generador de imanes permanentes, y finalmente almacenarlo en baterías estacionarias para su distribución.

Solución N°3

Un tornillo de Arquímedes compuesto por solo un número de hilos igual a 3, los alabes transmiten el movimiento a un tubo compuesto por dos árboles escalonados en los apoyos, este por consiguiente transmite la potencia mecánica a una serie de poleas y fajas, para posteriormente accionar el generador síncrono, y finalmente almacenarlo en baterías estacionarias para su distribución.

EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

En este apartado, se tomaron los resultados mencionados anteriormente, así mismo, esto fue respaldado y revisado por el jefe de planta de la empresa donde laboramos (Ver anexo 3), el cual muestra experiencia en el montaje, fabricación de grupos hidro energéticos, con esto, se realizó una comparación entre nuestras soluciones, y ayudarán a determinar el diseño óptimo de nuestro proyecto.

Tabla 10. Evaluación Técnica del Proyecto

EVALUACION DE PROYECTOS: VALOR TÉCNICO									
Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes									
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de Valores según VDI 2221).									
0: No satisface 1: Poco satisfactorio 2. Suficiente 3. Bueno 4. Óptimo									
g: Peso ponderado en función a los criterios de evaluación.									
Variantes de Concepto / Proyectos		SOLUCIÓN 1		SOLUCIÓN 2		SOLUCIÓN 3		SOLUCIÓN IDEAL	
Criterio de análisis	g %	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
Función	20	2	0.40	3	0.60	4	0.80	4	0.80
Mantenimiento	20	4	0.80	3	0.60	2	0.40	4	0.80
Fabricación	30	4	1.2	3	0.9	2	0.40	4	1.20
Montaje	20	4	0.80	3	0.60	3	0.60	4	0.80
Seguridad	10	4	0.40	4	0.40	4	0.40	4	0.40
Totales	-	-	3.6	-	3.1	-	2.40	-	4
Valor técnico X_i	-	-	0.85	-	0.775	-	0.60	-	-

Tabla 11. Evaluación Económica del Proyecto

EVALUACION DE PROYECTOS: VALOR ECÓNOMICO									
Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes									
p: Puntaje de 0 a 4 (Escala de Valores según VDI 2221).									
0: No satisface 1: Poco satisfactorio 2. Suficiente 3. Bueno 4. Óptimo									
g: Peso ponderado en función a los criterios de evaluación.									
Variantes de Concepto / Proyectos		SOLUCIÓN 1		SOLUCIÓN 2		SOLUCIÓN 1		SOLUCIÓN IDEAL	
Criterio de análisis	g %	p	g*p	p	g*p	p	g*p	p	g*p
Componentes (Costo)	30	4	1.2	3	0.90	3	0.90	4	1.2
Mantenimiento (Costo)	30	4	1.2	3	0.90	3	0.90	4	1.2
Instalación (Costo)	20	3	0.60	3	0.60	3	0.60	4	0.80
Material (Costo)	20	4	0.80	3	0.60	2	0.40	4	0.80
Totales	-	-	3.8	-	3	-	2.8	-	4
Valor técnico Y_i	-	-	0.95	-	0.75	-	0.7	-	-

A partir de la tabla 10 y 11 obtuvimos valores de evaluación, los cuales fueron tabulados de la siguiente forma:

Tabla 12. Valores obtenidos del criterio técnico y económico.

X_i	Y_i
0.85	0.95
0.775	0.75
0.60	0.7

Nota: X_i Valores técnicos, valores económicos Y_i

El diagrama obtenido mediante el análisis anterior es el siguiente:

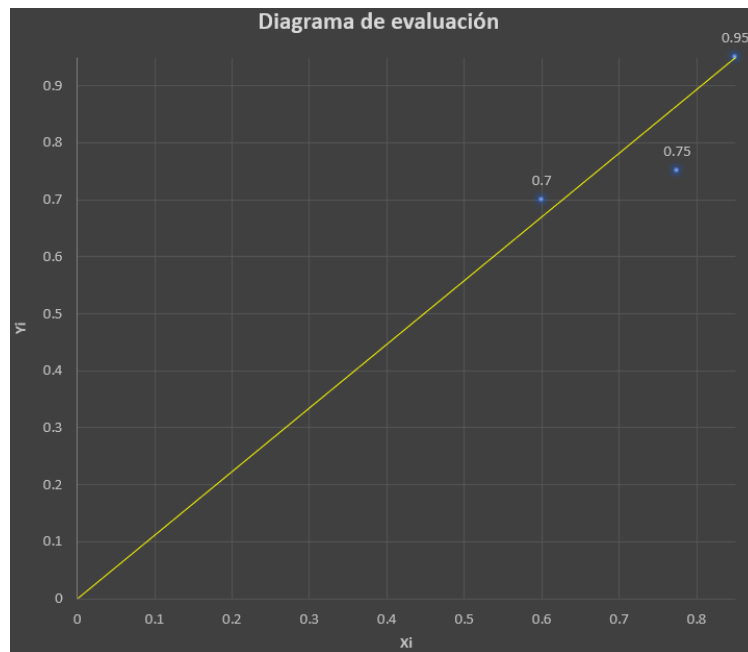


Figura 11. Diagrama de evaluación de soluciones según VDI 2221.

Interpretación

Como podemos observar en la figura 11, consideramos la solución más eficaz, como la solución 1, debido a tener un comportamiento muy cerca a la solución óptima y en base a estos parámetros y consideraciones geométricas diseñamos y modelamos nuestro Tornillo de Arquímedes.

DISEÑO PARAMÉTRICO

En este apartado, se consideran los obtenidos en el anexo 04, los cuales servirán como base para poder dimensionar correctamente el tornillo de Arquímedes, estos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 13. Valores de los parámetros de diseño

Parámetros	Simbología	Valor	Unidades
Caudal	Q	0.2224	m ³ /s
Salto	H	1.2	m
Angulo de inclinación	θ	25°	°
Número de hilos	N	1	u
Densidad	ρ	997	kg/m ³
Gravedad	g	9.81	m/s ²
Ángulo exterior del helicoides	α	40	°

Cabe resaltar que para este apartado se tomó la medición en un determinado mes, si quisiéramos tomar en consideración el caudal mínimo, este sería el mínimo ecológico, es decir, el mínimo caudal para no dañar la principal fuente de ingreso que en este caso es la agricultura, este caudal es $0.6 * Q$, el cual es recomendable para lograr excelentes condiciones de hábitat para las formas de vida acuática y humana, esto según Álvarez y Huamán (2022).

Con estos valores, se realizó una hoja de cálculo mediante el software Excel (Ver anexo 5), para su procesamiento inmediato e iterativo para el diseño del tornillo de Arquímedes, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 14: Parámetros de salida del diseño paramétrico del Tornillo de Arquímedes.

Parámetros de salida	Valor	Unidades
Eficiencia teórica (Ec. 24)	0.70	unid
Santa Cruz (2018) Diámetro del helicoidal a partir de la eficiencia teórica (d_3) (Ec. 25)	1.10	m
Diámetro del eje hueco (d_2) (Ec. 14)	0.55	m
Longitud de la hélice (L_e) (Ec. 10)	2.84	m
Longitud del eje hueco (L_h) (Ec. 28)	3.19	m
Avance (P) (Ec. 11)	2.06	m
Paso (P_x) (Ec. 08)	2.06	m
Ángulo Interior (β) (Ec. 12)	59.21	°
Área (A) (Tabla 3)	0.36	m ²

Centroide (Y_c) (Tabla 3)	0.27	m
Fuerza axial (F_x) (Ec. 17)	3040.61	N
Fuerza tangencial (F_z) (Ec. 18)	2551.38	N
Torque (T) (Ec. 19)	958.00	Nm
Velocidad angular (ω) (Ec.20)	1.92	rad/s
Potencia teórica (Pot teórica) (Ec.21)	1841.88	Watts
Potencia en el eje (P_{eje}) (Ec.26)	1296.84	Watts
Potencia del sistema (Ec.27)	1153.53	Watts

Por otro lado, con un caudal mínimo en el vertedero de $0.13344 \text{ m}^3/\text{s}$ se llega a obtener una potencia del sistema de 692.12 watts. Esto se considerará para un mínimo y máxima potencia del sistema obtenida, cabe resaltar que, al diseñar para una carga mucho mayor, evidentemente, los ejes, tuberías y rodamientos tomados en cuenta serán los mismos.

Con estos valores, se calcularon las cargas presentes en el tornillo helicoidal, y se procedió con el diseño preliminar del árbol de transmisión.

Tabla 15. Valores asumidos para el diseño preliminar del árbol.

Nombre	Variable	Valor	Unidades
Densidad del acero	ρ_{acero}	7850	kg/m ³
Diámetro interior del eje hueco	$d_{2(interior)}$	0.499	M
Diámetro del eje solido	d_1	0.1	M
Longitud del eje solido 1(Inferior)	L_1	0.3	M
Longitud del eje solido 2(Superior)	L_2	0.45	M

Las cargas presentes en el tornillo, fueron calculadas y multiplicadas por el factor $\frac{Le}{P}$, debido a consideraciones detalladas en el apartado teórico.

Tabla 16: Fuerzas y cargas a lo largo del tornillo

Nombre	Variable	Valor	Unidades
Fuerza total axial	F_x	4192.421	N
Fuerza total radial	F_y	8990.675	N
Fuerza total tangencial	F_z	3517.858	N
Peso total de las hélices	W_{hel}	510.908	N
Peso del eje hueco	W_{ab}	10298.34692	N
Peso eje sólido inferior	W_1	23.09554539	N
Peso eje sólido superior	W_2	34.64331809	N

Resolviendo el sistema de equilibrio, mediante el software educativo inventor (Licencia

estudiantil) ver (Anexo 6), obtenemos, las reacciones en los soportes del sistema.

Tabla 17: Reacciones en los soportes del Tornillo de Arquímedes.

Nombre	Variable	Valor	Unidades
R axial x (parte inferior)	A_x	3517	N
R radial y (parte inferior)	A_y	41221.41	N
R tangencial z (parte inferior)	A_z	-2362.226	N
R radial y (parte superior)	B_y	37493.950	N
R tangencial z (parte superior)	B_z	-1830.194	N
Momento de torsión acople	M_t	958	Nm

Diagramas de momentos y fuerzas:

En el plano XY, los diagramas de fuerza cortante y momento flector fueron los siguientes:

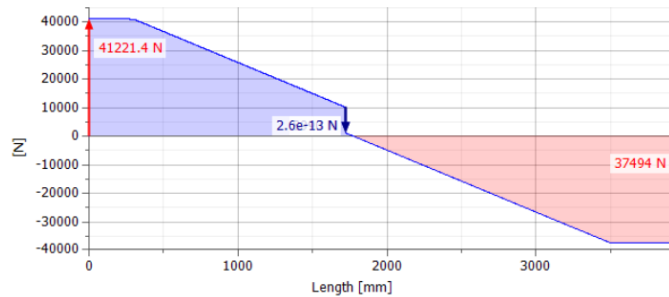


Figura 12: Diagrama de fuerzas cortantes - plano XY

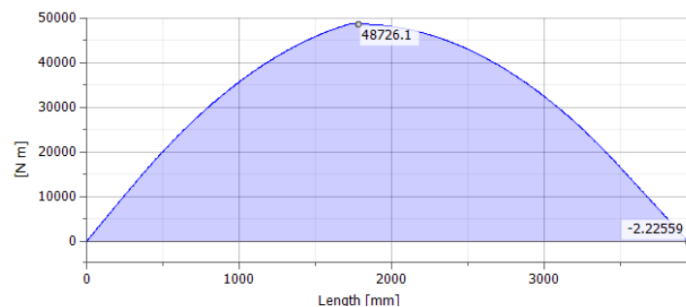


Figura 13: Diagrama de momento flector-plano XY

En el plano XZ, los diagramas de fuerza cortante y momento flector fueron los siguientes:

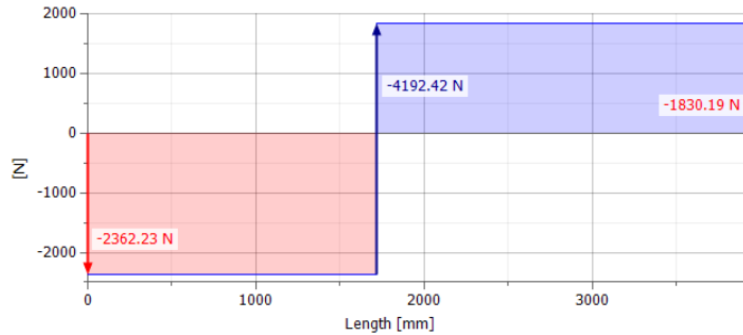


Figura 14: Diagrama de fuerza cortante-plano XZ

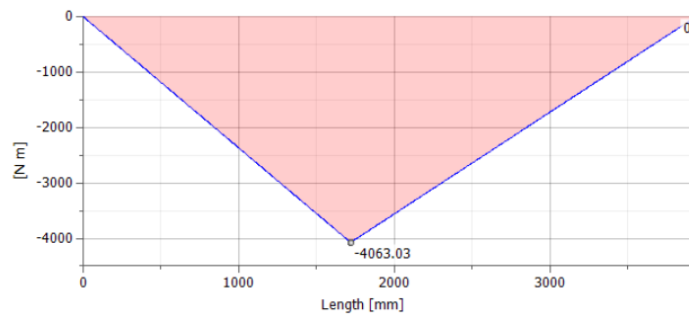


Figura 15: Diagrama de momento flector- plano XZ

Calculo por resistencia a la fluencia en el eje hueco:

Tabla 18: Parámetros para determinar las fuerzas y momentos en la sección crítica del eje hueco.

Nombre	Variable	Valor	Unidades
Momento flector en el eje Z	M_Z	48726.1	Nm
Momento flector en el eje Y	M_Y	4063.03	Nm
Fuerza Cortante en el eje Z	V_Z	4192.42	N
Fuerza Cortante en el eje Y	V_Y	10185	N

Utilizando las ecuaciones descritas en el apartado teórico Ec. 29 y 30, tenemos los siguientes resultados:

Tabla 19: Fuerzas y momentos en la sección crítica del eje hueco.

Nombre	Variable	Valor	Unidades
Fuerza normal	F	3517	N
Momento flector	M_f	48895.20	Nm
Momento torsor	M_t	957.996	Nm
Fuerza cortante	V	11014.11	N

Comprobando la fatiga el eje hueco:

$$\sqrt{\left(\frac{32 * M_f * d_2}{\pi(d_2^4 - d_{2int}^4)} + \frac{4F}{\pi(d_2^2 - d_{2int}^2)}\right)^2 + 3\left(\frac{16 * M_t * d_2}{\pi(d_2^4 - d_{2int}^4)}\right)^2} \leq \frac{\sigma_F}{FS}$$

$$\sqrt{\left(\frac{32 * 48895.20 * 0.55}{\pi(0.55^4 - d_{2int}^4)} + \frac{4 * 3517}{\pi(0.55^2 - d_{2int}^2)}\right)^2 + 3\left(\frac{16 * 957.996 * 0.55}{\pi(0.55^4 - d_{2int}^4)}\right)^2} \leq \frac{167 * 10^6}{4}$$

Resolviendo la ecuación de 4 grado, tenemos que, para que el árbol no falle por fluencia, los valores permisibles son:

$$d_{2int} = (-559.7; -539.8; 559.7; 539.8)$$

Por ende, el límite permisible del diámetro interior del eje hueco es:

$$d_{2int} \leq 539.8mm$$

Como se asumió un espesor de 1/4in para el eje hueco, se contó con un diámetro interior:

$$d_{2int} = 499.2mm \leq 539.8mm$$

Finalmente, podemos decir que el diámetro interno de nuestro tornillo de Arquímedes cumple con el criterio de Von Misses y no fallará por fluencia.

Comprobando la fatiga el eje sólido:

Para este cálculo se utilizarán las reacciones calculadas en la tabla 16, los resultados son mostrados a continuación:

Tabla 20: Fuerzas y momentos en la sección crítica del eje sólido.

Nombre	Variable	Valor en el soporte inferior	Valor en el soporte superior	Unidades
Fuerza normal	F	3517	0	Nm
Momento flector	M_f	0	0	Nm
Momento torsor	M_t	958	958	N
Fuerza cortante	V	41289.04	53024.45	N

Comprobando la fatiga del eje sólido (Inferior):

Utilizaremos el criterio de Von Misses para evaluar la falla o deformaciones plásticas del eje sólido

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32 * M_f}{\pi(d_1^3)} + \frac{4F}{\pi(d_1^2)}\right)^2 + 3\left(\left(\frac{16 * M_t}{\pi(d_1^3)}\right)^2 + \left(\frac{4V}{\pi(d_1^3)}\right)^2\right)} \leq \frac{\sigma_F}{FS}$$

$$\sqrt{\left(\frac{4 * 3517}{\pi(d_1^2)}\right)^2 + 3\left(\left(\frac{16 * 958}{\pi(d_1^3)}\right)^2 + \left(\frac{4 * 41289.04}{\pi(d_1^3)}\right)^2\right)} \leq \frac{600 * 10^6}{4}$$

Resolviendo la ecuación de 2 grado, tenemos que, para que el eje sólido no falle por fluencia, los valores permisibles son:

$$d_1 = (-84.735; 84.735)$$

Por ende, el límite permisible del diámetro interior del eje hueco es:

$$d_1 \geq 84.735$$

Como se asumió un espesor de 1/4in para el eje hueco, se contó con un diámetro interior:

$$d_1 = 100mm \geq 84.735$$

Consideremos el análisis para el eje sólido (superior)

No se consideró la fuerza normal y efectos de momento flector en comparación con los esfuerzos cortantes y torsores.

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{32 * M_f}{\pi(d_1^3)} + \frac{4F}{\pi(d_1^2)}\right)^2 + 3\left(\left(\frac{16 * M_t}{\pi(d_1^3)}\right)^2 + \left(\frac{4V}{\pi(d_1^3)}\right)^2\right)} \leq \frac{\sigma_F}{FS}$$

$$\sqrt{3\left(\left(\frac{16 * 958}{\pi(d_1^3)}\right)^2 + \left(\frac{4 * 41289.04}{\pi(d_1^3)}\right)^2\right)} \leq \frac{600 * 10^6}{4}$$

Resolviendo la ecuación de 2 grado, tenemos que, para que el eje sólido no falle por fluencia, los valores permisibles son:

$$d_1 = (-84.729; 84.729)$$

Por ende, el diámetro mínimo permisible del diámetro interior del eje hueco es:

$$d_1 \geq 84.729$$

Como se asumió un espesor de 1/4in para el eje hueco, se contó con un diámetro interior:

$$d_1 = 100mm \geq 84.729$$

Como se pudo observar al no considerar los esfuerzos de normales y de flexión el valor del diámetro no disminuyó significativamente, en este sentido, se demostró que el diámetro asumido cumple con las características para la operación y correcto funcionamiento de nuestro tornillo.

