



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de  
Ingenieros Electromecánicos**

**AUTORES:**

**Christian Jair Guamushig  
Simaluisa**

**Diego Patricio Iza Noroña**

**TUTOR:**

**Ing. Msc. Luis Navarrete**

**LATACUNGA – ECUADOR**

**AGOSTO -2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: Christian Jair Guamushig Simaluisa, Diego Patricio Iza Noroña, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.” Siendo el Ing. Cristian Gallardo Msc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
**Christian Jair Guamushig Simaluisa**

**C.I: 1726378993**

.....  
**Diego Patricio Iza Noroña**

**C.I: 1718551243**



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.” de Christian Guamushig, Diego Patricio Iza Noroña, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga- Cotopaxi, agosto del 2022

.....  
**Ing. Luis Miguel Navarrete López Ms. C.**

**C.I: 1803748284**

**TUTOR**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Matriz, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA por cuanto los postulantes Christian Jair Guamushig Simaluisa y Diego Patricio Iza Noroña con el título de proyecto de investigación: “DISEÑO DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga- Cotopaxi, agosto del 2022

Para constancia firman:

.....  
Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso. Dr. C.

C.I: 178367252

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

.....  
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina. Ms. C.

C.I: 0502847692

LECTOR 2 (MIEMBRO)

.....  
Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún. Ms. C.

C.I: 0501782437

LECTOR 3 (SECRETARIO)



## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a mi madre Martha, padre Manuel y Marco a mis abuelitos y familiares por todo su apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida estudiantil, por su toda su paciencia e infinito cariño que me demostraron día tras día.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme en mi vida de estudiante; y de igual manera a mis maestros por compartir todos sus conocimientos y experiencias.*

*A mi tutor el Ing. Mg. Luis Navarrete por guiarme con su conocimiento y experiencia compartido para hoy por hoy me ayudo a que este trabajo se desarrolle de la mejor forma.*

*A todos los Maestros ya que al impartirme sus conocimientos fueron fundamentales para la obtención de todos los resultados de mi trabajo de titulación, los cuales fueron satisfactorios.*

***Christian Jair Guamushig Simaluisa***



## **AGRADECIMIENTO**

*Primer lugar le agradezco a dos a Dios por darme la fuerza y el conocimiento necesario para seguir adelante con mi estudio y como persona*

*Segundo lugar Agradezco por el honor por la acogida en la prestigiosa Universidad Técnica De Cotopaxi.*

*Tercer lugar quiero expresar linda hermosa familia que estado cada paso a paso en el camino de la vida sigamos siendo la familia unida de siempre todo lo que hagamos siempre estar junto salir adelante con orgullo y esperanza*

*Cuarto lugar quiero decir a mis querido ingenieros gracias por las enseñanzas impartidas por en el aula y por los consejos dados en lo que tomare en cuenta para mi vida profesional*

**Diego Patricio Iza Noroña**



## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios porque sé que con su amor y bondad*

*me hizo posible culminar esta meta, dándome fuerza en tantos momentos difíciles en los que necesite y también por haber sido siempre mi guía en esta larga travesía.*

*A mi Madre, Martha Simaluisa, por cuidarme, apoyarme y ser la guía en este largo camino que realizo en mi vida, por acompañarme a superar cada obstáculo en este largo camino que se presentó durante estos años de educación profesional siendo el principal pilar quien nunca se rindió y nunca desconfio cuando otras personas dijeron que no ella siempre dijo tu puedes y ahora lo logre.*

*A mi Papá, Manuel Guamushig por ser quien me ayudo a fomentar mi educación y ser parte fundamental en toda mi vida, desde el inicio de esta larga travesía siempre me ayudado a entender el valor del trabajo y también en todo momento con sus sabios y buenos consejos.*

*A todos mis familiares, mis abuelitos, mi tío Jorge y a mí enamorada Eliana que de una u otra manera me han brindado su apoyo culminar mi carrera profesional, ya que sin su invaluable ayuda de ningún modo hubiese podido obtener lo que hasta ahora he conseguido, su constancia y perseverancia ya que he aprendido de ellos un gran modelo a admirar y recalcar, gracias por todo el ánimo y entusiasmo que me brindan día tras día y me supieron acompañar en cada momento de mi vida.*

***Christian Jair Guamushig Simaluisa***



## **DEDICATORIA**

*Le dedico a Dios nunca me a dejado siempre está conmigo en la buenas y en las malas a pesar de la situación que pasado*

*Para mis padres les dedico todos los triunfos que estoy adquiriendo un que he sido un dolor de cabeza a veces, pero siempre tendrán mi apoyo a pesar todo.*

*A mis hermosa bellas hermanas que las quiero mucho que a veces no peleamos, a veces les saco de quiso las quiero mucho me han tenido paciencia a pesar de todo les agradezco mucho son mi modelo de vida*

*Les dedico a esas personas que no creyeron en mi pero aquí estoy con mis sueños en alto no me voy dejar hasta cumplir todas mis metas*

*Les dedico a una persona muy especial siempre creyó en mi pesar de todo siempre decía gradúate ahora ya estoy a un paso de cumplir mi sueño y mi promesa*

*Mis tíos le agradezco de estar ahí en las buenas y en las malas.*

**Diego Patricio Iza Noroña**





## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS – CIYA

### TITULO: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.”

Autores:  
Christian Jair Guamushig Simaluisa  
Diego Patricio Iza Noroña

#### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo generar un simulación diseñado de manera segura al generar un sistema hidráulico sostenible acoplándose a necesidades de estudio energético, el cual colabore con menos costos y más beneficios. El Simulación se generó basado en simulaciones con el modelo de escala mediante la herramienta de ANSYS, el cual tiene como objetivo encontrar la eficiencia real al momento de ejecutar esta simulación a escala real.

Principalmente las motivaciones del trabajo se fundamentan en nuevos métodos de obtención de energía para la conservación del medio ambiente, es preciso mencionar que gran parte del deterioro del medio ambiente, corresponde al sector de generación eléctrica. En este orden de ideas nace la necesidad de buscar alternativas diferentes para la generación eléctrica, alternativas que reduzcan significativamente el impacto ambiental. Es así como se materializa la idea de diseñar y simular un nuevo sistema de turbinas de vórtices gravitacionales, dando dimensiones según lo encontrado en la literatura, y en estudios anteriores.