Selección de los rodamientos inferiores:

$$L_{10h} = 20000 \text{ horas}, F_r = 3.517 \text{ kN}, F_a = 41.28 \text{ kN}, n = 2 \text{ RPM}$$

Seleccionaremos Rodamiento de bolas a rótula SFK 2320, (Ver anexo 7)

Tabla 21. Características del rodamiento SFK 2320

Código	Dimensión del eje interior	Dimensión exterior	Capacidad de carga básica estática (C)	Capacidad de carga básica dinámica (C ₀)	Y ₂	e	p
SFK 2320	100mm	215mm	190 kN	80kN	2.6	0.37	10/3

Calculando:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{41298.04}{3517} = 11.74 > e = 0.37$$

Por lo tanto, para determinar la capacidad P el manual de SFK (2020), indica qué:

$$P = 0.65F_r + Y_2F_a$$

$$P = (0.65 * 3.52) + (2.6 * 41.28)$$

$$P = 109.616 \text{ kN}$$

Finalmente:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * 2} * \left(\frac{190}{109.616}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10h} = 52129.583 \text{ horas}$$

Selección de los rodamientos superiores:

$$L_{10h} = 20000 \text{ horas}, F_r = 3.517 \text{ kN}, F_a = 53.024 \text{ kN}, n = 2 \text{ RPM}$$

Considerando los rodamientos inferiores, tenemos:

Calculando:

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{53.024 \text{ kN}}{3.517 \text{ kN}} = 15.0764 > e = 0.37$$

Por lo tanto, para determinar la capacidad P el manual de SKF (2020), indica que:

$$P = 0.65F_r + Y_2F_a$$

$$P = (0.65 * 3.52) + (2.6 * 53.024)$$

$$P = 140.15\text{kN}$$

Finalmente:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * 2} * \left(\frac{190}{140.15}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$L_{10h} = 22980.2 \text{ horas}$$

Selección de la caja multiplicadora

La salida de velocidad de nuestro tornillo de Arquímedes es de 1.92rpm, la caja reductora debe permitir que la velocidad de salida oscile entre 1000RPM A 1500RPM $i=520.82$ o más. De esta manera se selecciona la caja multiplicadora de la marca Tramec modelo T-A-160-C-630-90-0-S.e.A.-V-B6-FLS-CW-CD (Ver anexo 8). En la tabla 21, se muestran los valores de velocidades, torques y potencias a la entrada y salida del multiplicador:

Tabla 22: Valores de entrada y de salida de la caja multiplicadora

Nombre	Variable	Valor en el soporte inferior	Unidades
Relación del multiplicador	i	630	-
Eficiencia de la transmisión	n_m	97	%
Eficiencia del reductor	n_r	95	%
Velocidad de entrada	n_e	1.92	Rpm
Velocidad de salida	n_s	1209.6	Rpm
Torque de entrada	T_e	958.00	Nm
Torque de salida	T_s	1.475	Nm
Pot de entrada	P_e	1153.53	Watts
Pot de salida	P_s	1095.85	Watts

Selección del acople:

El acoplamiento seleccionado es Standard MAX DYNAMIC (naranja), D-60 (ver Anexo 9)

Selección del generador

Considerando que nuestro eje de la caja reductora gira a $n_s = 1209.6RPM$, seleccionaremos un motor de inducción de la empresa Delcrosa (Ver anexo 10), se seleccionó el motor de inducción serie YD: 112MA8 de 8 polos 60Hz, estos datos son mostrados en la tabla 22.

Tabla 23: *Parámetros del motor de inducción seleccionado*

Potencia	Velocidad en plena carga	Polos	Frecuencia	Modelo
2HP	850	8	60	YD 112MA8

Determinando la velocidad de sincronismo:

$$N_s = \frac{120 * f}{p}$$
$$N_s = \frac{120 * 60}{8} = 900$$

Calculando el deslizamiento a plena carga:

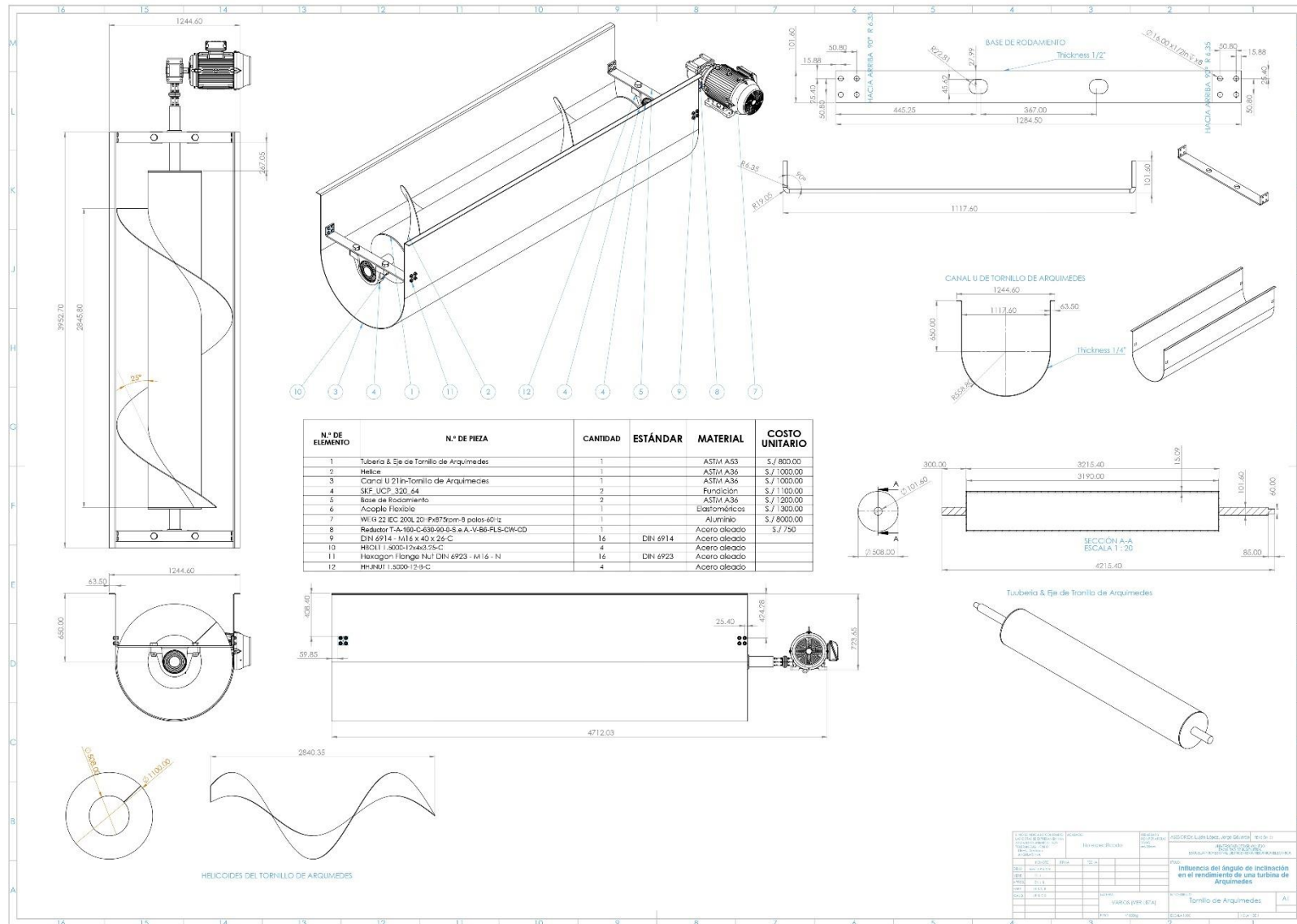
$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$$
$$S = \frac{900 - 850}{900}$$
$$S = 0.0555$$

Para que funcione como generador, se debe cumplir:

$$N_g = (1 + s)N_s$$
$$N_g = (1 + 0.0555) * 900$$
$$N_g = 950$$

Este valor calculando anteriormente, nos proporciona e indica la velocidad mínima a la que debe girar el motor de inducción seleccionado, para trabajar como generador, de esta forma queda validado, que nuestro motor de inducción puede trabajar como generador.

DISEÑO DE DETALLE (Ver Anexo: Sheet A1)



Respecto al siguiente objetivo específico 3, elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales.

Tabla 24: *Presupuesto de componentes y materiales del tornillo de Arquímedes*

Componentes y piezas	Cant	Precio unit	Precio total
Tubería & Eje de Tornillo de Arquímedes			
Tubería 20" sch 40	1	S./ 800.00	S./ 800.00
Eje Sólido de 4in			
Hélice de Tornillo de Arquímedes			
Plancha de 2.4x1.2x6mm	1	S./ 1000.00	S./ 1000.00
Canal U 21in-Tornillo de Arquímedes			
Canal U 21in-Tornillo de Arquímedes	1	S./ 1000.00	S./ 1000.00
SKF_UCP_320_64			
SKF_UCP_320_64	2	S./ 1100.00	S./ 2200.00
Base de Rodamiento			
Base de Rodamiento	2	S./ 1200.00	S./ 2400.00
Acople Flexible			
Acople Flexible	1	S./ 1300.00	S./ 1300.00
Delcrosa SERIE YD 2HPx855rpm-8 polos-60Hz			
Delcrosa SERIE YD 2HPx855rpm-8 polos-60Hz	1	S./ 8000.00	S./ 8000.00
Reductor T-A-160-C-630-90-0-S.e.A.-V-B6-FLS-CW-CD			
Reductor T-A-160-C-630-90-0-S.e.A.-V-B6-FLS-CW-CD	1	S./ 750.00	S./ 750.00
TOTAL			S./ 17,450.00

Interpretación:

Como podemos observar en la tabla 23, obtuvimos como resultado un costo total de S./ 17, 450.00, solo considerando componentes y materiales, con excepción de tornillería, estructura soporte para diversos niveles, etc. Estos costos podrían reducirse si consideramos otros materiales más accesibles a la zona rural, como HDPE, PVC o similares, pero la tesis no contemplará esos resultados puesto que nuestro proyecto se basa en determinar la influencia del ángulo de inclinación en la eficiencia del tornillo de Arquímedes. Además, se consideraron precios similares a los encontrados en los anexos 11 y 12, también se consideró colocar la ficha técnica del acero a utilizar en el anexo 13

Respecto al siguiente objetivo específico, evaluar la influencia del ángulo de inclinación en la generación Potencia eléctrica

En este sentido, considerando la ecuación:

$$\mathbf{Pot}_{teorica} = \rho * g * L_e * \text{sen}\theta * \text{tg}\alpha * Q * \text{tg}\alpha$$

Tenemos que la potencia transferida al eje es la siguiente:

$$\mathbf{Pot}_{teorica} = Q * \rho * g * L_e * \text{sen}\theta * (\text{tg}\alpha)^2$$

Reemplazando los valores de la tabla 13, obtenemos que:

$$\mathbf{Pot}_{teorica} = 0.2224 * 997 * 9.81 * 2.84 * \text{sen}\theta * (\text{tg}40)^2$$

$$\mathbf{Pot}_{teorica} = 4349.55 * \text{sen}\theta \text{ [Watts]}$$

Para parametrizar estos valores se utilizará la herramienta Excel:

Tabla 25. *Evaluación de Potencia Generada en función del ángulo de inclinación*

θ	$\text{sen}\theta$	P
15	0.258819045	1125.74638
16	0.275637356	1198.89846
17	0.292371705	1271.68535
18	0.309016994	1344.08487
19	0.325568154	1416.07497
20	0.342020143	1487.63371
21	0.35836795	1558.73931
22	0.374606593	1629.37011
23	0.390731128	1699.50458
24	0.406736643	1769.12137
25	0.422618262	1838.19926
26	0.438371147	1906.71722
27	0.4539905	1974.65438
28	0.469471563	2041.99004
29	0.48480962	2108.70368
30	0.5	2174.775

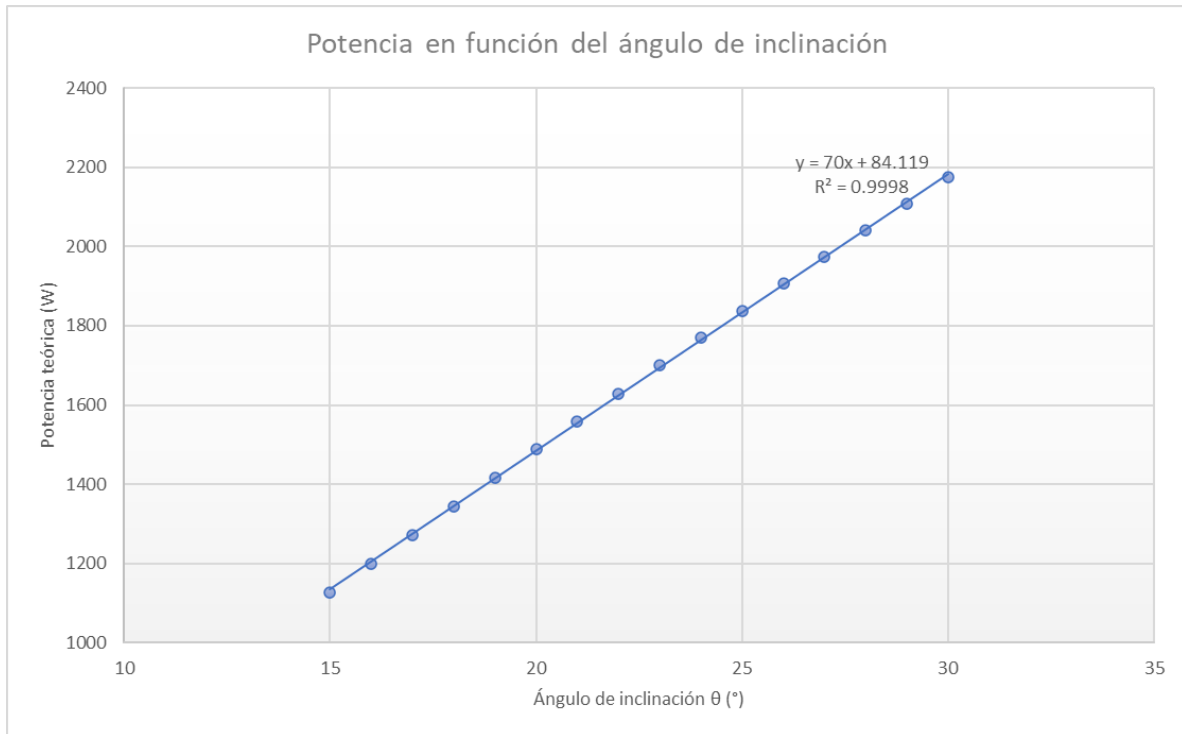


Figura 16. Evaluación de la Potencia generada en función del ángulo de inclinación.

Interpretación:

Como podemos visualizar en la figura 12 y tabla 24, para nuestro ángulo de diseño $\theta = 25^\circ$, el valor de la potencia teórica generada, $P = 1838.2$ Watts, como se puede apreciar, el comportamiento es lineal, es decir, a medida que va aumentando el ángulo de inclinación aumenta la potencia, cabe resaltar que evidentemente cuando $\theta = 90^\circ$ la potencia obtenida será la máxima.

Por otro lado, para corroborar este detalle se analizará mediante la herramienta de simulación CFD Solidworks Flow simulation, considerando agua con un caudal de $Q = 0.2224m^3/s$, temperatura ambiente, flujo turbulento, presión de salida atmosférica, paredes superiores abiertas o ideales, condiciones de rugosidad de un acero común, etc. Dentro de los resultados obtenidos encontramos los campos de presiones, velocidades, las trayectorias de flujo y variables importantes como, la fuerza tangencial, el torque, y la potencia presente en el tornillo de Arquímedes. A continuación, se muestran algunos resultados anteriormente mencionados:

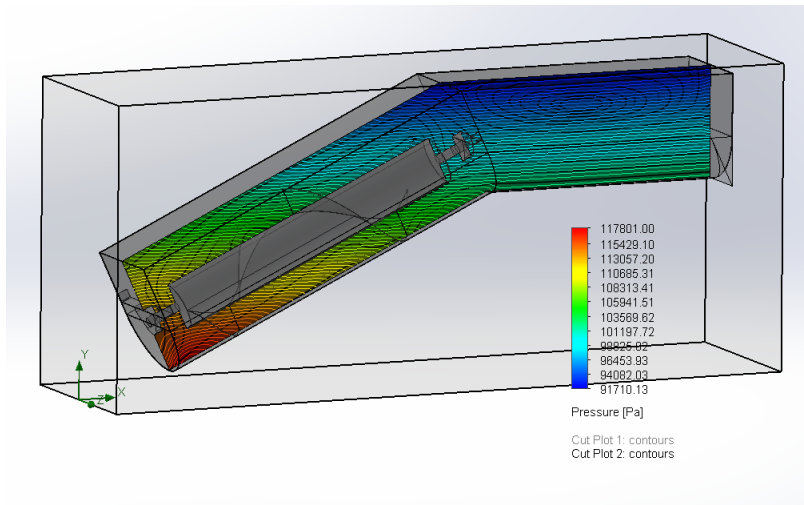


Figura 17. Campo de presiones del Tornillo de Arquímedes.

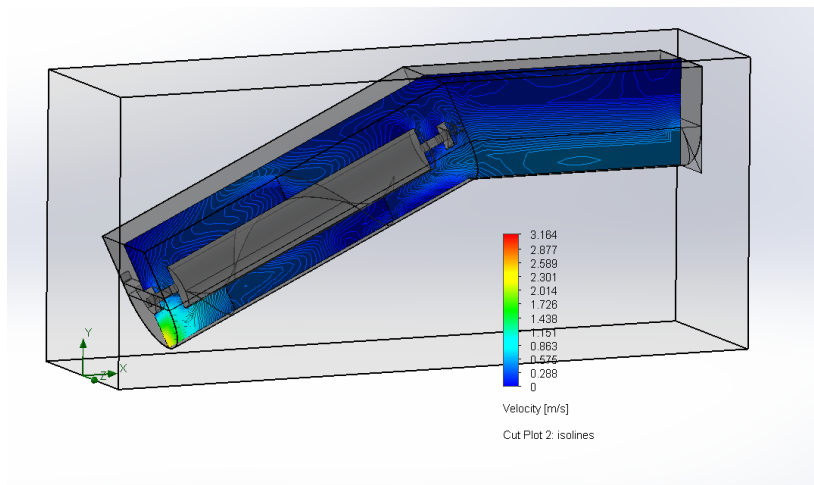


Figura 18: Campo de velocidades y líneas de flujo en el Tornillo de Arquímedes.

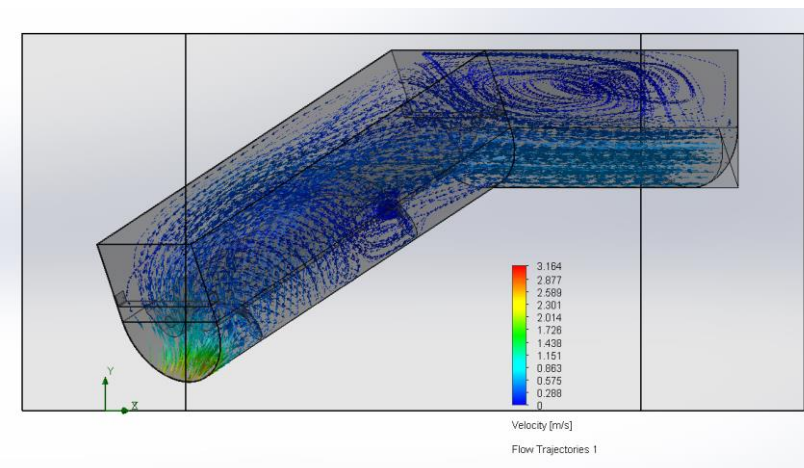


Figura 19: Trayectoria del flujo en el tornillo de Arquímedes.