El principio de funcionamiento es lograr convertir la energía cinética que lleva un flujo, en energía rotacional en las cámaras de vórtices. De esta forma se procede a diseñar y simular un dispositivo de turbina compuesto por un impulsor de vórtice que pueda resistir la erosión y sedimentos y que permita el desarrollo de un vórtice gravitacional con una potencia hidráulica considerable. La configuración geométrica para el diseño se plantea con base a investigaciones previas donde se han definido el comportamiento de las relaciones geométricas. Una vez definida la geometría de la turbina se procede a realizar un modelado en el software ANSYS, donde se debe incluir las condiciones geométricas diseñadas, con el fin de conocer el comportamiento del vórtice, e identificar la concentración de velocidades, para la definición de la configuración geométrica de los cuales además funcionarán bajo el concepto de "arrastre".

**Palabras clave:** energías, ANSYS, geometría, cámaras de vórtices, impulsor, rotación.



## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES – CIYA

TITLE: "DESIGN AND SIMULATION OF A VERTICAL AXIS VORTEX TURBINE."

Authors:

Christian Jair Guamushig Simaluisa

Diego Patricio Iza Noroña

### SUMMARY

The present work aims to generate a prototype designed safely by generating a sustainable hydraulic system coupling to energy study needs, which collaborates with fewer costs and more benefits. The design of this prototype was generated based on simulations with the scale model using the ANSYS tool, which aims to find the real efficiency when executing this prototype at full scale.

Mainly the motivations of the work are based on new methods of obtaining energy for the conservation of the environment, it is necessary to mention that a large part of the deterioration of the environment corresponds to the electricity generation sector. In this order of ideas, the need to look for different alternatives for electricity generation is born, alternatives that significantly reduce the environmental impact.

This is how the idea of designing and simulating a new system of gravitational vortex turbines materializes, giving dimensions as found in the literature, and in previous studies.

The principle of operation is to convert the kinetic energy that carries a flow into rotational energy in the vortex chambers. In this way, we proceed to design and simulate a turbine device composed of a vortex impeller that can resist erosion and sediments and that allows the development of a gravitational vortex with considerable hydraulic power. The geometric configuration for the design is based on previous research where the behavior of geometric relationships has been defined. Once the geometry of the turbine is defined, a modeling is carried out in the ANSYS software, where the designed geometric conditions must be included, in order to know the behavior of the vortex, and identify the concentration of speeds, for the definition of the geometric configuration of which will also work under the concept of "drag".

**Keywords:** energies, ANSYS, geometry, vortex chambers, impeller, rotational energy.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

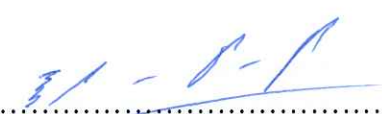
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, presentado por Guamushig Simaluisa Christian Jair y Iza Noroña Diego Patricio estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 08 de septiembre del 2022.

Atentamente,

  
.....  
**Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
C.C. 050261735-0





## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	19
1.2 EL PROBLEMA .....	20
1.2.1. <i>Planteamiento del Problema</i> .....	21
1.2.2. <i>Delimitación del problema</i> .....	21
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	22
1.5 HIPÓTESIS.....	22
1.6 OBJETIVOS .....	22
1.6.1 <i>General:</i> .....	22
1.6.2 <i>Específicos:</i> .....	22
1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS ...	22
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	24
2.1 ANTECEDENTES .....	24
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	25
2.2.1 <i>Estado del Arte</i> .....	25
2.2.2 <i>Centrales Eléctricas</i> .....	25
2.2.3.1 <i>Central de Punta</i> .....	26
2.2.3.2 <i>Centrales de base</i> .....	26
2.2.3.4. <i>Centrales de socorro</i> .....	26
2.2.3.5. <i>Centrales de acumulación o de bombeo</i> .....	26
2.2.4 <i>Tipos De Turbinas</i> .....	26
2.2.4.1 <i>Turbina Pelton</i> .....	27
2.2.4.2. <i>Turbina Turgo</i> .....	27
2.2.4.3. <i>Turbina Michell-Banki</i> .....	27
2.2.4.4. <i>Turbina Francis</i> .....	27



2.2.5 Tipos de Vórtices.....	28
2.2.5.1. Vórtice Forzados .....	29
2.2.5.2. Vórtice Libre.....	29
2.2.6 Ansys .....	30
2.2.6.1 Software de generación de geometría .....	30
2.2.6.2. Software de generación de malla.....	31
2.2.6.3. Metodología ANSYS .....	31
2.2.7 Simulación 3D.....	33
2.2.7.1. Impresora 3D.....	33
2.2.7.2. Modelado 3D .....	33
2.2.7.2. Materiales .....	33
2.2.7.2. Equipos .....	34
2.2.7.3. Requerimientos para aplicar métodos.....	34
2.2.7.4. Estructura del modelado de una simulación en ANSYS .....	34
<b>3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA: .....</b>	<b>35</b>
3.2 METODOLOGÍA .....	35
<i>Cálculos</i> .....	36
<i>Descripción</i> .....	39
3.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	41
3.3.1 Diseño de Turbina.....	41
3.3.1.1 Base de Turbina .....	41
3.3.1.2. Árbol de transmisión.....	43
3.3.1.3. Estructura.....	44
3.3.1.3 Design Modeler .....	46
3.3.1.4 Análisis estático estructural.....	54
<i>Cálculos</i> .....	54