Por otro lado, también se obtuvieron: la potencia, torque y fuerza tangencial presentes en el tornillo, para la convergencia de estos resultados fueron necesarias 62 iteraciones del software, los resultados promedios son mostrados continuación:

Tabla 26: *Resultados deseados o goals de la simulación DFC del Tornillo de Arquímedes.*

Goal Name	Unit	Averaged Value	Progress [%]	Use In Convergence
Fuerza tangencia (Fz)	[N]	2564.928376	100	Yes
Torque de Tornillo de Arquímedes	[N* m]	954.751009	100	Yes
Potencia teórica	[W]	1833.121937	100	Yes

Interpretación:

Como podemos observar en la tabla 25, el resultado promedio obtenido en la simulación sobre la potencia es de $P = 1833.12\text{Watts}$, y lo obtenido mediante el análisis matemático es de $P = 1838.2\text{ Watts}$, esto nos arroja un error aproximado de $\varepsilon = 0.276\%$, el error es menor a 1%. Bajo este contexto se realizarán más simulaciones en el apartado en pro de verificar la variación de la eficiencia en función del ángulo de inclinación.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante la simulación DFC:

Tabla 27: Resultados comparativos, analíticos vs simulación de la potencia generada

θ	P (teórico)	P (simulación)
15	1125.74638	1127.3352
16	1198.89846	1194.5751
17	1271.68535	1272.2174
18	1344.08487	1342.9248
19	1416.07497	1415.3659
20	1487.63371	1487.8070
21	1558.73931	1560.2481
22	1629.37011	1632.6891
23	1699.50458	1705.1302
24	1769.12137	1777.5713
25	1838.19926	1833.1219
26	1906.71722	1916.3115
27	1974.65438	1987.9849
28	2041.99004	2059.6582
29	2108.70368	2131.3315
30	2174.7750	2203.0049

Respecto al objetivo general de evaluar la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales.

Tomando en consideración las siguientes expresiones para encontrar el modelo matemático de la eficiencia en función del ángulo de inclinación:

Recordando, *eficiencia*:

$$\eta = \frac{\rho * g * Q * L_e * \text{sen}\theta * (\text{tg}(\alpha))^2}{\rho * g * Q * H}$$

$$\eta = \frac{L_e * \text{sen}\theta * (\text{tg}(\alpha))^2}{H}$$

Se considero el ángulo interno de las hélices constante, así como los valores calculados anteriormente:

$$\eta = \frac{2.84 * \text{sen}\theta * (\text{tg}(\alpha))^2}{1.2}$$

$$\eta = 1.666 * \text{sen}\theta$$

Tabla 28: Evaluación de la Eficiencia en función del ángulo de inclinación

θ	$\text{sen}\theta$	η
15	0.25881905	0.431192529
16	0.27563736	0.459211835
17	0.2923717	0.48709126
18	0.30901699	0.514822313
19	0.32556815	0.542396545
20	0.34202014	0.569805559
21	0.35836795	0.597041004
22	0.37460659	0.624094585
23	0.39073113	0.65095806
24	0.40673664	0.677623247
25	0.42261826	0.704082024
26	0.43837115	0.730326331
27	0.4539905	0.756348173
28	0.46947156	0.782139624
29	0.48480962	0.807692827
30	0.5	0.833

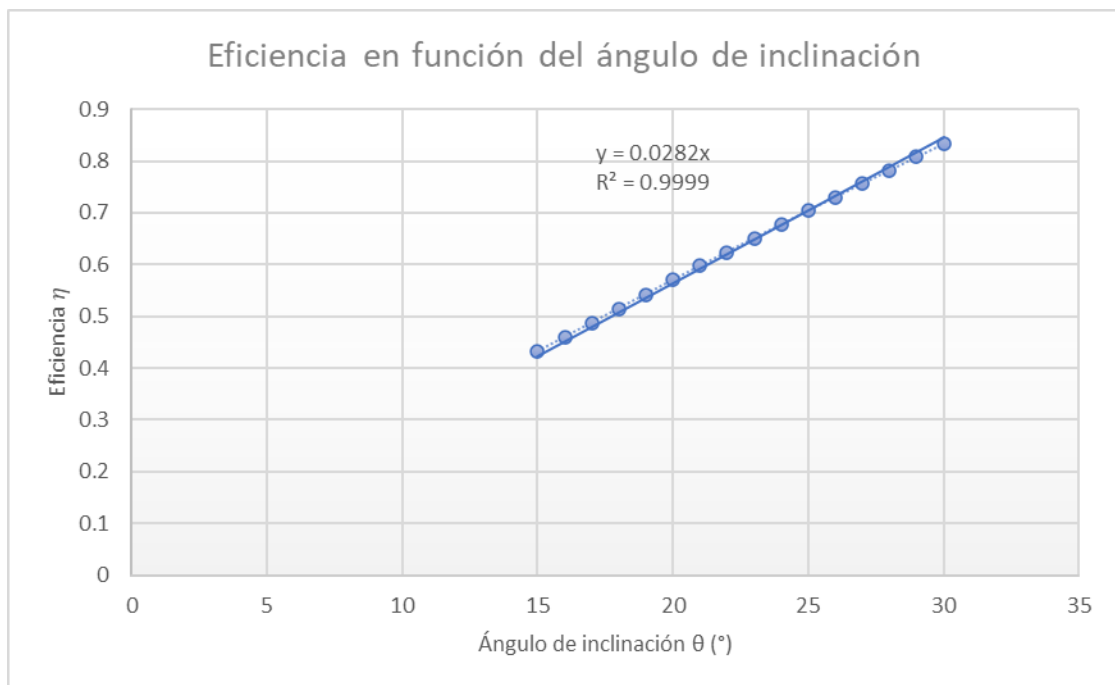


Figura 20: Evaluación de la eficiencia en función del ángulo de inclinación.

Interpretación:

Como podemos visualizar en la figura 12 y tabla 24, para nuestro ángulo de diseño $\theta = 25^\circ$, el valor de la potencia teórica generada, $\eta = 70.4\%$, como se puede apreciar, el comportamiento es lineal, es decir, a medida que va aumentando el ángulo de inclinación aumenta la potencia, cabe resaltar que evidentemente cuando $\theta = 90^\circ$ la eficiencia obtenida será la máxima.

Por otro lado, para corroborar este detalle se analizará mediante la herramienta de simulación CFD Solidworks Flow simulation, considerando agua con un caudal de $Q = 0.2224m^3/s$, temperatura ambiente, flujo turbulento, presión de salida atmosférica, paredes superiores abiertas o ideales, condiciones de rugosidad de un acero común, etc. Dentro de los resultados obtenidos se mostraron anteriormente los aspectos de trayectorias de flujo, campos de presiones y velocidades, etc. En este contexto, se muestran los datos obtenidos mediante los Goals de la simulación DFC.

Tabla 29: Resultados deseados o goals de la simulación DFC del Tornillo de Arquímedes para un ángulo de 25° .

Goal Name	Unit	Averaged Value	Progress [%]	Use In Convergence
Fuerza tangencia (Fz)	[N]	2564.928378	100	Yes
Torque de Tornillo de Arquímedes	[N* m]	954.7510097	100	Yes
Potencia teórica	[W]	1833.121939	100	Yes
Pot max	[W]	2634.792088	100	Yes
η %	[]	69.57368465	100	Yes

Interpretación:

Como podemos observar en la tabla 27, el resultado promedio obtenido en la simulación sobre la potencia es de $\eta = 69.57\%$, y lo obtenido mediante el análisis matemático es de $\eta = 70\%$, esto nos arroja un error aproximado de $\varepsilon = 0.614\%$, el error es menor a 1% . En este sentido se realizarán diversas simulaciones para comprobar la influencia del ángulo de inclinación en la eficiencia de un tornillo de Arquímedes.

Por otro lado, se realizaron simulaciones para los ángulos que se encuentra en las tablas 25 y 27, a partir de ello se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30:Resultados comparativos, analíticos vs simulación de la eficiencia

θ	η (teórica)	η (simulación)
15	0.431192529	0.43094
16	0.459211835	0.45338
17	0.48709126	0.48285
18	0.514822313	0.50764
19	0.542396545	0.53359
20	0.569805559	0.55955
21	0.597041004	0.58550
22	0.624094585	0.61146
23	0.65095806	0.63741
24	0.677623247	0.66337
25	0.704082024	0.69574
26	0.730326331	0.71761
27	0.756348173	0.74386
28	0.782139624	0.77010
29	0.807692827	0.79635
30	0.833	0.82260

En este sentido, se consideró en la hipótesis que el ángulo de inclinación influye de manera directamente proporcional en el rendimiento de la turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales, al respecto se utilizó el coeficiente de correlación obtenido del análisis mediante el software Ms. Excel.

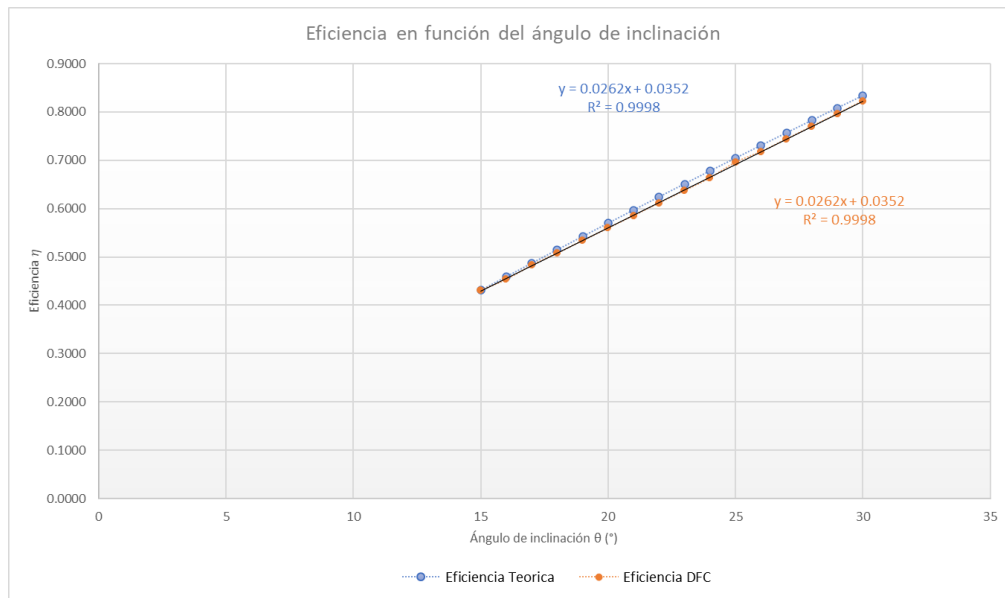


Figura 21: Resultados comparativos de los coeficientes de correlación analíticos y simulación

Tabla 31: *Coefficientes de correlación obtenidos mediante Ms. Excel*

Coeficiente de correlación obtenido mediante datos teóricos	0.999889796
Coeficiente de correlación obtenido mediante datos de DFC	0.999922544

Interpretación:

Se puede evidenciar que en ambos casos lo obtenido del análisis teórico y simulación CFD, muestran un coeficiente de correlación lineal similar, positivo y con un valor mayor a 0.96, esto evidencia una asociación lineal positiva, es decir, cuando el valor de la variable independiente aumenta, el valor de la variable dependiente aumentará positivamente, lo cual se refiere a una relación directamente proporcional, esto se evidencia tanto en la figura 17 y en la tabla 31. Los resultados de las simulaciones se pueden visualizar en el anexo 14.

V. DISCUSIÓN

Con respecto al objetivo 1, determinar los parámetros de diseño cualitativos de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. Lucio (2019) menciona que los parámetros de diseño cualitativos son aquellos parámetros cuantificables que permitirán el diseño paramétrico y a partir del cual se inicia este mismo. En este sentido, se vio la necesidad de establecer parámetros válidos y razonables, con ello se obtuvo que los parámetros de diseño cualitativos a partir de los cuales se inicia el desarrollo paramétrico de un tornillo de Arquímedes son: caudal (Q), salto hidráulico (H), ángulo de inclinación (θ), número de hilos (N), densidad del agua (ρ), gravedad (g) y ángulo exterior de las hélices (α). De esto los parámetros que necesitan tomarse como asumidos son el ángulo de inclinación (θ), número de hilos (N) y el ángulo exterior de las hélices (α). Estos resultados son similares a los llegados por Lucio (2019) y J. Cruz (2018), quienes establecieron metodologías para el cálculo y dimensionamiento de un tornillo de Arquímedes. Partiendo de parámetros geométricos como diámetros de hélices, tuberías, ejes, etc., ángulos de inclinación; número de hilos, así mismo como lo encontrado en el presente proyecto de investigación. De acuerdo con los antecedentes presentados, considerando que en

ambos casos se diseñaron y fabricación tornillos de Arquímedes, la similitud de los resultados se da principalmente por que la obtención de la potencia de las turbinas a grandes rasgos depende de características ya establecidas, como: el salto hidráulico, el caudal disponible, y propiedades físicas del agua, etc. En este sentido, son similares porque para llegar a estos resultados se considera primero realizar un análisis geométrico identificando las fuerzas que interactúan en el sistema, y realizando cálculos llegar a determinar los resultados deseados, como fuerzas, torques, velocidades, diámetros, etc. Para finalizar, en nuestra opinión los resultados son bastante similares porqué los aspectos teóricos son similares, por otro lado, cabe recalcar que los autores, asumieron sin justificar algunos datos como el número de hilos y el ángulo exterior de la hélice, lo cual difiere de nuestra tesis debido a que realizamos un previo análisis para determinar en qué rango estaban los valores a asumir y poder determinar un promedio razonablemente valido y llegar a resultados de acorde a la realidad.

Respecto al siguiente objetivo específico 2, diseñar una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. J. Cruz (2018) menciona que para el diseño mecánico existen diversas metodologías de diseño, pero una de las más aplicadas actualmente es la metodología VDI 2221, debido a los resultados obtenidos, tienen una alta eficacia en términos de tecnología y economía. En este sentido, se pudo determinar parámetros importantes como listado de exigencias, matriz morfológica, estructura de funciones, diseño paramétrico, en este apartado se obtuvieron valores de, torque, eficiencia, potencia, aspectos geométricos del tornillo, ángulo de inclinación, etc. Respecto a resultados cuantitativos son similares a lo encontrado por: Simmons y Lubitz (2021), Simmos et al. (2021), J. Cruz (2018), Ewatarpower (s/f), debido a que, para la determinación del número de hilos, el ángulo de inclinación óptimo de diseño y el ángulo exterior de las hélices, se utilizó valores ponderados que fueron recopilados de todos estos trabajos de investigación, por otro lado, respecto al resultado cuantitativo de potencia, difieren debido a que los caudales y saltos hidráulicos son diferentes para todos los trabajos de investigación. Así mismo,

respecto al diseño de configuración se tuvieron resultados diferentes principalmente por el tipo de investigación realizada, debido a que los autores mencionados anteriormente se centraron en el cálculo y selección de componentes mecánicos, por nuestra parte hubo un análisis minucioso en la configuración de componentes utilizados y se realizó la validación con un Ingeniero de planta con experiencia en el diseño de grupos hidroenergéticos, este mostró validez de los resultados técnicos y económicos encontrados en la evaluación de conceptos de solución. De esta forma, de manera general, los resultados son un poco similares debido a que la metodología de diseño empleada en el proceso de cálculo es una de las más reconocidas y empleadas en lo que respecta al diseño mecánico, esta norma es la norma alemana VDI 2221, pero es válido mencionar que no todos los autores la siguieron de manera completa dicha metodología.

Respecto al siguiente objetivo específico 3, elaborar el presupuesto de la fabricación e implementación de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. F. Fonseca (2020) menciona que los presupuestos son importantes en un proyecto de investigación, debido a que es una estimación de cuál sería el costo o cuál fue el costo de realizar ese proyecto, lo cual influye de manera positiva acercando a lo real a los estudiantes en sus proyectos de investigaciones. En este sentido, se pudo observar que en la tabla 23, obtuvimos como resultado un costo total de S./ 17,450.00 o 4,000 USD, solo considerando componentes y materiales, con excepción de tornillería, estructura soporte para diversos niveles, soldadura, costos de manufactura, etc. Así mismo, el presupuesto resultó elevado por temas geométricos y por considerar configuraciones de diseño hechas para resistir aspectos corrosivos. Debemos tener en cuenta que los costos podrían reducirse si consideramos otros materiales más accesibles a la zona rural, como HDPE, PVC o similares, pero la tesis no contemplará esos resultados puesto que nuestro proyecto se basa en determinar la influencia del ángulo de inclinación en la eficiencia del tornillo de Arquímedes. En este contexto, estos resultados difieren de lo encontrado por F. Fonseca (2020), Khan et al., (2019), J. Cruz (2018) y Lucio (2019) debido a que los costos varían dependiendo de las características geométricas y físicas del tornillo de Arquímedes, en todos los

casos analizados, los costos oscilan entre 1000usd a 8000usd, el principal motivo de estas diferencias son por uso el uso de materiales diversos plásticos PVC, aceros al carbono reciclados, aceros inoxidables, etc. Por otro lado, otro aspecto importante en la diferencia de costos es por considerar reductor y no poleas o cadenas como se vio en los F. Fonseca (2020), Khan et al., (2019). Uno de los factores importantes es también el generador utilizado, en nuestro caso no utilizamos un generador común, utilizamos un motor de inducción de 2HP, el cual aumento significativamente el precio de nuestro proyecto. De esta forma puede decirse que, la influencia de los materiales empleados en la fabricación del tornillo y los componentes usados en los proyectos de investigación influyen directamente en el presupuesto de investigación, que, en nuestros resultados, no se vio la necesidad de realizar un nuevo procedimiento de cálculo por aspectos relacionados al objetivo específico, pero que, sin embargo, se recomendará en los resultados.

Respecto al siguiente objetivo específico 4, evaluar la influencia del ángulo de inclinación en la generación Potencia eléctrica. Según Shahverdi et al., (2021) las turbinas de Arquímedes generan potencia eléctrica incluso a pequeños saltos con pendientes aproximadas entre 20 a 25°, de esta forma el ángulo de inclinación en la potencia eléctrica tiene una influencia significativa. De esta forma, es necesario realizar un modelamiento matemático y encontrar como se da dicha influencia, los resultados obtenidos mediante modelos matemáticos y simulación fluidodinámica realizada mediante un software potente en los análisis DFC obtuvieron resultados significativos, resultado en errores menores a 1%, así mismo, se obtuvo que el modelo matemático y fluidodinámico refieren que la potencia y el ángulo de inclinación tienen una relación directamente proporcional. Estos resultados, son semejantes a los encontrados por: Simmos et al. (2021), el cual encontró que los ángulos óptimos para el diseño y análisis CFD de turbinas de Arquímedes oscilan entre 20° y 25°, así mismo su investigación concluyo que, los tornillos de Arquímedes con ángulos de inclinación menor producían más potencia y de los análisis experimentales y en DFC realizados obtuvieron medidas con errores menores al 5%. Estos resultados guardan relación significativa, debido a que las consideraciones para las simulaciones fluidodinámicas

fueron similares, consideración de presión y caudal. Así mismo, con lo descrito por Dellinger et al., (2019), el cual en sus análisis matemáticos y fluidodinámicos llego a encontrar errores entre el 2% al 3%, para flujos con ángulos de inclinación oscilando entre 10 a 38°. Finalmente, de manera general, se puede indicar que el realizar el diseño y evaluación de los tornillos de Arquímedes mediante cálculos matemáticos y simulaciones fluidodinámicas computacionales son altamente viables resultado en errores cometidos oscilando entre el 1% al 5%, y que, si existe una influencia significativa del ángulo de inclinación en la generación de potencia eléctrica, variando esta de manera directamente proporcional, es decir, lineal. Esto hace referencia a la buena capacidad de las herramientas computacionales hoy en día, y muestra que de realizar de manera eficiente y correcta las simulaciones los resultados obtenidos no deberían variar significativamente.