<b>Descripción</b> .....	<b>56</b>
<b>3.3.1.5 Módulo de simulación de la mecánica</b> .....	<b>60</b>
<b>3.4. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, Y/O ECONÓMICA</b> .....	<b>65</b>
<b>3.4.1. Económico</b> .....	<b>65</b>
<b>3.4.2. Técnico</b> .....	<b>66</b>
<b>3.4.1. Social</b> .....	<b>67</b>
<b>4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO</b> .....	<b>68</b>
<b>4.1 CONCLUSIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>68</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>69</b>
<b>6. ANEXOS</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO 1 Pasos de la metodología Investigativa</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO 2 Cronograma de Actividades</b> .....	<b>73</b>
<b>ANEXO 3 Glosario Técnico</b> .....	<b>74</b>
<b>ANEXO 4 Resultados</b> .....	<b>75</b>
<i>Turbina 90° con 4 alabes</i> .....	<b>75</b>
<i>Turbina 60° con 4 alabes</i> .....	<b>78</b>
<i>Turbina de 60° con 8 alabes</i> .....	<b>81</b>
<i>Turbina de 30° de 8 alabes</i> .....	<b>85</b>
<b>ANEXO 5 Planos</b> .....	<b>90</b>
<b>ANEXO 6 Código de generación de Resultados.</b> .....	<b>94</b>
<b>ANEXO 7 Evidencia de comunidad</b> .....	<b>96</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Objetivos Planteados.....	23
Tabla 2.2 Tabla de decisión de turbinas.....	28
Tabla 2.3 Definición de Vórtices. ....	29
Tabla 3.4 Design Modeler: Medidas del Boceto. Elaborado por: Los Autores. ....	49
Tabla 3.5 Desing Modeler: Dimensiones de la Turbina. ....	51
Tabla 3.6 Desing Modeler: Comandos. ....	54
Tabla 3.7 Cálculos del canal de alimentación. ....	56
Tabla 3.8 Dimensiones del canal de alimentación y transición. ....	57
Tabla 3.9 Dimensiones de la cámara de vórtice.....	58
Tabla 3.10 Dimensiones del canal de alimentación y transición del modelo. ....	59
Tabla 3. 11 Dimensiones de la cámara de vórtice del modelo.....	59
Tabla 3.12 Dimensiones de la Turbina. Elaborado por: Los Autores. ....	60
Tabla 3.13 Evaluación Económica: Presupuesto. Elaborado por: Los Autores.....	66
Tabla 6.14 Cronograma de Actividades. Elaborado por: Los Autores. ....	73
Tabla 6.15 Glosario Técnico.....	74
Tabla 6.16 File Information for CFX.Elaborado por: Los Autores. ....	75
Tabla 6.17 Mesh Information for CFX.Elaborado por: Los Autores.....	75
Tabla 6.18 Domain Physics for CFX.Elaborado por: Los Autores. ....	75
Tabla 6.19 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.....	76
Tabla 6.20 File Information for CFX 1.Elaborado por: Los Autores. ....	78
Tabla 6.21 Mesh Information for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.....	78
Tabla 6.22 Domain Physics for CFX 1.Elaborado por: Los Autores. ....	78
Tabla 6.23 Boundary Physics for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.....	79
Tabla 6.24 File Information for CFX.Elaborado por: Los Autores. ....	81
Tabla 6.25 . Mesh Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.....	81
Tabla 6.26 Domain Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores. ....	81
Tabla 6.27 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.....	82
Tabla 6.28 File Information for CFX. Elaborado por: Los Autores. ....	85
Tabla 6.29 Mesh Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.....	85
Tabla 6.30 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.....	86



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Espina de Pescado del problema. ....	20
Figura 2.2 Centrales Eléctricas. ....	25
Figura 2.3 Tipos de Turbinas. Autor: [17] .....	27
Figura 2.4 Beneficios de ANSYS. ....	30
Figura 2.5 Simulación 3D. ....	35
Figura 3.6. Base para el árbol de transmisión. ....	41
Figura 3.7 Árbol de Transmisión. ....	42
Figura 3.8 Fusión entre la base y el árbol de transmisión. ....	42
Figura 3.9 Eje del árbol de transmisión .....	43
Figura 3.10 Segunda base de transmisión de la turbina. ....	43
Figura 3.11 Árbol de transmisión .....	44
Figura 3.12 Plano 2D el boceto de la estructura. ....	44
Figura 3.13 Soporte del árbol de transmisión y realizar en la placa intermedia. ....	45
Figura 3.14 Base del rodamiento superior .....	45
Figura 3.15 Segundo soporte con una base .....	46
Figura 3.16 Pernos hexagonales.....	46
Figura 3. 17 Design Modeler: Componente.....	47
Figura 3.18 Design Modeler: Nueva Geometría. ....	47
Figura 3.19 Design Modeler: Selección de plano. ....	48
Figura 3.20 Design Modeler: Selección de unidades.....	48
Figura 3.21 Design Modeler: Boceto de estructura. ....	49
Figura 3.22 Desing Modelar: Base Estructural. ....	50
Figura 3.23 Desing Modeler: Modelo de la simulación.....	52
Figura 3.24 Desing Modeler: Indicaciones del contenido de la turbina. ....	52
Figura 3.25 Desing Modeler: Indicación de la turbina. ....	53
Figura 3.26 Desing Modeler: Diseño de la estructura de la turbina. ....	53
Figura 3.27 Modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión. ....	60
Figura 3.28 Diseño de las turbinas.....	61
Figura 3.29 Estadística de la Turbina de 15°. ....	62
Figura 3.30 Estadística de la Turbina de 15°. ....	63





Figura 3.31 Estadística de la Turbina de 60° .....	64
Figura 3.32 Estadística de la Turbina de 60° .....	65
Figura 6.33 Pasos de la metodología Investigativa. Elaborado por: Los Autore.....	72
Figura 6.34 Base Rotor. ....	90
Figura 6.35 Estructura de la Turbina. ....	91
Figura 6.36 Planos Turbina 1.....	92
Figura 6.37 Planos Turbina 2.....	93
Figura 6.38 Evidencia 1 Comunidad.....	97
Figura 6.39 Evidencia 2 Comunidad.....	97
Figura 6.40 Evidencia 3 Comunidad.....	98



## INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:** “Diseño y simulación de una turbina de vórtice de eje vertical.”

**Fecha de inicio:**

**Fecha de finalización:**

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi

(Región – Latacunga – San Felipe, Zona 3)

**Unidad académica que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y

Aplicadas CIYA

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:**

Proyecto formativo o generativo si aplica.