Respecto al objetivo general de evaluar la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes para generar energía eléctrica en zonas rurales. Para Siswantara et al (2019) el ángulo de inclinación es la inclinación que tiene el eje de la turbina de Arquímedes con respecto a una recta horizontal, desde el punto donde ingresa el fluido operante. Así mismo, Khan et al (2019) menciona que el rendimiento de una turbina es la relación que existe entre la potencia útil del sistema, sobre la potencia total generada por el sistema.

En la presente investigación se encontró que la influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes tiene una tendencia lineal tal y como se puede observar en la figura 16, esto se logró determinar mediante una hoja de cálculo en Excel y mediante simulación DFC se logró comprobar esta hipótesis, obteniendo errores menores al 1%. Cabe resaltar que mediante la hoja de cálculo se estableció que la máxima eficiencia para nuestro diseño se encuentra par un ángulo de inclinación de 30°, con una eficiencia del 83.3%. Cabe resaltar que esos resultados se obtuvieron para ángulos de inclinación recomendados por: Simmos et al (2021), Dellinger et al (2019), J. Cruz (2018), Ewatarpower (s/f), D. Quintana (2019), entre otros. Este rango de ángulos analizados comprende valores desde 15° hasta 30° con intervalos de 1°, cabe resaltar que, los autores mencionan que, por complicaciones de instalación, fabricación básicamente recomiendan tener ángulos menores a 25°, en

este sentido, nosotros evaluamos con un margen superior a 25° consideramos 30° . Pero que, sin embargo, los resultados, obtenidos para ángulos mayores mostrarán que a medida que crece el ángulo de inclinación por razones evidentes la eficiencia del sistema y potencia generada aumentará pero que en algún momento al operar matemáticamente ese $\sin\theta$ por la constante obtenemos una eficiencia superior al 100% lo cual es imposible por consideraciones evidentes, ya que no hay máquina que no genere pérdidas en su operatividad, el ángulo al cual se da la máxima potencia teóricamente es 36° , obteniendo una eficiencia teórica del 97.93%, a partir de este ángulo la eficiencia del sistema pasa a ser superior al 100% como se mencionó anteriormente.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Shahverdi et al (2021), quien en su investigación logró obtener resultados muy aproximados entre su simulación DFC y su cálculo analítico obteniendo una diferencia de alrededor 0.70%, para un ángulo de inclinación de 25° . Estos resultados son similares debido a que la comprobación del cálculo se basó en comparar los resultados analíticos mediante simulación DFC bajo las consideraciones que se realizaron en esta investigación, las cuales fueron condiciones presión ambiental y una condición de ingreso de flujo (caudal), por otro lado, es válido mencionar que el diseño paramétrico obtenido por este autor establece una metodología basada al igual que en nuestro caso en la normativa VDI 2221, con la cual llego a una solución óptima y cumpliendo los estándares requeridos.

Por otro lado, estos resultados difieren de lo obtenido por Dellinger et al (2019), quien mediante experimentación y simulación logró obtener un error aproximado del 2% en términos de eficiencia hidráulica. Estos resultados pueden diferir debido a el daño causado por fugas por desborde y espacio se incrementan con inclinaciones más grandes, así como el incremento del número de hélices consideradas ya que en nuestro caso fue de una hélice y en del presente autor utilizo experimentación y simulación para tres, cuatro y cinco palas, los cuales según otros autores como Ewatarpower (s/f), las hélices recomendadas para una turbina de Arquímedes no deben exceder de tres, ya que se puede ver perjudicado el rendimiento y el proceso de fabricación y montaje.

De esta forma queda comprobado que la influencia del ángulo de inclinación de una turbina de Arquímedes tiene una notoria significancia, dado que tiene una tendencia lineal, es decir, al incrementar el ángulo de inclinación la eficiencia aumenta. Con ello se valida lo propuesto por Shahverdi et al (2021), el cual menciona que los métodos DFC para evaluar tornillos de Arquímedes son bastante aceptables y se recomienda utilizarlos para evaluar diseños realizados de estos mismos.

VI. CONCLUSIONES

1. El efecto del ángulo de inclinación influye de manera positiva en el rendimiento de un tornillo de Arquímedes, obtenido que para este caso el valor del ángulo óptimo es de 30° obteniendo para este ángulo una eficiencia teórica del 83.3% esto según los resultados analíticos obtenidos y comprobados mediante las simulaciones DFC realizadas, así como, el valor del coeficiente de correlación obtenido mediante el Software Ms. Excel, siendo un coeficiente de correlación del tipo fuerte y positiva >0.96 , evidenciando una tendencia lineal entre la variable independiente con la dependiente, esto referido al análisis teórico y de simulación DFC realizados en nuestro proyecto de investigación.
2. Se logró determinar que los parámetros cualitativos del diseño de una turbina de Arquímedes se basa en la misma geometría del tornillo, consideraciones hidráulicas, y de valores asumidos como el número de hilos y ángulo de inclinación, que por otro lado, respecto a esto último, logró determinarse que los ángulos recomendados para el diseño de una turbina de Arquímedes son ángulos comprendidos entre 25° a 30° y que el número de hilos recomendados en términos de eficiencia y fabricación deben estar alrededor de 1 a 3 hilos.
3. Se logró diseñar la turbina de Arquímedes, el diseño se realizó teniendo en consideración que el flujo de agua ingresaría hasta el 50% de su área. A partir de ello se obtuvo como resultado una eficiencia del 70%, y una potencia útil en el eje de 1300 watts, girando a 1.92 RPM con un torque de 968.35Nm, así como con una potencia de salida del reductor 1095.85 W girando a 1209.6RPM, con

esto se determinó el motor de inducción a utilizar resultando ser de 2HP 8 polos carcasa 112 girando a 1209.6 RPM mayor a su velocidad síncrona de 900, con lo cual se comprueba que con esa velocidad funcionará como generador.

4. El presupuesto del proyecto de investigación solo contempla materiales a gran escala, sin considerar detalles, este presupuesto asciende a S./ 17,450.00, no se consideran los costos de fabricación, mano de obra, conexión eléctrica e instalación. Por otro lado, los materiales considerados son materiales de alta vida útil, con una gran resistencia. Este presupuesto se sustenta como proyecto de investigación, el cual deberá ser asumido por las entidades respectivas en pro del bienestar e inclusión social y en pro de mejorar la calidad de vida y satisfacer las necesidades de la población del asentamiento humano Campo Bello ubicado en la localidad de Julcán.
5. Se obtuvo que el ángulo de inclinación influye significativamente y de manera positiva en la generación de energía eléctrica del tornillo de Arquímedes, obtenido que, para este caso, el valor del ángulo óptimo es de 30° , con una potencia teórica generada de 2174.77 Watts, a comparación con lo obtenido mediante simulación DFC el error y la diferencia no es más del 1%. Por otro lado, se pudo determinar que el comportamiento de la potencia eléctrica generada respecto al ángulo de inclinación es una línea recta, es decir es proporcional.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar la validación de este proyecto mediante la experimentación a pequeña escala.
2. Se recomienda realizar un nuevo diseño del proyecto considerando materiales reciclables, así mismo, se recomienda el número de hélices para analizar la influencia de estos en la generación de potencia eléctrica y por consiguiente en la eficiencia.
3. Se recomienda considerar en el presupuesto de los costos de fabricación, mano de obra, instalación eléctrica y montaje. Para esto, será necesario detallar los procesos de manufactura utilizados y los tiempos requeridos para la soldadura, maquinados, instalaciones eléctricas y montaje. Con todo esto es factible presentar el proyecto a entidades de la comunidad para su evaluación con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los pobladores del asentamiento humano Campo Bello ubicado en Julcán.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ LOZANO, D., 2017. Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana. *Cuenca: Ingeniería ambiental*,
- DEDIĆ-JANDREK, H. y NIŽETIĆ, S., 2019. Small scale archimedes hydro power plant test station: Design and experimental investigation. *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, pp. 756-771. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.234.
- DELLINGER, G., SIMMONS, S., LUBITZ, W.D., GARAMBOIS, P.A. y DELLINGER, N., 2019. Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output. *Renewable Energy*, vol. 136, pp. 896-908. ISSN 18790682. DOI 10.1016/J.RENENE.2019.01.060.
- GUO, P., CHEN, S., CHU, J. y INFIELD, D., 2020. Wind direction fluctuation analysis for wind turbines. *Renewable Energy*, vol. 162, pp. 1026-1035. ISSN 18790682. DOI 10.1016/J.RENENE.2020.07.137.
- HELY PEREZ, D., 2017. Pendiente de una Recta y ángulo de inclinación. [en línea], [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.geogebra.org/m/znrtspsk>.
- HIDROMETALICA, 2022. Tornillo de Arquímedes | Hidrometalica. [en línea]. S.l.: [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.hidrometalica.com/tornillo-arquimedes/>.
- IAGUA, 2018. ¿Qué es un caudal? . [en línea], [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>.
- KHAN, A., KHATTAK, A., ULASYAR, A., IMRAN, K. y MUNIR, M.A., 2019. Investigation of Archimedean Screw Turbine for Optimal Power Output by Varying Number of Blades. *1st International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering, ICECCE 2019*, DOI 10.1109/ICECCE47252.2019.8940654.
- LYONS, M., SIMMONS, S., FISHER, M., WILLIAMS, J.S. y LUBITZ, W.D., 2020. Experimental Investigation of Archimedes Screw Pump. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 146, no. 8, pp. 04020057. ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001786.

- MANSOUR, M.A. y EL NAGGAR, M.H., 2021. Optimization of grouting method and axial performance of pressure-grouted helical piles. *Canadian Geotechnical Journal*, pp. 1-13. ISSN 0008-3674. DOI 10.1139/CGJ-2021-0093.
- SALGUEIRO VARGAS, K., 2021. Turbina de Tornillo de Arquímedes . *hidrología* [en línea], [Consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/502898128/Turbina-de-Tornillo-de-Arquimedes>.
- SANCHEZ, C. y GUILLERMO, R., 2019. Propuesta de mejora en la satisfacción laboral de una empresa de entretenimiento mediante la aplicación del método Kaizen. Facultad de ingeniería y negocios escuela académico profesional de negocios y competitividad. Tesis (Ingeniero Industrial). Lima: Universidad Norbert Wiener, 2019. 16 pp
- SARI, D.P., SAPUTRA, M.A.A., SYOFII, I. y ADANTA, D., 2021. A Study of The Developing Archimedes Screw as A Turbine. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 87, no. 1, pp. 151-160. ISSN 22897879. DOI 10.37934/arfmts.87.1.151160.
- SHAHVERDI, K., LONI, R., MAESTRE, J.M. y NAJAFI, G., 2021. CFD numerical simulation of Archimedes screw turbine with power output analysis. *Ocean Engineering*, vol. 231. ISSN 00298018. DOI 10.1016/J.OCEANENG.2021.108718.
- SIMMONS, S., DELLINGER, G., LYONS, M., TERFOUS, A., GHENAIM, A. y LUBITZ, W.D., 2021. Effects of Inclination Angle on Archimedes Screw Generator Power Production with Constant Head. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 147, no. 3, pp. 04021001. ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001854.
- SIMMONS, S.C. y LUBITZ, W.D., 2021. Archimedes screw generators for sustainable micro-hydropower production. *International Journal of Energy Research*, vol. 45, no. 12, pp. 17480-17501. ISSN 1099114X. DOI 10.1002/ER.6893.
- SISWANTARA, A.I., GUMELAR, H.M.S., BUDIARSO, HARMADI, R., WARJITO y ADANTA, D., 2018. Analysis of the Effects of Overflow Leakage Phenomenon on Archimedes Turbine Efficiency. *Proceedings - 2018 4th International Conference*

on Science and Technology, ICST 2018, DOI 10.1109/ICSTC.2018.8528687.

SISWANTARA, A.I., WARJITO, BUDIARSO, HARMADI, R., GUMELAR, M.H. y ADANTA, D., 2019. Investigation of the α angle's effect on the performance of an Archimedes turbine. *Energy Procedia*, vol. 156, pp. 458-462. ISSN 18766102. DOI 10.1016/J.EGYPRO.2018.11.084.

SITES, 2016. TORQUE. [en línea]. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/fisica1arj/home/torque>.

MANSOUR, Mohamed & EL NAGGAR, Mohamed. (2021). Optimization of grouting method and axial performance of pressure-grouted helical piles. *Canadian Geotechnical Journal*. 59. 10.1139/cgj-2021-0093.

ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA 3era ed. La industria de la energía renovable en el Perú-10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático. Publicado en Lim-Perú, 2020 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, Estado de la población peruana 2020 [en línea]. Lima-Perú. INEI: Publicado en Lim-Perú, 2020 [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf

EWATERPOWER s/f. The hydrodynamic screw. [fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.ewaterpower.com/hydrodynamic-screw.php>

DIRK, Nuernbergk & CHRIS, Rorres. Analytical Model for Water Inflow of an Archimedes Screw Used in Hydropower Generation. *Revista de Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles* [en línea]. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol.139, N°2, p213-220, doi:10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000661 [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].

- CRUZ, José. Análisis energético de un Tornillo de Arquímedes para canales de regadío con una caída de 2m y caudal de 2m³/s. Tesis (Ingeniero Mecánico). Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2018. 50 pp.
- LUCIO, Daniel. Diseño y construcción de una mini turbina tipo tornillo de Arquímedes para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica. Tesis (Ingeniero Mecánico). Ecuador: Universidad Técnica De Ambato, 2019. 52 pp.
- KOZYN, Andrew y LUBITZ, William, A power loss model for Archimedes screw generators, *Renewable Energy* [en línea], Vol. 108, 2017, Pages 260-273, ISSN 0960-1481, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.02.062>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117301489>) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].
- RORRES, Cesar. The turn of the screw: Optimal design of an Archimedes screw, *Journal of Hydraulic Engineering* [en línea], Vol. 126, N°1, 2017, Pages 72-80, ISSN 07339429, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2000\)126:1\(72\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2000)126:1(72)). <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0034057821&origin=inward>
- SHAHVERDI, Kazem. A Modeling for prediction of design parameters for micro-hydro Archimedean screw turbines, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, [en línea], Vol. 47, 2021, Pages 101-554, ISSN 2213-1388, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101554>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138821005683#!>) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].
- LISICKI, Michal et al. Optimal design and operation of Archimedes screw turbines using Bayesian optimization Optimal design and operation of Archimedes screw turbines using Bayesian optimization, *Applied Energy* [en línea], Vol. 183, 2016, Pages 1404-1417, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.09.084>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261916313861>) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].

Loots, I et al. A review of low head hydropower technologies and applications in a South African context, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea], Vol. 50, 2018, Pages 1254-1268, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.064>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115005353>) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].

s/f Rodamiento de rodillos a rotula 22328-2CS5K/VT143. Consultado el 12 de noviembre del 2022 de: <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/rollerbearings/spherical-roller-bearings/cylindrical-and-taperedbore/index.html?prodid=1550362328>

DELCROSA 2010. Motores de inducción Delcrosa. Consultado el 12 de noviembre del 2022 de: <http://www.delcrosa.com.pe/producto/motor-de-proposito-general/>

ALI RAZA, Muhammad y Yasir SALEEM 2013 Modeling of Archimedes Turbine for Low Head Hydro Power Plant in Simulink MATLAB. *International Journal of Engineering Research & Technology*, pp. 2471-2477. Consulta: 20 de Junio de 2018. <http://www.ijert.org/view-pdf/4577/modeling-of-archimedes-turbine-for-low-headhydro-power-plant-in-simulink-matlab>

FIORELLA REPRESENTACIONES SAC. Laminado en Frío (LAF). Calidad estructural. Consultado el 12 de noviembre del 2022 de: <https://www.fiorellarepre.com.pe/FichaTecnica/605010.pdf>

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (2019). Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación tecnológica – Reglamento RENACYT. https://portal.concytec.gob.pe/images/renacyt/reglamento_renacyt_version_final.pdf

SAMPIERI, R. H. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.

DJUN, Man y LEE, Pui San. Modelling the energy extraction from low-velocity stream water by small scale Archimedes screw turbine, *Journal of King Saud University* -

Engineering Sciences [en línea], 2021, Vol. 1, Pages , ISSN 1018-3639,
<https://doi.org/10.1016/j.jksues.2021.04.006>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363921000696>) [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2022].

Schleicher, W., Ma, H., Riglin, J., Kraybill, Z., Wei, W., Klein, R., Oztekin, A., 2018. Characteristics of a micro-hydro turbine. *J. Renew. Sustain. Energy* 6 (1), 013119. <https://doi.org/10.1063/1.4862986>.

Shahidul, M.I., Tarmizi, S., Yassin, A., Othman, A.K., Zen, H., Hung, T.C., Lee, M.D., 2018. Modeling the energy extraction from in-stream water by multi stage blade system of cross flow micro hydro turbine. *Proc. Eng.* 105, 488–494. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.05.081>.

Shahverdi, K., Loni, R., Ghobadian, B., Gohari, S., Marofi, S., Bellos, E., 2020. Numerical optimization study of archimedes screw turbine (AST): A case study. *Renew. Energy* 145, 2130–2143. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.124>.

ANEXOS

ANEXO 01: Matriz de operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.D: Ángulo de inclinación	Es la inclinación que tiene el eje de la turbina de Arquímedes con respecto a una recta horizontal, desde el punto donde ingresa el fluido operante. (Siswantara et al. 2019)	Se realizará una visita técnica en base a los cuestionarios realizados para determinar el salto hidráulico, caudal y el ancho disponible del vertedero con ello se obtendrán datos geométricos del ángulo de inclinación del T. A	Ángulo	Canal de regadío Caudal Salto hidráulico Generación de energía eléctrica	Razón
V.D: Rendimiento	El rendimiento se define como el coeficiente entre el trabajo útil que realiza la máquina en un intervalo de tiempo determinado y el trabajo entregado de cierta máquina J. Cruz (2018).	Se realizará un análisis matemático determinando el beneficio del aprovechamiento de los recursos hídricos del asentamiento Humano Campo Bello, ubicado en Julcán.	Tiempo	Eficiencia; trabajo/horas	Razón

ANEXO 02: Instrumentos de recolección de datos

CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDAD DE VIDA EN RELACIÓN AL SERVICIO DEL ASENTAMIENTO HUMANDO CAMPO BELLO-JULCÁN

Objetivo:

Cuestionario para la recolección de datos de los pobladores del asentamiento humano Campo Bello ubicado en la localidad de Julcán, con la finalidad de conocer cuantas personas tienen acceso a un canal de regadío y gozan de tener energía eléctrica. Se agradece su apertura a la participación de este cuestionario, el cual tiene un objetivo netamente académico.