**Equipo de trabajo:**

- Ing. Msc Luis Miguel Navarrete López
- Diego Patricio Iza Noroña
- Chistian Jair Guamushing Simaluisa

**Tutor del Proyecto:**

Ing. Msc Luis Miguel Navarrete López

**Postulantes:**

- Diego Patricio Iza Noroña
- Chistian Jair Guamushing Simaluisa

**Área de conocimiento:**

- Campo Amplio: 07 Ingeniera, Industria y Construcción.
- Campo Especifico: 071 Ingeniería y profesiones a fines.
- Campo Detallado: 0713 Electricidad y energía

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la carrera:**

Energética en sistemas electromecánico y uso de fuentes renovables de energía.

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, simulaciones y sistemas electromecánicos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las centrales hidroeléctricas consisten en la desviación del caudal formando un vórtice para generar energía para después volver a su origen. Por esta razón la dedicación a estos temas incrementa su fiabilidad permitiendo estudiar fenómenos relacionados utilizando ecuaciones. El diseño y estudio pertinente para la elaboración de este proyecto es incuestionable en varios aspectos ya que es importante medir el nivel de desarrollo humano para el consumo eléctrico.

En el desarrollo de un país una de las matrices más importantes es la energética para asegurar un bienestar económico y humano, pero siempre priorizando un adecuado uso, avance y obtención sostenible de la energía. En el siglo XXI el mundo se está inclinando con mayor fuerza hacia un desarrollo energético vinculado a reducir las problemáticas ambientales y sociales vinculados con el cambio climático, aspectos necesarios para asegurar la supervivencia de las futuras generaciones y un buen vivir [1]

Por lo tanto, este estudio ha creado la necesidad de desarrollar una creación de turbina a través de la simulación con investigación y mejora continua a futuro desarrollando una simulación utilizable necesario para ser basado en una futura investigación, posteriormente implementado determinar la eficiencia del sistema diseñado.

Este tipo de centrales hidroeléctricas representan una alternativa bastante prometedora ya que en sus primeras construcciones solo requirieron aproximadamente la mitad de la inversión que normalmente se emplea en la construcción de plantas tradicionales, produciendo 50.00kW/h en su primer año de operación [2]

En el presente documento se reflejará la estructura utilizada para poder simular una turbina con el vórtice con el eje vertical, este reflejará mediante una estructura con pasos necesarios para que esta sea adecuadamente para un mejor análisis de resultados y que la documentación necesaria sea detallada lo mejor posible para que a futuro estudiantes puedan utilizarla y mejorarla.

## 1.2 EL PROBLEMA

Actualmente la demanda energética ha aumentado significativamente, una gran revolución cambiando para siempre la vida de los seres humanos, pero es imprescindible que la masificación de nuevas tecnologías sea respaldada por fuentes de renovable representando así uno de los grandes desafíos de la ingeniería moderna. Es el deber de la ingeniería ocuparse no solo de los problemas energéticos, sino también centrar su atención en solucionar los problemas de las comunidades vulnerables y con bajas condiciones de acceso a la energía eléctrica y hacerlos parte de esta revolución tecnológica.

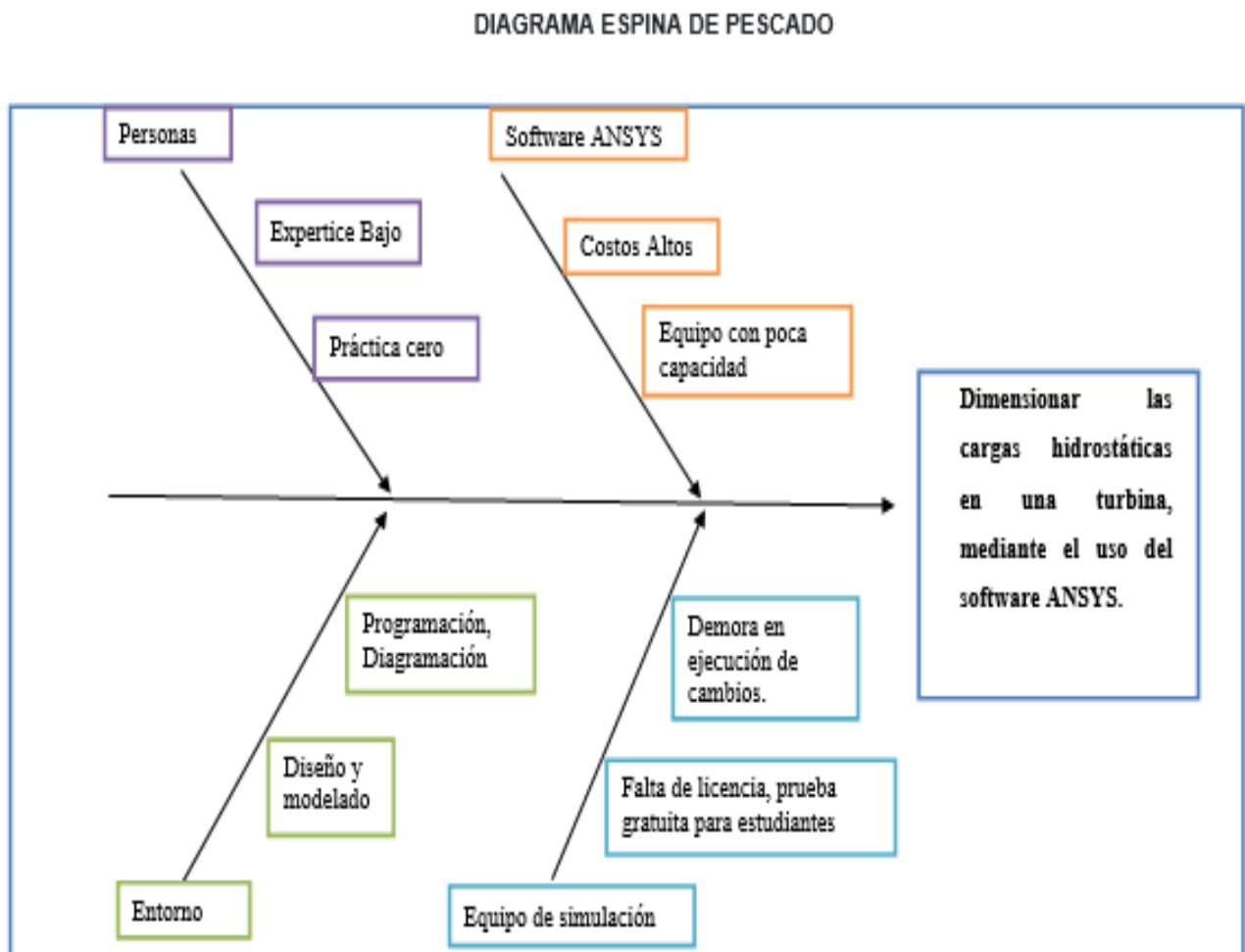


Figura 1.1 Espina de Pescado del problema.