Este cuestionario es anónimo, por favor sírvase a indicar **SI, NO**.

Donde:

- SI: Respuesta afirmativa
- No: Respuesta negativa

ENUNCIADO	Respuesta	
	Si	No
1. ¿Cuenta con acceso a un canal de regadío cercano a su hogar?		
2. ¿Podríamos realizar mediciones y cálculos hidráulicos para la viabilidad de la instalación de un tornillo de Arquímedes en su canal de regadío?		
3. ¿Estaría de acuerdo con el diseño de un vertedero en su canal de regadío?		
4. ¿Cuenta con un caudal de agua constante durante todo el año?		
5. ¿Cuenta con servicio de electricidad en su hogar?		
6. ¿Tiene electrodomésticos y aparatos eléctricos de primera necesidad en su hogar? (TV, Radio, Computadora, Celulares, Laptop, Focos, etc)		
7. ¿Cuenta con acceso a una red de internet?		
8. ¿Cuenta con equipos de agricultura que necesiten electricidad (bombas, trituradoras, etc)?		
9. ¿Cuenta con un generador en casa?		
10. ¿Su consumo mensual es de más de 5kwh por mes?		

¡Muchas gracias por su participación!

CONFIABILIDAD DEL CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDAD DE VIDA EN RELACIÓN AL SERVICIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO CAMPO BELLO-JULCÁN

RESPUESTAS	
"Si"=	1
"No"=	0

Coefficiente Kuder Richardson "KR-20"

PREGUNTAS											
Individuos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	5
2	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3
3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
4	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	3
5	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	7
6	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	4
7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	3
8	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	7
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Totales	7	7	4	5	4	3	6	4	6	7	
p	0.7	0.7	0.4	0.5	0.4	0.3	0.6	0.4	0.6	0.7	
q	0.3	0.3	0.6	0.5	0.6	0.7	0.4	0.6	0.4	0.3	
p*q	0.21	0.21	0.24	0.25	0.24	0.21	0.24	0.24	0.24	0.21	
Σ(p*q)	2.29										
σ²	7.79										
k	10										

k/(k-1)	1.11
1- (Σ(p*q)/σ²)	0.71

KR-20	0.78
--------------	-------------


AUTORES	
Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189) ²	
Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318)	

$$r_{kr20} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum pq}{\sigma^2} \right)$$

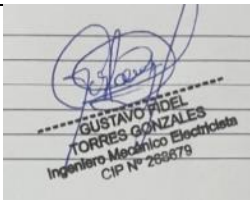
Donde:
k: Número de items del instrumento
p: porcentaje de personas que respondieron "si" cada item
q: porcentaje de personas que respondieron "no" cada item
σ²: varianza total del instrumento

KR-20	Interpretación
0,9 - 1	EXCELENTE
0,8 - 0,9	BUENA
0,7 - 0,8	ACEPTABLE
0,6 - 0,7	DEBIL
0,5 - 0,6	POBRE
<0,5	INACEPTABLE

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDAD DE VIDA EN RELACIÓN AL SERVICIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO CAMPO BELLO- JULCÁN
Objetivo del instrumento	Recolección de datos para dar a conocer cuantas personas tienen acceso a un canal de riego y gozan de tener energía eléctrica.
Nombres y apellidos del experto	Oscar Danny Valderrama Romero
Documento de identidad	43734255
Años de experiencia en el área	7 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	UCV
Cargo	Supervisor de Mantenimiento
Número telefónico	+51 947627239
Firma	
Fecha	26 /11 / 2022

Nombre del instrumento	CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDAD DE VIDA EN RELACIÓN AL SERVICIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO CAMPO BELLO- JULCÁN
Objetivo del instrumento	Recolección de datos para dar a conocer cuantas personas tienen acceso a un canal de riego y gozan de tener energía eléctrica.
Nombres y apellidos del experto	Ronald Benjamín Plasencia Medina
Documento de identidad	43734255
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	UCV
Cargo	Mantenimiento
Número telefónico	+51 948 612 337
Firma	
Fecha	26 /11 / 2022

Nombre del instrumento	CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDAD DE VIDA EN RELACIÓN AL SERVICIO DEL ASENTAMIENTO HUMANO CAMPO BELLO- JULCÁN
Objetivo del instrumento	Recolección de datos para dar a conocer cuantas personas tienen acceso a un canal de regadío y gozan de tener energía eléctrica.
Nombres y apellidos del experto	Gustavo Fidel Torres Gonzales
Documento de identidad	45444983
Años de experiencia en el área	2 años de experiencia
Máximo Grado Académico	Ingeniero
Nacionalidad	Peruana
Institución	UCV
Cargo	Ingeniero Mecánico Electricista
Número telefónico	+51 939 393 072
Firma	 A handwritten signature in blue ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the following text: "GUSTAVO FIDEL TORRES GONZALES", "Ingeniero Mecánico Electricista", and "CIP N° 268479".
Fecha	26 /11 / 2022

ANEXO 03: Acta de Reunión de validación del diseño mediante VDI 2221

PROYECTO DE TESIS: Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes		VERSIÓN: 01	
		CÓDIGO: FOR-PS-015	
		PÁGINA: 1 DE 1	
ACTUA DE REUNIÓN PARA TESIS			
ACTA DE REUNIÓN			
Comité o Grupo: Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189) Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318) Ing. Ronald Benjamin Plasencia Medina		Acta No: 01	
Citada por: Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189) Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318)		Fecha: 20 de octubre del 2022	
Coordinador: Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189)		Hora inicio: 7:00pm Fin: 8.00pm	
Secretario: Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318)		Lugar: Virtual (Zoom)	
PARTICIPANTES			
No.	Nombre	Cargo	Teléfono
1	Bchr. Barreto Gómez César Augusto	Ingeniero Mecánico Electricista	902 401 054
2	Bchr. Ramos Pereda Juan Andrés	Ingeniero Mecánico Electricista	999 729 930
3	Ing. Ronald Benjamín Plasencia Medina	Jefe de Planta de Trupal S.A	948612337
4			
PUNTOS DE DISCUSION			
1	Evaluación de la matriz morfológica del diseño de un tornillo de Arquímedes		
2	Evaluación de los conceptos de solución: Técnica y económica		
3			
4			
5			
6			

PROYECTO DE TESIS: Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes

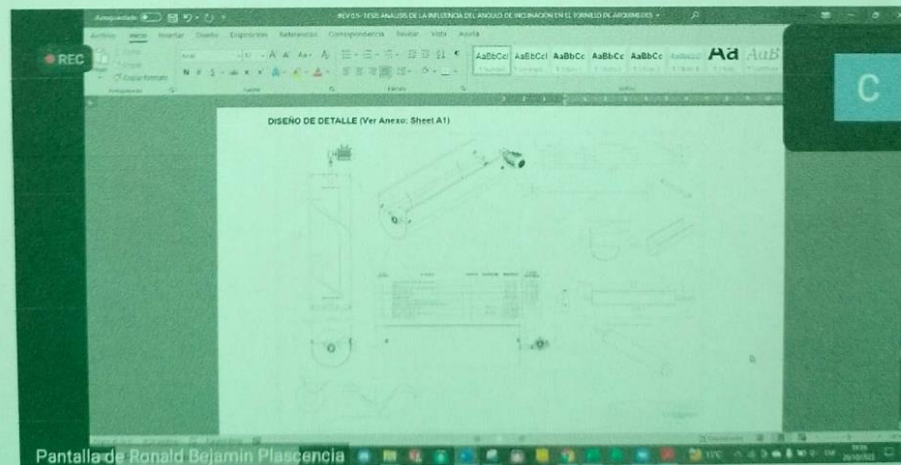
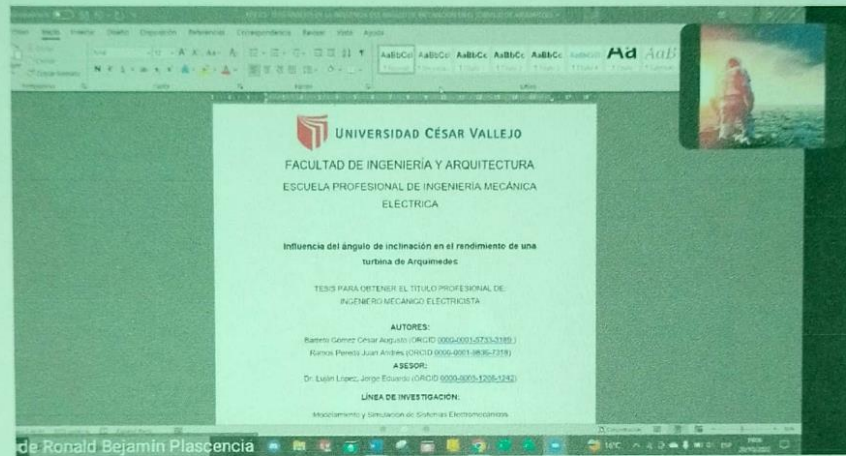
VERSIÓN: 01

CÓDIGO: FOR-PS-015

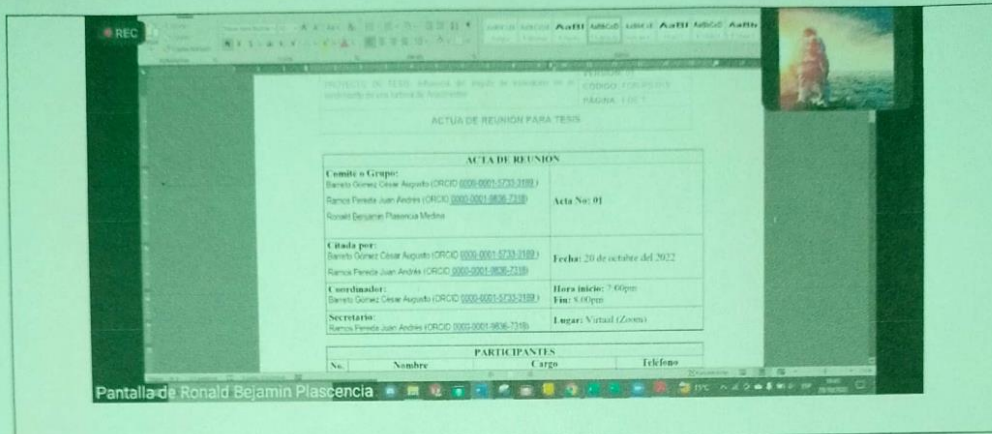
PÁGINA: 2 DE 1

ACTUA DE REUNIÓN PARA TESIS

DESARROLLO DE LA REUNIÓN



PROYECTO DE TESIS: Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes	VERSIÓN: 01
	CÓDIGO: FOR-PS-015
	PÁGINA: 3 DE 1
ACTUA DE REUNIÓN PARA TESIS	



Observaciones.
 Considerar fuentes bibliográficas sobre el mantenimiento, costos, fabricación y similares.
 Considerar materia prima y componentes en el presupuesto del proyecto.

CONCLUSIONES				
No	Tarea	Responsable	Período de cumplimiento	Observaciones
1	Detallar fuentes y antecedentes, que se consideraron para el puntaje y porcentajes asignados	Barreto Gómez César Augusto	Inmediato	N/A
2	Elaborar el presupuesto correspondiente del proyecto	Ramos Pereda Juan Andrés	Inmediato	N/A

FIRMAS DE CONCLUSION				
No	Participante	Firma	Fecha	Observaciones
1	Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189)		20/10/22	N/A
2	Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318)		20/10/22	N/A
3	Ing. Ronald Benjamín Plasencia Medina		20/10/22	N/A

Ing. Ronald Plasencia Medina
 SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO

ANEXO 04: Diseño Paramétrico

Determinación de parámetros para el diseño del tornillo de Arquímedes.

Determinación del caudal, de la visita se tiene los siguientes datos:

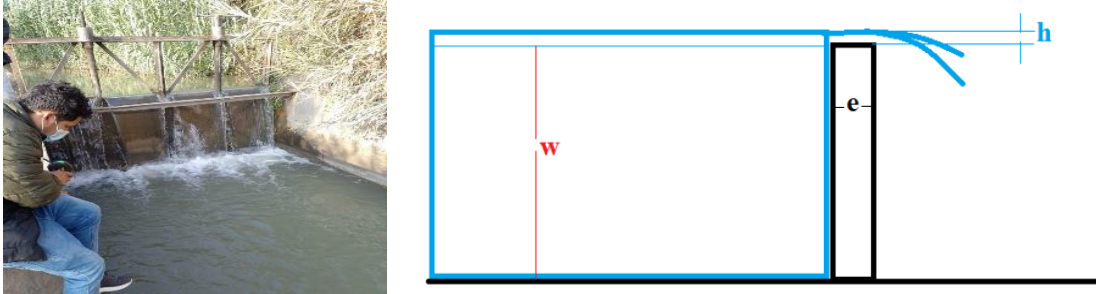


Figura 22: a) Toma de datos del vertedero y b) Representación del vertedero de pared gruesa

Considerando la compuerta como un vertedero para tener los datos del caudal mínimo que se suministra a los canales hidráulicos para la agricultura, tenemos que:

- $w = 1.32m$
- $e = 25cm = 0.025m$
- $h = 15cm = 0.15m$
- $b = 1.62m * 2 = 3.24m$

Por lo tanto, tenemos que:

$$\frac{e}{h} = \frac{25}{15} = 1.667 > 0.67$$

Por esto, se considerará como pared gruesa, y los cálculos se muestran a continuación:

$$\frac{w}{h} = \frac{1.32}{0.15} = 8.8 \geq 2.04$$

Por lo tanto, de la tabla 1 podemos observar:

$$\lambda_e = 0.33$$

Por otro lado:

$$\frac{h}{h+w} = \frac{0.15}{0.15+1.32} = 0.102$$

Extrapolando de la tabla 2, tenemos:

$$\varphi = 0.525 \rightarrow y_c = \frac{h}{\varphi} = \frac{0.15}{0.525} = 0.285$$

$$y_c = 0.285$$

Luego, aplicando la ecuación 4:

$$n = 0.8772$$

Mediante la ecuación 3, se determinará el coeficiente de gasto

$$C = \frac{\left[1 + 0.26 \left(\frac{h}{h+w}\right)^2\right] \sqrt{g}}{\left(\frac{3}{2} + \frac{\lambda_e}{2} + 0.004n\right)^{3/2}}$$

$$C = \frac{[1 + 0.26(0.102)^2] \sqrt{9.81}}{\left(\frac{3}{2} + \frac{0.33}{2} + 0.004(0.8772)\right)^{3/2}}$$

$$C = 1.4572$$

Por otro lado, para la determinación del caudal, aplicamos la ecuación 2, y nos permitió calcular el coeficiente de reducción de carga:

$$\varepsilon_1 = 0.811$$

Finalmente, el caudal (ecuación 1), que tendremos disponible en el canal de regadío analizado, es:

$$Q = 0.2224 \text{ m}^3/\text{s}$$

ANEXO 05: Memoria de cálculo de Excel

Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes			
Parametros de entrada	Valor	Unidades	
Caudal (Q)	0.224	m ³ /s	
Salto (H)	1.2	m	
Angulo de inclinación (θ)	25	°	
Numero de hilos (N)	1	unid	
Densidad (ρ)	999.19	kg/m ³	
Gravedad (g)	9.81	m/s ²	
Ángulo exterior del helicoido (α)	40	°	
Parametros de salida	Valor	Unidades	
Eficiencia teorica (Ec. 24)	0.70	unid	
Santa Cruz (2018)			
Diametro del helicoidel a partir de la eficiencia teórica (d3) (Ec. 25)	1.10	m	
Diámetro del eje hueco (d2) (Ec. 14)	0.55	m	
Longitud de la hélice (Le) (Ec. 10)	2.84	m	
Longitud del eje hueco (Lh) (Ec. 28)	3.19	m	
Avance (P) (Ec. 11)	2.07	m	
Paso (Px) (Ec. 08)	2.07	m	
Angulo Interior (β) (Ec. 12)	59.21	°	
Area (A) (Tabla 3)	0.36	m ²	
Centroide (Yc) (Tabla 3)	0.27	m	
Fuerza axial (Fx) (Ec. 17)	3073.48	N	
Fuerza tangencial (Fz) (Ec. 18)	2578.96	N	
Torque (T) (Ec. 19)	968.35	Nm	
velocidad angular (ω) (Ec.20)	1.92	rad/s	
Potencia teórica (Pot teorica) (Ec.21)	1855.13	Watts	
Potencia en el eje (Peje) (Ec.26)	1306.17	Watts	
Potencia del sistema	1161.83	Watts	

Parametros de entrada	Valor	Unidades	
nm	97%	%	
ng	92%	%	
p acero	7850	kg/m ³	
e (espesor de las helices)	0.006	m	
diametro interior d2	0.521833022	m	
ee(espesor del eje hueco)	1.51E-02	m	
Diametro del eje solido	0.1	m	
Longitud eje solido 1 (Inferior) (L1)	0.3	m	
Longitud eje solido 2 (Superior) (L2)	0.45	m	
Parametros de salida	Valor	Unidades	
Fuerza radial (Fy)	6591.11	N	
Whelpx Peso de la hélice (1paso)	331.7414178	N	
Whelx Peso de la hélice	512.7427639	N	
W ab Peso del eje hueco	6261.45569	N	
W1Peso eje inferior	23.09554539	N	
W2 Peso eje superior	34.64331809	N	
Fx total	4222.582258	N	
Fy total	9055.356874	N	
Fz total	3543.167215	N	
Mt	968.3534362	Nm	
Mz	48726.1	Nm	
My	4063.03	Nm	
Vz	4192.42	N	
Vy	10185	N	
Mf	48895.20461	Nm	
V	11014.10961	N	

Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes			
Parametros de entrada	Valor	Unidades	
Caudal (Q)	0.13344	m ³ /s	
Salto (H)	1.2	m	
Angulo de inclinación (θ)	25	°	
Numero de hilos (N)	1	unid	
Densidad (ρ)	999.19	kg/m ³	
Gravedad (g)	9.81	m/s ²	
Ángulo exterior del helicoido (α)	40	°	
Parametros de salida	Valor	Unidades	
Eficiencia teorica (Ec. 24)	0.70	unid	
Santa Cruz (2018)			
Diametro del helicoidel a partir de la eficiencia teórica (d3) (Ec. 25)	0.85	m	
Diámetro del eje hueco (d2) (Ec. 14)	0.43	m	
Longitud de la hélice (Le) (Ec. 10)	2.84	m	
Longitud del eje hueco (Lh) (Ec. 28)	3.19	m	
Avance (P) (Ec. 11)	1.60	m	
Paso (Px) (Ec. 08)	1.60	m	
Angulo Interior (β) (Ec. 12)	59.21	°	
Area (A) (Tabla 3)	0.21	m ²	
Centroide (Yc) (Tabla 3)	0.21	m	
Fuerza axial (Fx) (Ec. 17)	1413.15	N	
Fuerza tangencial (Fz) (Ec. 18)	1185.77	N	
Torque (T) (Ec. 19)	445.24	Nm	
velocidad angular (ω) (Ec.20)	2.48	rad/s	
Potencia teórica (Pot teorica) (Ec.21)	1105.13	Watts	
Potencia en el eje (Peje) (Ec.26)	778.11	Watts	
Potencia del sistema	692.12	Watts	