### **1.2.1. Planteamiento del Problema**

La necesidad de dimensionar las cargas hidrostáticas en una turbina, mediante el uso del software ANSYS.

El inconveniente de estas turbinas de vórtice es que requieren de una gran inversión, sea para su construcción o mantenimiento para mantener sus condiciones normales de funcionamiento. Las plantas hidroeléctricas plantean un esquema de generación de energía inclusive más limpio que las centrales tradicionales, estas a comparación no retienen agua, es por ello que la implementación de estas turbinas debe de ser de gran importancia para un país como Ecuador. El potencial principal de estas turbinas es la generación de energía eléctrica en zonas de difícil acceso.

Las herramientas computacionales ANSYS, facilitan el proceso de análisis para diversos tipos de fenómenos y el estudio de la viabilidad para implementar tecnologías que sean competitivas ante las fuentes tradicionales.

Adicional a esto, es un tema aborda muchas posibilidades, además este trabajo espera servir de base para otros proyectos de estudiantes de la universidad que vayan por esta misma línea de investigación.

### **1.2.2. Delimitación del problema**

La necesidad de dimensionar las cargas hidrostáticas en una turbina, mediante el uso del software ANSYS.

#### **Beneficiarios Directos**

Sería la comunidad del sector de colaisa ya que al tener una fuente de agua corriente

#### **Beneficiarios Indirectos**

La comunidad de colaisa para obtener el abastecimiento de la energía producida por el vórtice

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Mediante este proyecto de investigación se busca determinar la altura y el caudal mínimo de trabajo de una turbina sin la utilización de energía eléctrica, para ser aplicado en comunidades de difícil acceso. Esto permitirá el mitigar gastos innecesarios ya que a través de esta simulación se podrá reflejar un aproximado casi exacto de las necesidades y recursos a ser aplicados para el desarrollo e implementación de esta turbina.

Esta simulación es importante ya que está diseñada con medidas que aportará una visión real del funcionamiento a ser aplicado dentro de la comunidad de estudio. De la misma manera podrán apoyarse de la simulación entregada para aumentar energía aplicando mejoras para generar más rendimiento, al plasmarlo ya en una simulación física, con el fin de encontrar la configuración apropiada que resulte en el maximizar su rendimiento.

La metodología es necesaria debido a que esta al ser investigativa y descriptiva aportara de manera adecuada fórmulas, estudios para una correcta realización de cálculos aplicables a la turbina dentro de la simulación.

### 1.5 HIPÓTESIS

El emplear el uso de herramientas tecnológicas para el diseño de una turbina de vórtice simulando su factibilidad en comunidades alejadas de las líneas de transmisión brindándoles la oportunidad de que ellos puedan percibir energía eléctrica.

### 1.6 OBJETIVOS

#### 1.6.1 General:

- Diseñar una Turbina de Vórtice para comunidades que no posean energía por medio de líneas de transmisión, pero tengan fuentes renovables como fuentes de agua.

#### 1.6.2 Específicos:

- Inferir en documentos con fuentes confiables a través de su información para un correcto desarrollo de la turbina.
- Determinar cálculos referentes necesarios como la altura y caudal mínimo para la aplicación de la turbina.
- Evaluar el diseño de las turbinas mediante la generación de un análisis de pruebas.

### 1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Objetivos	Tarea	Métodos	Instrumentos	Resultados
1. Inferir en documentos con fuentes confiables a través de su información para un correcto desarrollo de la turbina	Analizar la herramienta de ANSYS sobre diseño y simulación.	Investigativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros</li> <li>• Fichas Técnicas</li> <li>• Páginas Web</li> </ul>	La información recopila esta de gran utilidad para la implementación del prototipo.
2. Determinar cálculos referentes necesarios como la altura y caudal mínimo para la aplicación de la turbina.	Registrar medidas exactas aplicadas dentro de la simulación.	Descriptivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registros</li> <li>• Archivos</li> </ul>	Al momento de la recesión de la documentación se puede hacer un mejor análisis de la situación actual.
3. Evaluar el diseño de las turbinas mediante la generación de un análisis de pruebas.	Basar la simulación de turbina en necesidades reales de las comunidades.	Experimental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software 3D.</li> <li>• Software ANSI.</li> <li>• Herramientas tecnológicas.</li> </ul>	Mediante los distintos Softwares se puede realizar el modelado de una mejor manera.

Tabla 1.1 Objetivos Planteados.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 ANTECEDENTES

Hasta hace pocos años la relación agua-energía era de poco interés y el aprovechamiento de la energía de las corrientes de los ríos fue muy poco utilizado, primero con norias, molinos y partir del siglo XIX con turbinas. El agua como fuente de energía mecánica y eléctrica ha visto su máximo desarrollado en la hidroelectricidad, por el gran consumo energético que el planeta demanda, pero necesitando grandes cantidades de recursos para su producción a gran escala. [3]

El campo de la energía hidroeléctrica a menudo ha sido testigo del descubrimiento de nuevos tipos de plantas y componentes, mediante el uso de principios simples de física y mecánica. La planta de energía de vórtice de agua gravitacional ha sido recientemente un tema llamativo e interesante para los investigadores de todo el mundo, es una nueva tecnología en la cual la energía potencial del agua se convierte en energía cinética mediante un tanque de rotación (cuenca) y esta energía cinética del agua es extraída por una turbina en el centro del vórtice para posteriormente convertirla en energía eléctrica [3].