Parametros de entrada	Valor	Unidades	
nm	97%	%	
ng	92%	%	
p acero	7850	kg/m ³	
e (espesor de las helices)	0.006	m	
diametro interior d2	0.395877613	m	
ee(espesor del eje hueco)	1.51E-02	m	
Diametro del eje solido	0.1	m	
Longitud eje solido 1 (Inferior) (L1)	0.3	m	
Longitud eje solido 2 (Superior) (L2)	0.45	m	
Parametros de salida	Valor	Unidades	
Fuerza radial (Fy)	3030.51	N	
Whelpx Peso de la hélice (1paso)	197.6231017	N	
Whelx Peso de la hélice	395.7478349	N	
W ab Peso del eje hueco	4792.596697	N	
W1Peso eje inferior	23.09554539	N	
W2 Peso eje superior	34.64331809	N	
Fx total	2515.452573	N	
Fy total	5394.405452	N	
Fz total	2110.715327	N	
Mt	445.2366643	Nm	
Mz	48726.1	Nm	
My	4063.03	Nm	
Vz	4192.42	N	
Vy	10185	N	
Mf	48895.20461	Nm	
V	11014.10961	N	

ANEXO 06: Diseño de Eje del Tornillo de Arquímedes:

5/10/22, 11:01

Shaft Component Generator

Shaft Component Generator (Version: 2023 (Build 270158000, 158))

5/10/2022

Project Info (iProperties)

Summary

Project

Status

Calculation

Material

Material		User material
Modulus of Elasticity	E	206000 MPa
Modulus of Rigidity	G	80000 MPa
Density	ρ	7860 kg/m ³

Calculation Properties

Include		
Yes	Density	ρ 7860 kg/m ³
Yes	Shear Displacement Ratio	β 1.188 ul
Yes	Number of Divisions	1000 ul
	Mode of reduced stress	HMH

Loads

Index	Location	Radial Force				Bending Moment				Continuous Load				Axial Force	Torque	Deflection				De			
		Y	X	Size	Direction	Y	X	Size	Direction	Y	X	Size	Direction			Length	Y	X	Size		Direction		
1	0 mm																						
	300 mm									0.077 N/mm	0.077 N/mm		300.000 mm										
2	302 mm												3190.000 mm										
	3492 mm									3.224 N/mm	3.224 N/mm												
3	302 mm												2840.000 mm										
	3142 mm									0.180 N/mm	0.180 N/mm												
4	520 mm																						
5	1720 mm	8990.000 N		8990.000 N																			
6	1720 mm	0.000 N	-4192.420 N	4192.420 N	-90.00 deg																		
7	2920 mm																						
8	3490 mm												450.000 mm										
	3940 mm									0.077 N/mm	0.077 N/mm												

Supports

Index	Type	Location	Reaction Force				Axial Force	Yielding	Type	Deflection				Deflection Angle
			Y	X	Size	Direction				Y	X	Size	Direction	
1	Fixed	0 mm	41221.410 N	-2362.226 N	41289.040 N	356.72 deg	0.001 microm/N	User	-29.040 microm	1.664 microm	29.087 microm	176.72 deg	0.12 deg	
2	Free	3940 mm	37493.950 N	-1830.194 N	37538.592 N	357.21 deg	0.001 microm/N	User	-26.677 microm	1.302 microm	26.709 microm	177.21 deg	0.21 deg	

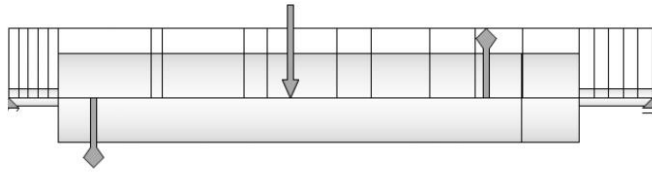
Results

Length	L	3940.000 mm
Mass	Mass	6003.311 kg
Maximal Bending Stress	σ_B	171.339 MPa
Maximal Shear Stress	τ_S	5.257 MPa
Maximal Torsional Stress	τ	0.029 MPa
Maximal Tension Stress	σ_T	0.000 MPa
Maximal Reduced Stress	σ_{red}	171.535 MPa
Maximal Deflection	f_{max}	1123.083 microm
Angle of Twist	ϕ	-0.00 deg

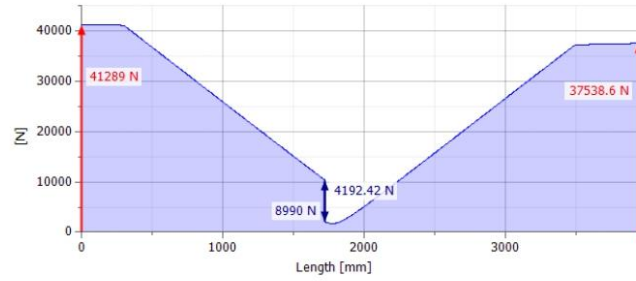
Preview

file:///C:/Users/LAPTOP98/AppData/Local/Temp/DA/SHAFT.html

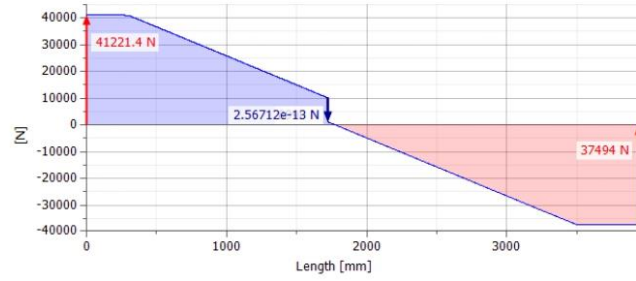
1/7



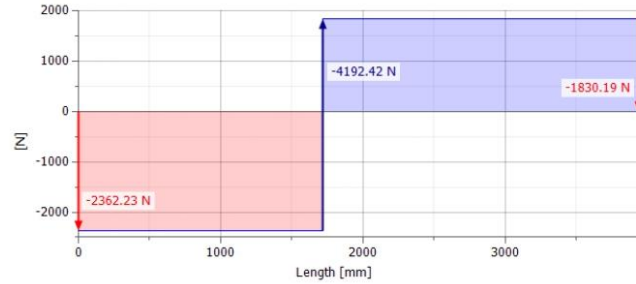
Shear Force



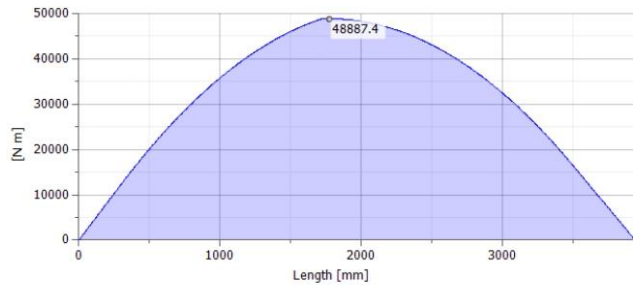
Shear Force, YZ Plane



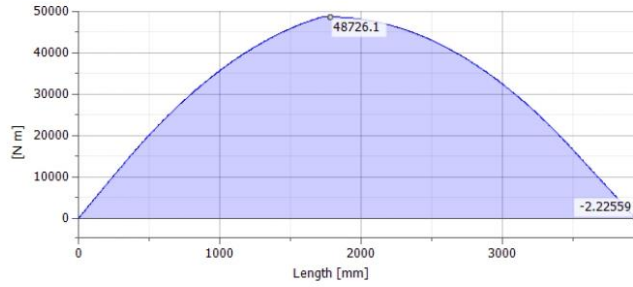
Shear Force, XZ Plane



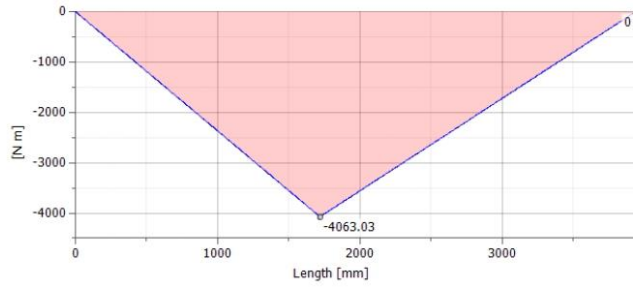
Bending Moment



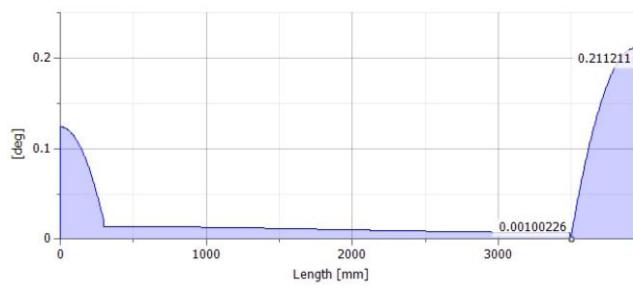
Bending Moment, YZ Plane



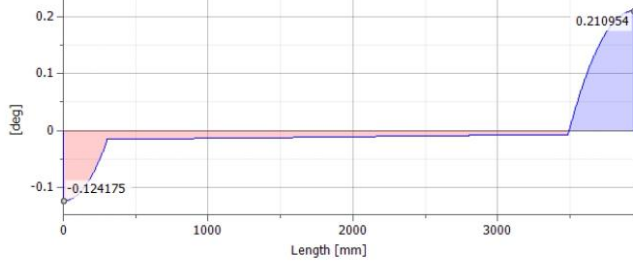
Bending Moment, XZ Plane



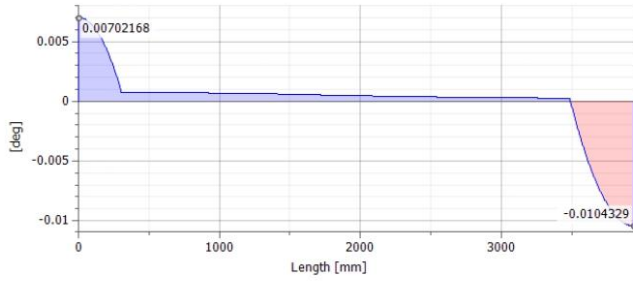
Deflection Angle



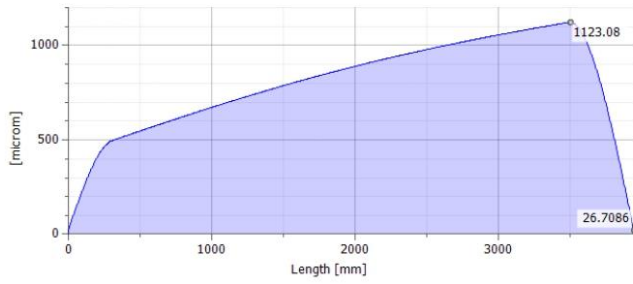
Deflection Angle, YZ Plane



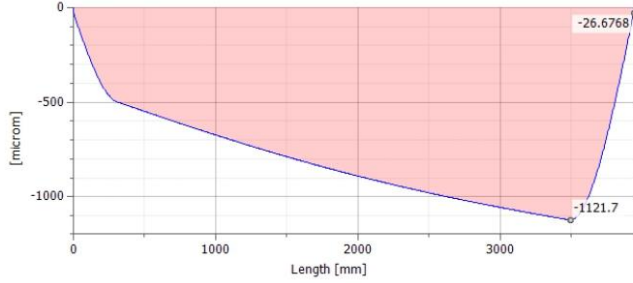
Deflection Angle, XZ Plane



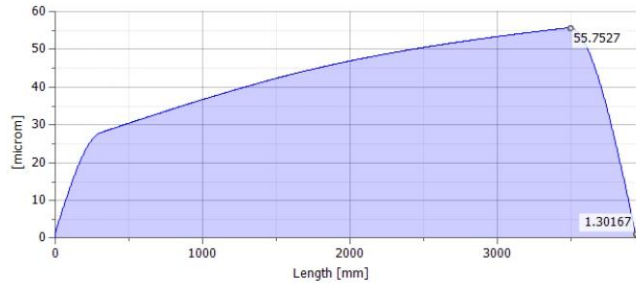
Deflection



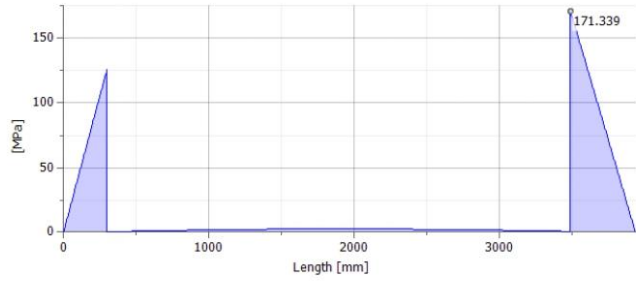
Deflection, YZ Plane



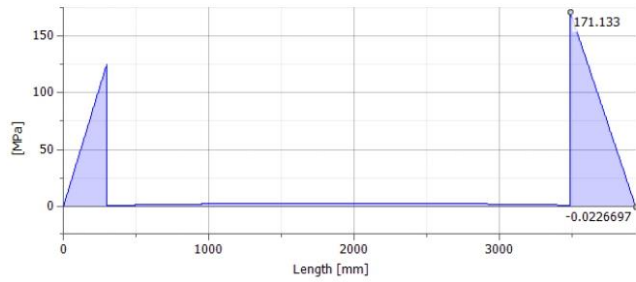
Deflection, XZ Plane



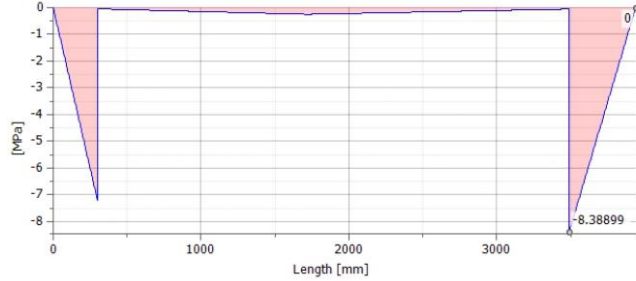
Bending Stress



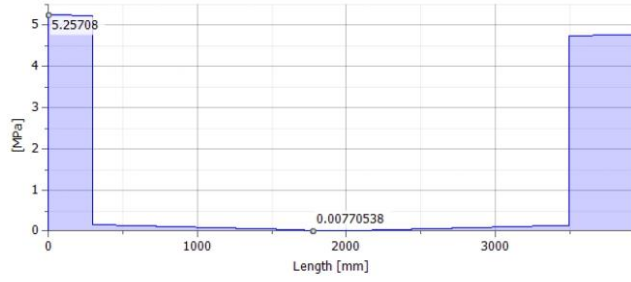
Bending Stress, YZ Plane



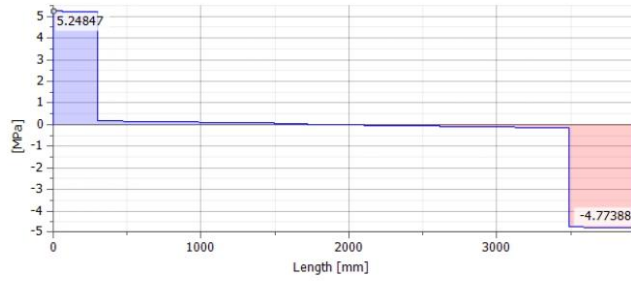
Bending Stress, XZ Plane



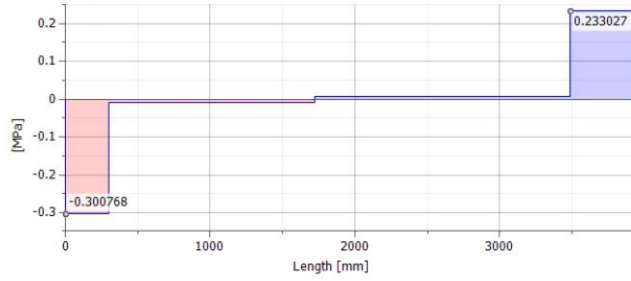
Shear Stress



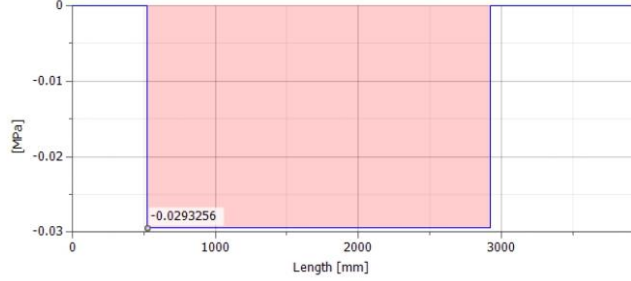
Shear Stress, YZ Plane



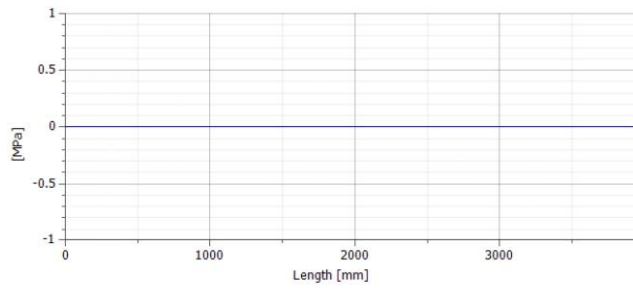
Shear Stress, XZ Plane



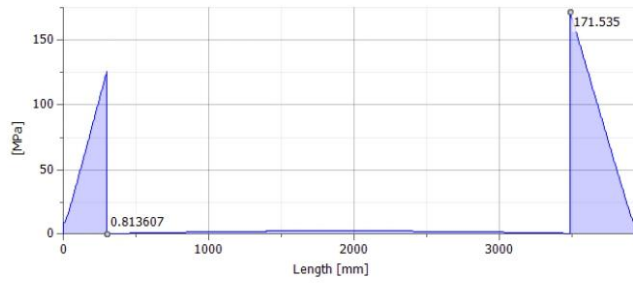
Torsional Stress



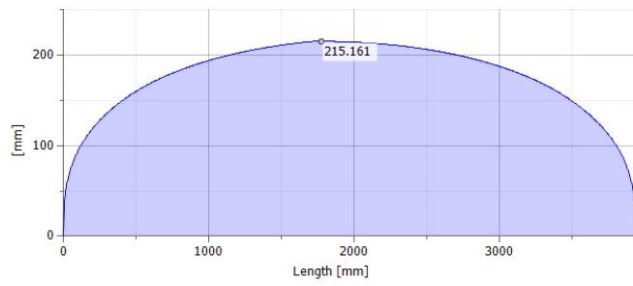
Tension Stress



Reduced Stress



Ideal Diameter



Summary of Messages

ANEXO 07: Rodamiento de bolas a rótula



2320 M



Rodamiento de bolas a rótula

Los rodamientos de bolas a rótula tienen dos hileras de bolas, un camino de rodadura común esférico en el aro exterior y dos ranuras de rodadura profundas e ininterrumpidas en el aro interior. Son insensibles a la desalineación angular del eje con respecto al soporte, que puede ser causada, por ejemplo, por la flexión del eje.

- Admiten desalineaciones estáticas y dinámicas
- Excelente rendimiento a alta velocidad
- Excelente rendimiento con cargas livianas
- Baja fricción

Overview

Dimensiones

Ancho	73 mm
Diámetro exterior	215 mm
Diámetro interno	100 mm

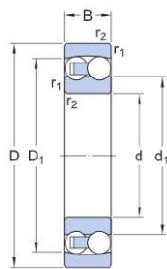
Propiedades

Característica de relubricación	Sin
Clase de tolerancia	Normal
Elemento de fijación, aro exterior del rodamiento	Ninguna
Elemento de retención, aro interior	Ninguna
Jaula	Mecanizado metálico
Juego radial interno	CN
Lubricante	Ninguna
Material, rodamiento	Acero para rodamientos
Recubrimiento	Sin
Sellado	Sin
Tipo de agujero	Cilíndrico

Especificación técnica

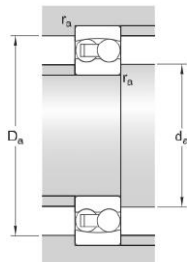
Tipo de agujero

Cilíndrico



Dimensiones

d	100 mm	Diámetro del agujero
D	215 mm	Diámetro exterior
B	73 mm	Ancho
d_1	≈ 135.3 mm	Diámetro del resalte del aro interior
D_1	≈ 183.3 mm	Diámetro del resalte del aro exterior
$r_{1,2}$	min. 3 mm	Dimensión del chaflán



Dimensiones de los resaltes

d_a	min. 114 mm	Diámetro del resalte del eje
D_a	max. 201 mm	Diámetro del resalte del soporte
r_a	max. 3 mm	Radio de acuerdo

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	190 kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	80 kN
Carga límite de fatiga	P_u	3.25 kN
Velocidad de referencia		5 600 r/min



Velocidad límite		4 000 r/min
Desalineación angular admisible	α	3 °
Factor de cálculo	k_r	0.05
Factor de cálculo	e	0.37
Factor de cálculo	Y_0	1.8
Factor de cálculo	Y_1	1.7
Factor de cálculo	Y_2	2.6

Masa

Masa de rodamiento		12.5 kg
--------------------	--	---------



Términos y condiciones

Al visitar y utilizar esta página web/aplicación, publicada por AB SKG (publ.) (556007-3495 - Gotemburgo) ("SKF") y de su propiedad, usted acepta cumplir los siguientes términos y condiciones:

Limitación de la garantía y de la responsabilidad

Aunque se ha puesto el máximo empeño en asegurar la exactitud de la información incluida en esta página web/aplicación, SKF proporciona dicha información "TAL CUAL", y DENIEGA CUALQUIER GARANTÍA, EXPRESA O IMPLÍCITA, INCLUIDAS, ENTRE OTRAS, LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS DE COMERCIABILIDAD Y APTITUD PARA FINES ESPECÍFICOS. Usted reconoce que utilizará esta página web/aplicación bajo su entera responsabilidad, que asume la responsabilidad absoluta de todos los costos asociados al uso de esta página web/aplicación y que SKF no será responsable de ningún daño directo, incidental, consecuente ni indirecto de ningún tipo, derivado de su acceso a la información o los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación o del uso de estos. Todas las garantías y manifestaciones incluidas en esta página web/aplicación acerca de los productos o servicios de SKF que usted adquiera o use estarán sujetas a los términos y condiciones acordados en el contrato del producto o servicio en cuestión. Asimismo, en lo que respecta a las páginas web/aplicaciones no pertenecientes a SKF mencionadas en nuestra página web/aplicación o donde se incluya un hipervínculo, SKF no ofrece garantía alguna respecto de la exactitud o la confiabilidad de la información incluida en dichas páginas web/aplicaciones y no asumirá ninguna responsabilidad sobre el material creado o publicado por terceros incluido en dichas páginas y aplicaciones. Además, SKF tampoco garantiza que esta página web/aplicación ni que esas otras páginas web/aplicaciones vinculadas estén libres de virus u otros elementos perjudiciales.

Derechos de autor

Los derechos de autor de esta página web/aplicación y el derecho de autor de la información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación pertenecen a SKF o a los otorgantes de su autorización de uso. Quedan reservados todos los derechos. Todo el material autorizado para su uso mencionará al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar el material. La información y los programas informáticos disponibles en esta página web/aplicación no podrán reproducirse, duplicarse, copiarse, transmitirse, distribuirse, almacenarse, modificarse, descargarse ni explotarse de ningún otro modo para uso comercial sin la autorización previa por escrito de SKF. No obstante, sí podrán reproducirse, almacenarse y descargarse para su uso por parte de particulares sin la autorización previa por escrito de SKF. En ningún caso se podrá facilitar esta información o programas informáticos a terceros. Esta página web/aplicación incluye determinadas imágenes que se utilizan bajo licencia de Shutterstock, Inc.

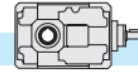
Marcas comerciales y patentes

Todas las marcas comerciales, nombres de marcas y logotipos de empresas que aparecen en la página web/aplicación son propiedad de SKF o de los otorgantes de su autorización de uso, y no podrán ser utilizados de ningún modo sin la autorización previa por escrito de SKF. Todas las marcas comerciales autorizadas publicadas en esta página web/aplicación mencionan al otorgante que haya concedido a SKF el derecho a utilizar la marca comercial. El acceso a esta página web/aplicación no concede al usuario ningún derecho sobre las patentes propiedad de SKF o autorizadas a SKF.

Cambios

SKF se reserva el derecho a introducir cambios o ampliaciones de esta página web/aplicación en cualquier momento.

ANEXO 08: Selección del reductor



2.8 Datos técnicos

2.8 Technical data

2.8 Données techniques

T	n ₁ = 1400			TC - TF				TA	
	in	ir	n ₂ rpm	T ₂ Nm	P1 kW	FS'	IEC	T _{2M} Nm	P kW
100C	50	52.18	27	993	3	1.3		1300	3.9
	63	62.53	22	1190	3	1.1	71	1350	3.4
	80	79.58	18	1111	2.2	1.3	80	1410	2.8
	100	99.97	14	1395	2.2	1.1	90	1470	2.3
	125	119.78	12	1368	1.8	1.1	100	1480	1.9
	160	152.45	9	1064	1.1	1.3	112 (B5)	1360	1.4
	200	182.67	8	1275	1.1	1.1	TC-TF	1400	1.2
	250	240.51	6	1330	0.90	1.1		1500	1.0
	315	306.11	5	1456	0.75	1.1	90* (B14)	1480	0.80
	400	366.78	4	1280	0.55	1.1		1400	0.60
	500	474.35	3	1113	0.37	1.3	TC	1360	0.50
	630	613.46	2	973	0.25	1.2		1240	0.30
	7*	6.88	203	983	22	1.3		1200	27.9
	10	10.25	137	1461	22	1.3		1850	27.9
	12.5	13.05	107	1860	22	1.1		2050	24.3
	16	15.63	90	1874	18.5	1.2	80	2200	21.7

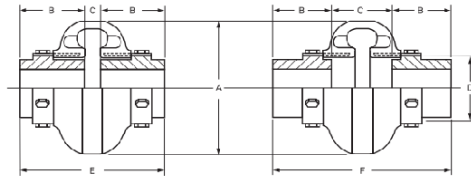
T	n ₁ = 1400			TC - TF				TA	
	in	ir	n ₂ rpm	T ₂ Nm	P1 kW	FS'	IEC	T _{2M} Nm	P kW
160C	50	52.18	27	4966	15	1.0		5130	15.5
	63	62.53	22	4363	11	1.2		5350	13.5
	80	79.58	18	5570	11	1.0		5570	11.0
	100	99.97	14	5800	9.2	1.0	80	5800	9.2
	125	119.78	12	5699	7.5	1.0	90	5800	7.6
	160	152.45	9	5319	5.5	1.0	100	5470	5.7
	200	182.67	8	4635	4	1.2	112	5560	4.8
	225*	203.63	7	5149	4	1.1	132 (B5)	5800	4.5
	250	240.51	6	5890	4	1.0	160	5890	4.0
	315	306.11	5	5920	3	1.0	180 (B5)	5826	3.0
	400	366.78	4	5119	2.2	1.1	TC-TF	5600	2.4
	450*	408.87	3	5747	2.2	1.0		5700	2.2
500	474.35	3	5280	1.8	1.0		5280	1.8	
550*	528.78	3	5124	1.5	1.1		5360	1.6	
630	613.46	2	4281	1.1	1.2		4960	1.3	

160C	i _n	TA	TC						TF					
			IEC B5											
			80	90	110-112	132	160	180	80	90	110-112	132	160	180
	50	23.13	24.26	24.13	24.27	27.47	31.89	34.91	25.33	27.71	27.88	42.74	44.92	90.19
	63	22.01	23.14	23.01	23.15	26.35	30.77	33.79	24.21	26.59	26.77	41.63	43.81	89.07
	80	21.76	22.89	22.76	22.90	26.10	30.52	33.54	23.96	26.34	26.51	41.37	43.56	88.82
	100	8.65	9.61	9.48	9.62	12.82	17.24	20.26	10.85	13.23	13.40	28.26	30.45	75.71
	125	8.35	9.30	9.17	9.31	12.51	16.94	19.95	10.54	12.92	13.10	27.96	30.14	75.41
	160	8.28	9.23	9.10	9.24	12.44	16.87	19.88	10.47	12.86	13.03	27.89	30.07	75.34
	200	8.26	9.21	9.09	9.22	12.42	16.85	19.87	10.46	12.84	13.01	27.87	30.05	75.32
	225*	8.25	9.20	9.08	9.21	12.41	16.84	19.86	10.44	12.83	13.00	27.86	30.04	75.31
	250	4.26	4.92	4.79	4.93	8.13	12.55	15.57	6.46	8.84	9.01	23.87	26.05	71.32
	315	4.24	4.90	4.77	4.91	8.11	12.53	15.55	6.44	8.82	9.00	23.86	26.04	71.30
	400	4.24	4.90	4.77	4.91	8.11	12.53	15.55	6.43	8.81	8.99	23.85	26.03	71.30
	450*	4.23	4.89	4.76	4.90	8.10	12.52	15.54	6.43	8.81	8.99	23.85	26.03	71.29
	500	4.17	4.83	4.70	4.84	8.03	12.46	15.48	6.36	8.74	8.92	23.78	25.96	71.23
	550*	4.16	4.82	4.69	4.83	8.03	12.46	15.47	6.36	8.74	8.92	23.78	25.96	71.22
	630	4.16	4.82	4.69	4.83	8.03	12.45	15.47	6.36	8.74	8.92	23.78	25.96	71.22

η	T...B	T...C
	0.95	0.93

ANEXO 09: Selección del acople

MAX DYNAMIC® STANDARD coupling



MAX DYNAMIC® COUPLING NO.	Torque (N.m)	Max. Bore (mm)	Max. rpm	Power Rating (kw/rpm)	Dimensions in mm							Weight (kg)		
					A	B	C		D	E		F	Element only	*SSH only
					out dia	hub length	Min. shaft spacing	Max. shaft spacing	hub dia	Total Length in	Total Length out			
D-2	21,58	28	7,500	0,0023	89	24	35	47	47	83	95	0,34	0,52	
D-3	41,20	34	7,500	0,0043	102	37	9	47	59	83	121	0,42	1,27	
D-4	62,78	42	7,500	0,0066	116	37	9	47	66	83	121	0,47	1,66	
D-5	107,91	48	7,500	0,0110	137	45	10	52	80	100	142	0,85	3,23	
D-10	163,83	55	7,500	0,0170	162	45	11	53	93	101	143	1,15	4,30	
D-20	261,93	60	6,600	0,0270	184	50	15	63	114	115	163	1,61	6,86	
D-30	413,00	75	5,800	0,0430	210	56	12	68	138	124	180	2,42	10,58	
D-40	621,95	85	5,000	0,0660	241	61	12	74	168	134	196	3,08	17,20	
D-50	865,24	90	4,200	0,0900	279	69	12	86	207	150	224	4,09	24,24	
D-60	1,412,64	105	3,800	0,1480	318	80	11	99	222	171	259	6,67	32,72	
D-70	2,491,74	120	3,600	0,2620	356	85	18	109	235	189	281	8,64	38,47	

ANEXO 10: Selección del motor de inducción

DATOS TÉCNICOS DE MOTOR SERIE - YD

TAMAÑO IEC	POTENCIA		TENSIÓN (V)	CORRIENTE (A)	VELOCIDAD RPM	EFF. n%	FACTOR DE POTENCIA	To ARRANQUE	I ARRANQUE	To MÁXIMO
	HP	KW						To NOMINAL	I NOMINAL	To NOMINAL
220/380/440V 60Hz Velocidad Síncrona 900 RPM (8 polos)										
YD 90 L8	1.0	0.75	220/380/440	4.2/2.42/2.1	810	68.0	0.58	2.0	5.5	2.0
YD 100 LA8	1.5	1.1	220/380/440	5.56/3.21/2.78	830	74.5	0.66	2.0	5.5	2.0
YD 112 MA8	2	1.5	220/380/440	7.64/4.41/3.82	850	77.0	0.65	2.0	5.5	2.0
YD 132 MA8	4	3	220/380/440	13.2/7.26/6.6	850	79.0	0.71	2.0	5.5	2.0


ANEXO 11: Precio de unidad de rodamiento UCF 201-UCF 210

UCP 320-64 4INCH FYH JEPANG PILLOW BLOCK...

Detail Produk Ulasan Diskusi Rekomendasi

Rp4.300.000

UCP FYH (JEPANG)



MITRA JAYA

Detail Info Penting

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 36 kg
Waktu Preorder: 2 Hari
Kategori: **Mesin Produksi**
Etalase: **Bearing UCP**

BEARING UCP
*Tersedia ukuran dari : UCF 201 - UCF 218
*Tersedia lubang inch dan lubang mili

*NOTE : HARAP HUBUNGI KAMI SEBELUM MELAKUKAN PEMBELIAN
email : mitrajayateknik@gmail.com
wa : 081388256336

Mitra Jaya Teknik.
Online 1 jam lalu
★ 4.9 rata-rata ulasan | ± 2 jam pesanan diproses

Atur jumlah dan catatan

1 Stok Total: **Sisa 10**

Tambah Catatan

Subtotal **Rp4.300.000**

+ Keranjang

PreOrder

Chat Wishlist Share

ANEXO 12: Precio de pernos estructurales M16-2x40-DIN6914



10 Pcs M16-2.0 X 40 mm Din 6914 Pernos estructurales pesado 10.9 Acero Galvanizado - mostrar título original

Estado: **Nuevo**

Cantidad: 31 disponible(s)

Precio: **US \$257.48**
Aproximadamente S/. 1 027.27

¡Cómpralo ahora!

Agregar al carro de compras

♥ Agregar a la Lista de favoritos

Se aceptan devoluciones

Envío: Se hacen envíos a Perú. Para conocer las opciones de envío, lee la descripción del artículo o [contacta al vendedor](#). | [Ver detalles](#)
Ubicado en: Independence, Ohio, Estados Unidos

Entrega: Variable

Devoluciones: 30 día para el reembolso | El comprador paga por la devolución del artículo | [Ver detalles](#)

Compra con confianza

Devolución de tu dinero de eBay

Recibe el artículo que compraste o te devolvemos tu dinero.
[Más información](#)

Información del vendedor

aspen_fasteners (778 ★)
97.4% de comentarios positivos

♥ Guardar este vendedor

[Contactar al vendedor](#)

[Visitar tienda](#)

[Ver otros artículos](#)

ANEXO 13: Ficha técnica de Tubería ASTM A53



Tubos ASTM A53 / ASTM A106 / API 5L Gr. B SCH STD / 40 / XS / 80 / 160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados^(*).

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire. Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.

* Opcional extremos planos



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD			SCH-40			XS			SCH-80			SCH-160		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso	
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78	3.02	0.80	4.8	3.02	0.80	4.8	-	-	-
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04	3.20	1.10	6.6	3.20	1.10	6.6	-	-	-
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62	3.73	1.62	9.72	3.73	1.62	9.72	4.78	1.95	11.7
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14	3.91	2.20	13.2	3.91	2.20	13.2	5.56	2.90	17.4
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15	4.55	3.24	19.44	4.55	3.24	19.44	6.35	4.24	25.44
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34	4.85	4.47	26.82	4.85	4.47	26.82	6.35	5.61	33.66
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3	5.08	5.41	32.46	5.08	5.41	32.46	7.14	7.25	43.5
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64	5.54	7.48	44.88	5.54	7.48	44.88	8.74	11.11	66.66
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78	7.01	11.41	68.46	7.01	11.41	68.46	9.53	14.92	89.52
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74	7.62	15.27	91.62	7.62	15.27	91.62	11.13	21.35	128.1
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42	8.56	22.32	133.92	8.56	22.32	133.92	13.49	33.54	201.24
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62	9.53	30.97	185.82	9.53	30.97	185.82	15.88	49.12	294.72
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56	10.97	42.56	255.36	10.97	42.56	255.36	18.26	67.57	405.42
8	219.1	8.18	42.55	255.3	8.18	42.55	255.3	12.70	64.64	387.84	12.70	64.64	387.84	23.01	111.27	667.62
10	273.0	9.27	60.29	361.74	9.27	60.29	361.74	12.70	81.55	489.3	15.09	95.98	575.88	28.58	172.27	1033.62
12	323.8	9.53	73.88	443.28	10.31	79.71	478.26	12.70	97.46	584.76	17.48	132.05	792.3	33.32	238.69	1432.14
14	355.6	9.53	81.33	487.98	11.13	94.55	567.3	12.70	107.39	644.34	19.05	158.11	948.66	35.71	281.72	1690.32
16	406.4	9.53	93.27	559.62	12.70	123.31	739.86	12.70	123.30	739.8	21.44	203.54	1221.24	40.49	365.38	2192.28
18	457	9.53	105.16	630.96	14.27	155.81	934.86	12.70	139.15	834.9	23.83	254.57	1527.42	45.24	459.39	2756.34
20	508	9.53	117.15	702.9	15.09	183.43	1100.58	12.70	155.12	930.72	26.19	311.19	1867.14	50.01	564.85	3389.1
22	559	9.53	129.13	774.78	-	-	-	12.70	171.09	1026.54	28.58	373.85	2243.1	53.98	672.30	4033.8
24	610	9.53	141.12	846.72	17.48	255.43	1532.58	12.70	187.06	1122.36	30.96	442.11	2652.66	59.54	808.27	4849.62

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

ANEXO 14: Resultados de simulación

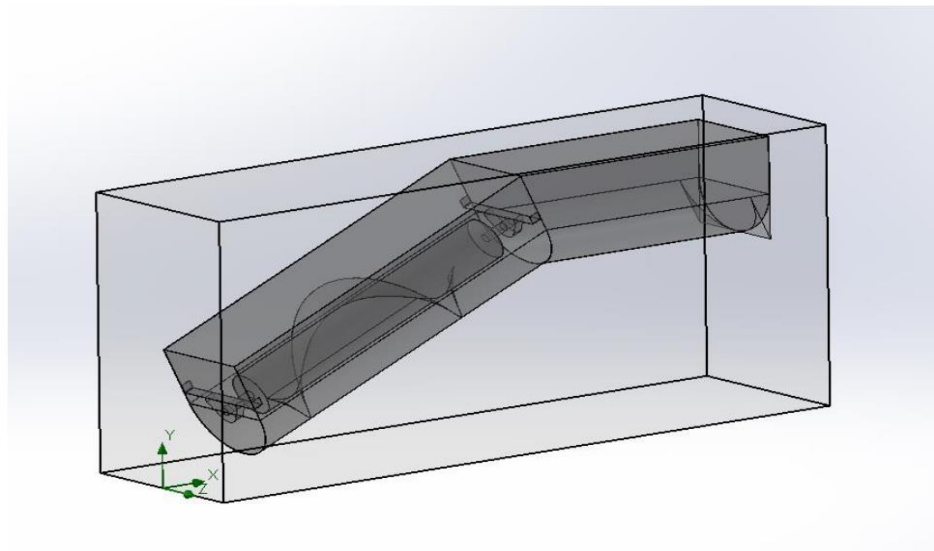


[UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO] [TRUJILLO] [https://www.ucv.edu.pe/]

Barreto Gómez César Augusto (ORCID 0000-0001-5733-3189)
Ramos Pereda Juan Andrés (ORCID 0000-0001-9836-7318)

SOLIDWORKS Flow Simulation Project Report

November 26, 2022



[Learn more about SOLIDWORKS Flow Simulation](#)



Table of Contents

1	General Information	1
1.1	Analysis Environment	1
1.2	Model Information	1
1.3	Project Comments:	1
1.4	Size of Computational Domain	1
1.5	Simulation Parameters	2
1.5.1	Mesh Settings	2
1.5.2	Material Settings	2
1.5.3	Initial Conditions	2
1.5.4	Boundary Conditions	2
1.5.5	Volumetric Heat Sources	4
1.5.6	Engineering Goals	4
1.6	Analysis Time	4
2	Results	5
2.1	Analysis Goals	5
2.2	Global Min-Max-Table	5
2.3	Results	6
2.4	Conclusion	7
3	Appendix	8
3.1	Material Data	8

1 General Information

Objective of the simulation:

- Determinar la fuerza en la dirección Z provocada por la acción del agua entrando en el tornillo de Arquímedes
- Determinar el torque del tornillo de Arquímedes.
- Calcular la potencia máxima provocada en el tornillo de Arquímedes.
- Calcular la eficiencia del tornillo de Arquímedes.
- Obtener el campo de presiones
- Obtener el campo de velocidades
- Obtener la trayectoria de flujos.