En la actualidad el sector rural representa el 48% de los habitantes del mundo y el 20% está en América Latina. En esta zona, la carencia se ha conservado igual en los últimos treinta años, evidencia de ello es que el 63% de sus pobladores sacian sus necesidades básicas con menos de dos dólares al día [4]. Por consecuencia los hogares rurales se ven envueltos en su mayoría en una gran pobreza, utilizando distintas estrategias para sobrevivir, una de ellas es dejar los servicios básicos a un lado especialmente la energía eléctrica por el alto costo que representa; ante esto el desarrollo de energías alternativas es una solución viable.

Si bien a lo largo de la historia se reconoce la importancia del desarrollo de grandes hidroeléctricas para el suministro económico y confiable de la energía, la proporción de plantas hidroeléctricas en capacidad total de generación instalada aún es muy baja [2]. Una de las principales razones de esta situación es la muy alta inversión de capital y el desequilibrio ecológico que una gran planta de generación de energía hidroeléctrica tendrá como resultado.

En este escenario los sistemas eléctricos del futuro tienen que ser capaces de gestionar



las pequeñas fuentes de energía local, almacenarlas, convertirlas de un soporte a otro y suministrar de electricidad a la comunidad, con el objetivo de bajar los picos de demanda eléctrica y reducir el consumo global.

## 2.2 MARCO REFERENCIAL

### 2.2.1 Estado del Arte

La investigación ampliamente proporcionada en entorno a contenido relacionado a turbinas, hidroeléctricas, uno de los principales conceptos para realizar la simulación es el conocer el funcionamiento y comportamiento de las turbinas, como estas se emplean además consecuencias que los daños o mal empleado pueden causar.

Establecer el diseño y acoplar el generador en un eje vertical mediante ANSI, un proyecto de simulación con parámetros tales como diámetro, longitud, además de la velocidad. [5]

### 2.2.2 Centrales Eléctricas

Las centrales son las encargadas de producción de energía, se encarga de producirlas a través d variables como ríos, mar, carbón, entre otros. Para que esta se pueda producir finalmente. A continuación, presentamos los principales tipos de centrales:

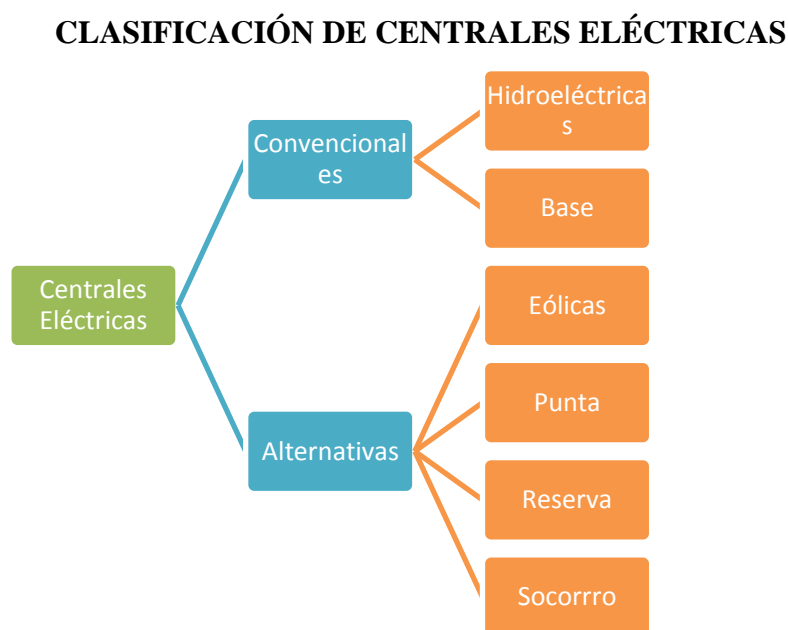


Figura 2.2 Centrales Eléctricas.

### **2.2.3.1 Central de Punta**

Se establece como trabajo en paralelo proyectado para cubrir las demandas de energía eléctrica en las horas – punta con la central principal. Si la central de base es de pequeña potencia, se esgrimen si la central de base es mayor, se utilizan generalmente pequeñas centrales con motor Diesel. [6]

### **2.2.3.2 Centrales de base**

Suministrar la mayor parte de la energía eléctrica estableciendo, estas centrales llamadas también céntricas transcendentales, son de gran potencia y manejan generalmente como maquinas motrices las turbinas de vapor, turbinas de gas y turbinas hidráulicas. [6]

### **2.2.3.3. Centrales de reserva**

Sustituyen de manera parcial o total a las centrales de base, en casos de avería y escasez en algún elemento del sistema eléctrico. [6]

### **2.2.3.4. Centrales de socorro**

Semejanza a las centrales de reserva, pero la instalación del conjunto de aparatos y maquinas que constituyen la central de reserva, es fija, mientras que las centrales de socorro son móviles y pueden transportar al lugar donde sean precisos sus bienes. Estas centrales son de pequeña fortaleza y generalmente accionadas por motores Diesel; se instalan en vagones de ferrocarril, o en barcos especialmente diseñados y acondicionados para esta misión. [6]

### **2.2.3.5. Centrales de acumulación o de bombeo**

Son hidroeléctricas, para elevar agua de un río o de un lago inclusive un depósito, mediante bombas centrifugas accionadas por los alternadores de la central, que se manejan como motores. En periodos de gran demanda de energía, los alternadores trabajan como generadores tratados por las turbinas que manejan el agua previamente elevada anteriormente. [6]

## **2.2.4 Tipos De Turbinas**

Son dispositivos hidráulicos mecánicos con capacidad de generar un fluido trabajo, absorbiendo y restituyendo energía mecánica, el cual a ser accionado con una gran variedad de turbinas depende de varios factores como el caudal y la disponibilidad de equipamiento necesario para implementar.

## TIPOS DE TURBINAS



Figura 2.3 Tipos de Turbinas. Autor: [17]

### 2.2.4.1 Turbina Pelton

Se maneja con acción o impulso eficientes a saltos de agua. La utilización maneja de manera que el agua ingresa por una tobera espiral y mueve el rotor de turbina, transformando la energía cinética en mecánica y esto dando resultados a la electricidad.

### 2.2.4.2. Turbina Turgo

Mejora el proceso de la turbina Pelton, la utilización de este es en el que el agua hace girar los alábes, los cuales invierten el sentido de flujo.