1.1 Analysis Environment

Software Product: Flow Simulation 2020 1.0. Build: 4779
CPU Type: Intel(R) Core(TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80GHz
CPU Speed: 2808 MHz
RAM: 12167 MB / 4670 MB
Operating System: Windows 10 (or higher) (Version 10.0.19043)

1.2 Model Information

Model Name: Tesis: Analisis de la influencia del angulo de inclinacion en el tornillo de arquimedes .SLDASM
Project Name: Simulación DFC Tornillo de Arquímedes

1.3 Project Comments:

Unit System: SI (m-kg-s)
Analysis Type: Internal

1.4 Size of Computational Domain

Size

X min	0 m
X max	7.441 m
Y min	0 m
Y max	3.207 m
Z min	-0.998 m
Z max	0.967 m
X size	7.441 m
Y size	3.207 m
Z size	1.965 m

Fluid Flow Simulation Report

1.5 Simulation Parameters

1.5.1 Mesh Settings

1.5.1.1 Basic Mesh

Basic Mesh Dimensions

Number of cells in X	32
Number of cells in Y	14
Number of cells in Z	8

1.5.1.2 Analysis Mesh

Total Cell count:	26142
Fluid Cells:	26142
Solid Cells:	18857
Partial Cells:	12793
Trimmed Cells:	0

1.5.1.3 Additional Physical Calculation Options

Heat Transfer Analysis:	Heat conduction in solids: Off
Flow Type:	Turbulent only
Time-Dependent Analysis:	Off
Gravity:	On
Radiation:	Off
Humidity:	Off
Default Wall Roughness:	50 micrometer

1.5.2 Material Settings

Material Settings

Fluids

[Water](#)

1.5.3 Initial Conditions

Initial Conditions

Thermodynamic parameters	Static Pressure: 101325.00 Pa Temperature: 293.20 K
Velocity parameters	Velocity vector Velocity in X direction: 0 m/s Velocity in Y direction: 0 m/s Velocity in Z direction: 0 m/s

1.5.4 Boundary Conditions

Boundary Conditions

Inlet Volume Flow 1

Type	Inlet Volume Flow
Faces	CAD SIM-V1.1.stp-1 / CAD SIM-V1.stp-1 / CAD SIM-V1.1.stp[11] / Face

Fluid Flow Simulation Report

Coordinate system	Face Coordinate System
Reference axis	X
Flow parameters	Flow vectors direction: Normal to face Volume flow rate: 0.2224 m ³ /s Fully developed flow: No Inlet profile: 0
Thermodynamic parameters	Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 293.20 K

Environment Pressure 3

Type	Environment Pressure
Faces	CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[7]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[10]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[12]//Face
Coordinate system	Global coordinate system
Reference axis	X
Thermodynamic parameters	Environment pressure: 98825.00 Pa Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 293.20 K

Real Wall 3

Type	Real wall
Faces	CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[6]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[1]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[1]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[10]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[1]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[1]//Face
Coordinate system	Global coordinate system
Reference axis	X
Roughness	50 micrometer

Environment Pressure 4

Type	Environment Pressure
Faces	CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[9]//Face CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1/CAD SIM-V1.1.stp[8]//Face
Coordinate system	Global coordinate system
Reference axis	X
Thermodynamic parameters	Environment pressure: 103325.00 Pa Temperature type: Temperature of initial components Temperature: 293.20 K

Fluid Flow Simulation Report

1.5.5 Volumetric Heat Sources

No consideradas

1.5.6 Engineering Goals

Goals

Surface Goals

SG Force (Z) 1

Type	Surface Goal
Goal type	Force (Z)
Faces	Cara<1>@CAD SIM-V1.1.stp-1/CAD SIM-V1.stp-1
Coordinate system	Sistema de coordenadas2
Use in convergence	On

Equation Goals

Torque de Tornillo de Arquimedes

Type	Equation Goal
Formula	SG Force (Z) 1*0.27*2.84/2.06
Dimensionality	Torque
Use in convergence	On

Potencia

Type	Equation Goal
Formula	Torque de Tornillo de Arquimedes*1.92
Dimensionality	Electric power
Use in convergence	On

Pot max

Type	Equation Goal
Formula	999.19*9.81*0.224*1.2
Dimensionality	Electric power
Use in convergence	On

η %

Type	Equation Goal
Formula	(Potencia/Pot max)*100
Dimensionality	No units
Use in convergence	On

1.6 Analysis Time

Calculation Time: 30min

Number of Iterations: 90

Warnings: A vortex crosses the pressure opening Boundary Condition : Environment Pressure 3 ; Inlet flow/outlet flow=10.911 Boundary Condition : Environment Pressure 3 ; Inlet flow/outlet flow=0.0309839 Boundary Condition : Environment Pressure 4 ; Inlet flow/outlet flow=0.0149647

2 Results

2.1 Analysis Goals

Goals

Name	Unit	Value	Progress	Criteria	Delta	Use in convergence
SG Force (Z) 1	N	-2581.380	100	20.669828	19.8622676	On
Pot max	W	2634.792	100	2.63479209e-05	0	On
Torque de Tornillo de Arquimedes	N*m	-960.875	100	7.69399227	7.39339164	On
Potencia	W	-1844.879	100	14.7724652	14.1953119	On
η %		-70.0199215	100	0.560669103	0.538764026	On

2.2 Global Min-Max-Table

Min/Max Table

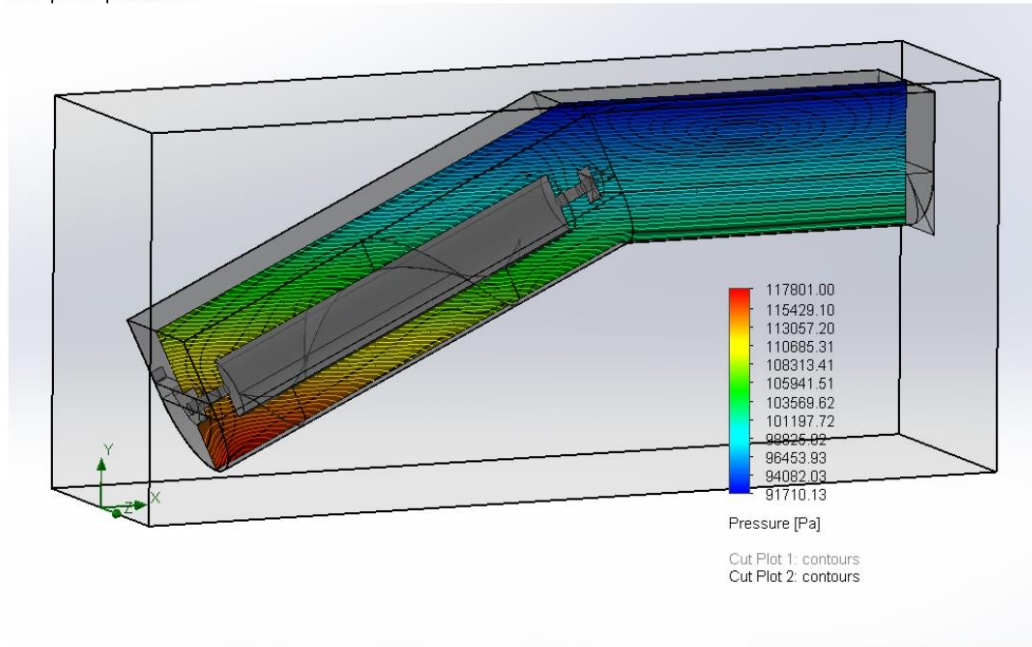
Name	Minimum	Maximum
Density (Fluid) [kg/m ³]	997.56	997.56
Pressure [Pa]	77153.91	128272.41
Temperature [K]	293.19	293.20
Temperature (Fluid) [K]	293.19	293.20
Velocity [m/s]	0	7.002
Velocity (X) [m/s]	-6.974	3.057
Velocity (Y) [m/s]	-5.672	4.279
Velocity (Z) [m/s]	-3.460	4.785
Velocity RRF [m/s]	0	7.002
Velocity RRF (X) [m/s]	-6.974	3.057
Velocity RRF (Y) [m/s]	-5.672	4.279
Velocity RRF (Z) [m/s]	-3.460	4.785
Vorticity [1/s]	3.82e-10	66.60
Relative Pressure [Pa]	-24171.09	26947.41
Shear Stress [Pa]	0	103.41
Bottleneck Number []	5.2205176e-27	1.0000000
Heat Transfer Coefficient [W/m ² /K]	0	0
ShortCut Number []	2.0997892e-26	1.0000000
Surface Heat Flux [W/m ²]	0	0
Surface Heat Flux (Convective) [W/m ²]	-8.408e+09	5.096e+09
Acoustic Power [W/m ³]	0	1.636e-09
Acoustic Power Level [dB]	0	32.14

2.3 Results

Análisis DFC para varios ángulos:

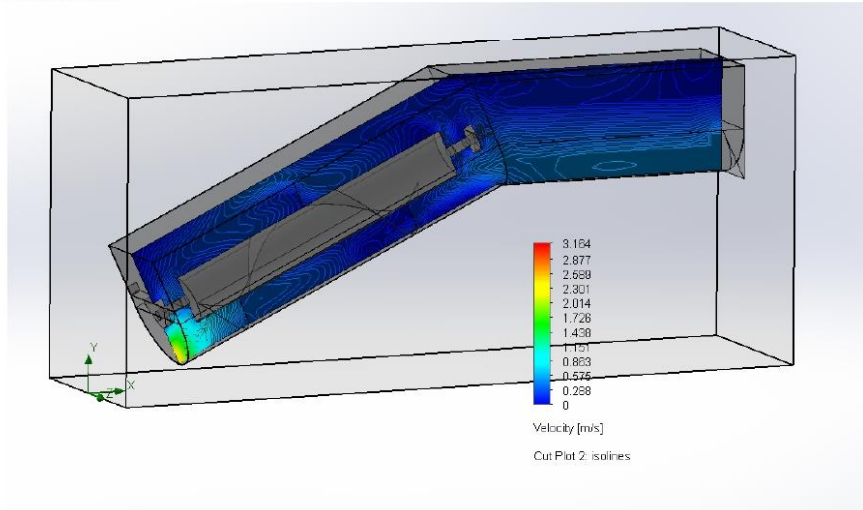
θ	$\text{sen}\theta$	P	η	Pot de simulación	Eficiencia de simulación	Error de eficiencia
15	0.2588	1125.7464	43.12%	1127.3352	43.09%	0.01%
16	0.2756	1198.8985	45.92%	1194.5751	45.34%	0.27%
17	0.2924	1271.6853	48.71%	1272.2174	48.29%	0.21%
18	0.3090	1344.0849	51.48%	1342.9248	50.76%	0.37%
19	0.3256	1416.0750	54.24%	1415.3659	53.36%	0.48%
20	0.3420	1487.6337	56.98%	1487.8070	55.95%	0.58%
21	0.3584	1558.7393	59.70%	1560.2481	58.55%	0.69%
22	0.3746	1629.3701	62.41%	1632.6891	61.15%	0.79%
23	0.3907	1699.5046	65.10%	1705.1302	63.74%	0.88%
24	0.4067	1769.1214	67.76%	1777.5713	66.34%	0.97%
25	0.4226	1838.1993	70.41%	1833.1219	69.57%	0.59%
26	0.4384	1906.7172	73.03%	1916.3115	71.76%	0.93%
27	0.4540	1974.6544	75.63%	1987.9849	74.39%	0.94%
28	0.4695	2041.9900	78.21%	2059.6582	77.01%	0.94%
29	0.4848	2108.7037	80.77%	2131.3315	79.63%	0.92%
30	0.5000	2174.7750	83.30%	2203.0049	82.26%	0.87%

Campo de presiones:

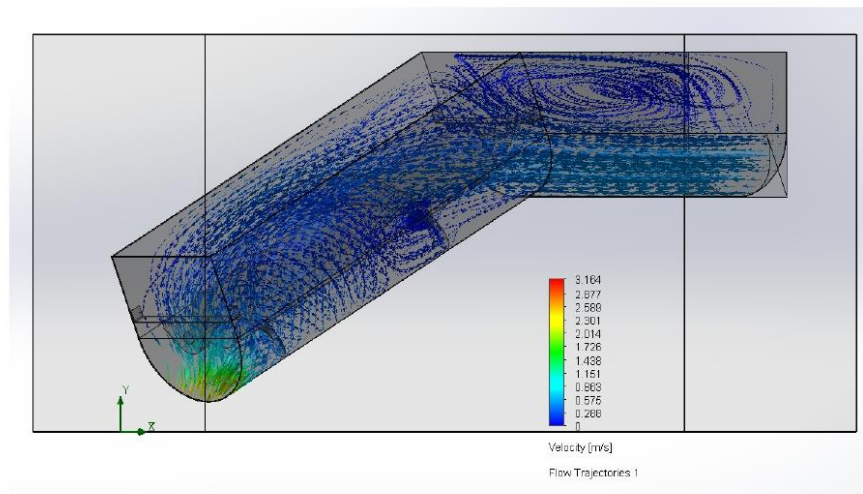


Fluid Flow Simulation Report

Campo de velocidades:



Trayectoria de flujos:



2.4 Conclusion

Se logró diseñar la turbina de Arquímedes, el diseño se realizó teniendo en consideración que el flujo de agua ingresaría hasta el 50% de su área. A partir de ello se obtuvo como resultado una eficiencia del 70%, y una potencia útil en el eje de 1300 watts, girando a 1.92 RPM con un torque de 968.35Nm, así como con una potencia de salida del reductor 1095.85 kW girando a 1209.6RPM, esto acoplada a un con un generador 20 HP.

3 Appendix

3.1 Material Data

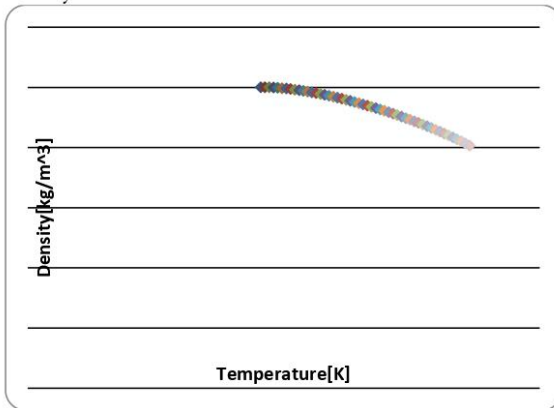
Engineering Database

Liquids

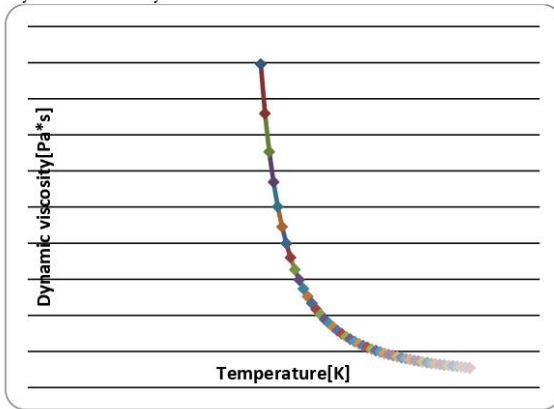
Water

Path: Liquids Pre-Defined

Density

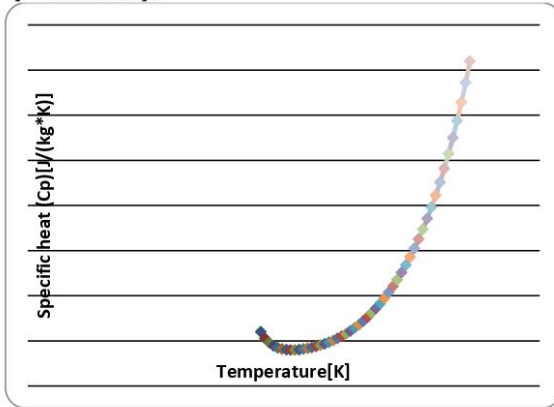


Dynamic viscosity

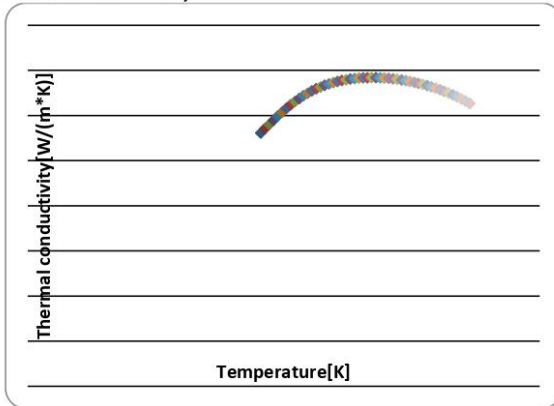


Fluid Flow Simulation Report

Specific heat (Cp)



Thermal conductivity



Cavitation effect: Yes

Temperature: 0 K

Saturation pressure: 0 Pa

Radiation properties: No



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Influencia del ángulo de inclinación en el rendimiento de una turbina de Arquímedes", cuyos autores son RAMOS PEREDA JUAN ANDRES, BARRETO GOMEZ CESAR AUGUSTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 06 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 15-12- 2022 08:32:59

Código documento Trilce: TRI - 0475501