### 2.2.4.3. Turbina Michell-Banki

Es considerada como fluido cruzado, idealizado para pequeños proyectos, constando de un rotor, inyector por el cual fluirá el agua con la velocidad de giro ajustable a diferentes condiciones.

### 2.2.4.4. Turbina Francis

Posee un flujo radical similar a la bomba centrifuga con el mecanismo ajustables de manera circular generando un movimiento a presión bajo.

Tabla 2.2 Tabla de decisión de turbinas.

Velocidad específica	Tipo Turbina	Altura (metros)
<b>Hasta 16</b>	Pelton con 1 tobera	500
<b>16 a 25</b>	Pelton con 1 tobera	800-400
<b>26 a 35</b>	Pelton con 1 tobera	400-100
<b>36 a 50</b>	Pelton con 2 tobera	800-400
<b>51 a 72</b>	Pelton con 2 tobera	400-100
<b>55 a 70</b>	Pelton con 4 tobera	400-100
<b>70 a 120</b>	Francis lentísima	400-200
<b>120 a 200</b>	Francis Lenta	200-100
<b>200 a 300</b>	Francis media	100-50
<b>300 a 450</b>	Francis Veloz	50-25
<b>400 a 500</b>	Francis ultra velocísima	25-15
<b>270 a 500</b>	Hélice Velocísima	50-15
<b>500 a 800</b>	Kaplan Veloz	15-5
<b>800 a 1000</b>	Kaplan velocísima	5

Estas son utilizadas generalmente para transformar la energía en la turbina. El motor envuelve en forma inverso utilizando agua girando por energía además de por diseño, rendimiento, costo y eficiencia.

Las turbinas descritas anteriormente son las mas utilizadas, pero aparte de estas hay el vórtice el cual funciona de manera de que un rotor de energía propia del agua.

La turbina de vórtice se logra desviar este flujo con el uso de maquinaria pesada en realizar canales de agua aumentando la velocidad generando movimientos de rotación provocando la energía y de la misma manera egresa al rio y viceversa.

### 2.2.5 Tipos de Vórtices

Un vórtice se revela cuando la masa de un fluido obtiene un movimiento de rotación alrededor de un eje, aparecen diversas fuerzas reales que inducen un gradual hundimiento de la masa del fluido en la zona cercana al eje, produciendo un menisco, en donde la parte central está a menor altura que la parte más alejada del eje [7]

### 2.2.5.1. Vórtice Forzados

El contacto entre fluido real cuya velocidad varia de la real. “se genera por el contacto entre un fluido real en movimiento y un obstáculo que puede ser una pared fija u otro fluido cuya velocidad sea contrataría la del primero, o simplemente cuya velocidad sea sensiblemente distinta a la del mencionado fluido real.” [8]

### 2.2.5.2. Vórtice Libre

El vórtice libre depende de un núcleo esto “se presenta típicamente sobre una descarga que puede ser “de fondo” como sucede en las tinas de baño o en los lavamanos al vaciarse, cuando el líquido se encontraba originalmente en reposo.” [8]

Tabla 2.3 Definición de Vórtices.

Comportamiento de Vórtices	
Simbología	Definición
Ecuación 1	
$p$	presión sobre la superficie del fluido
$\gamma$	producto de la densidad por la aceleración gravitacional
$Z$	Altura
$P$	densidad del fluido
$V$	velocidad del fluido
$R$	distancia al eje de rotación (radio)
Ecuación 2	
$z^\infty$	altura máxima del vórtice; corresponde a la altura en la mayor distancia al eje de rotación
$B$	constante del modelo
$G$	aceleración de gravedad
$R$	distancia al eje de rotación (radio)
Ecuación 3	
$\omega_0$	velocidad angular inicial del vórtice
$G$	aceleración de gravedad
$R$	distancia al eje de rotación (radio)

## 2.2.6 Ansys

La simulación o también conocido como CFD (Computational Fluids Dynamics) que ofrece a través de este software plantea ayuda para entender la situación acorde con la ingeniería, este funciona a partir de pasos parametrizando sus objetivos entre este ayuda al usuario a resolver situaciones para la convergencia del problema.

Permite a su usuario una interacción a través de su matriz gráfica y el usuario, en la mayoría utilizan esta simulación como herramienta de cálculo además de prestarse para que se parta de estas situaciones a generar estudios de desarrollo. Su funcionamiento consta de cuatro módulos estos son:

### ANSYS Y SUS BENEFICIOS

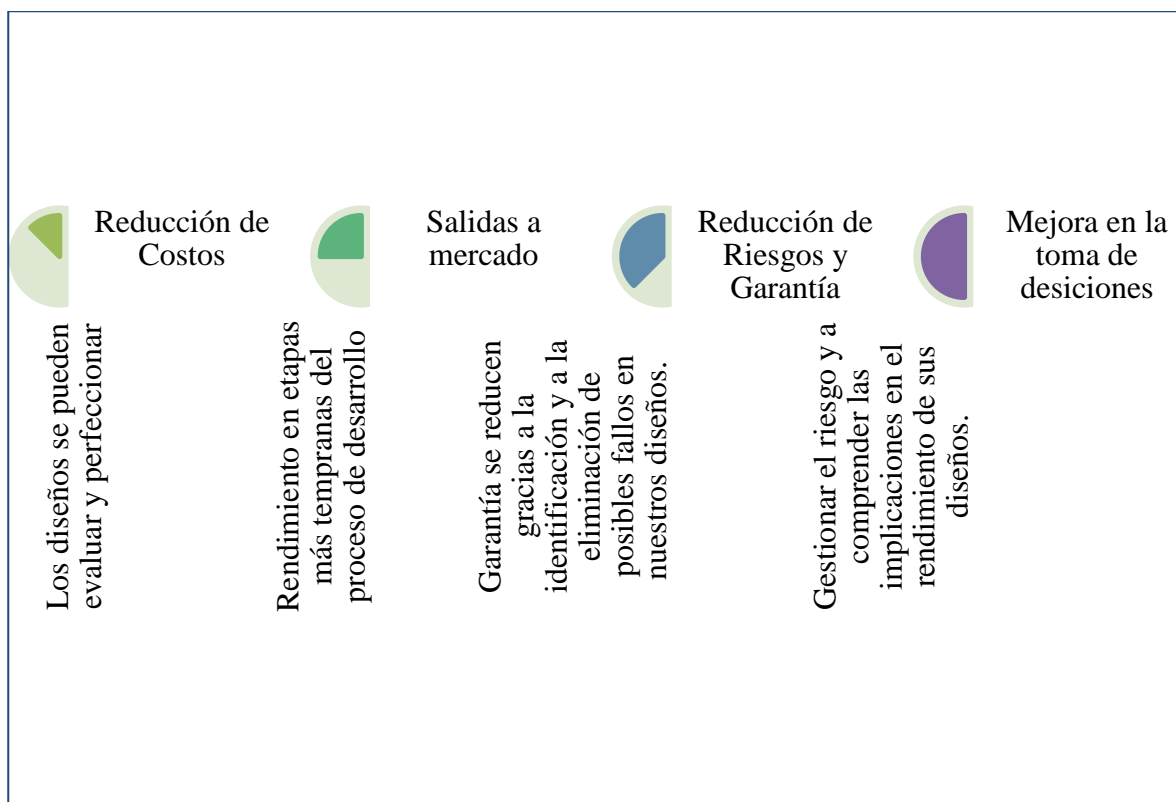


Figura 2.4 Beneficios de ANSYS.

### 2.2.6.1 Software de generación de geometría

El usuario debe hacer uso de SpaceClaim que es el software CAD que posee Ansys o importar la geometría desde cualquier otro Software CAD (NX, Solid edge, Inventor, etc.) para obtener el diseño que será evaluado.

### 2.2.6.2. Software de generación de malla

El usuario con ayuda del módulo de malla de Ansys Workbench del cual se hablará a más adelante, constituirá una malla bajo su criterio.

#### **Ansys CFX-Pre**

“Los análisis CFX-Pre consisten en física de flujo, condiciones de contorno, valores iniciales y parámetros de resolución, son también donde se especifica una gama completa de condiciones de contorno, incluidas entradas, salidas y aberturas”  
(ANSYS academic, 2013).

#### **Ansys CFX-Solver**

“CFX-Solver resuelve todas las variables de solución para la simulación para la especificación del problema generado en CFX-Pre. Una de las características más importantes de ANSYS CFX es su uso de un solucionador acoplado, en el que todas las ecuaciones hidrodinámicas se resuelven como un solo sistema. El solucionador acoplado es más rápido que el solucionador segregado tradicional y se requieren menos iteraciones para obtener una solución de flujo convergente” (ANSYS academic, 2013).

Según ANSYS en su página oficial: “Las compañías que utilizan ANSYS tienen un 24% más de probabilidades de cumplir con las fechas del lanzamiento de su producto, un 37% más de probabilidades de ver una disminución en la duración del tiempo de desarrollo y un 50% más probabilidades de ver una reducción en el costo total de propiedad (TCO) de los ensayos en 12 meses, que las empresas que no utilizan una plataforma de simulación.” [9]

En si ANSYS se ha diseñado para el uso educativo en su mayoría invirtiendo en calidad de producto además de innovación haciendo de esta herramienta un mejor innovador actualizado de la misma manera imponiendo nuevas mejoras.

### 2.2.6.3. Metodología ANSYS

**Geometría.** La celda Geometry corresponde al lugar donde el usuario debe seleccionar un sólido de trabajo, para esto el usuario puede usar la matriz de dibujo que posee

Ansys SpaceClaim o si lo desea puede importarlo desde cualquier software CAD siempre y cuando el archivo se encuentre en una extensión de dibujo neutra con el fin de que el usuario no encuentre errores a la hora de importarlo al software. Los pasos para aplicarse son:

- Dimensionar la turbina
- Seleccionar el tipo de análisis
- Definir material

**Mesh.** La creación de mallas consiste en la utilización de subdominios que a partir de pequeñas secciones construir el sólido de trabajo. La utilización de cada figura viene condicionada por el tipo de geometría que se planea mallar, después de todo mientras mayor sea la cantidad de subdominios será más complicado o tardío para la computadora del usuario cuando deba solucionar todo el problema. Los pasos para aplicarse son:

- Definir la geometría
- Definir mallado

**Setup.** En esta etapa se integra los parámetros físicos del fenómeno a evaluar y se relacionan directamente con el sólido en argumento.

Es la etapa donde se definen las entradas, salidas y paredes dentro del sistema. Y definimos que es lo que esperamos de nuestra simulación para luego ser solucionado por la matriz de **Ansys.**

Los pasos para aplicarse son:

- Definir soporte
- Definir cargas aplicadas

**Solution.** Produce los resultados requeridos en un proceso no participativo. Un problema de CFD se resuelve de la siguiente manera: Las ecuaciones diferenciales parciales están integradas en todos los volúmenes de control en la región de interés. Estas ecuaciones integrales se convierten en un sistema de ecuaciones algebraicas generando un conjunto de aproximaciones para los términos en las ecuaciones integrales.

Las ecuaciones algebraicas se resuelven de forma iterativa. Se requiere un enfoque iterativo debido a la naturaleza no lineal de las ecuaciones, y cuando la solución se aproxima a la solución exacta, se dice que converge. Para cada iteración, se informa de un error o residual como una medida de la conservación general de las propiedades de flujo. Los pasos para aplicarse son:

- Especificar resultados
- Verificación de seguridad



**Results.** El visualizador de resultado es un módulo donde el usuario puede observar los datos obtenidos de una manera visual que va desde la animación de vectores de flujo con su respectiva magnitud, la incidencia del fenómeno a través de todo el dominio estudiado, animaciones y por supuesto gráficos numéricos que representan el fenómeno a lo largo de su recorrido. [10]

### 2.2.7 Simulación 3D

Al momento de realizar una simulación en 3D, se debe tener en cuenta el programa que se va a utilizar ya que este nos ayuda con los parámetros con los que va a trabajar para de esta manera simulando la pieza y darle ciertas funciones como realizarla por secciones. El dibujo virtual o CAD se creado previamente para combinar los procesos que adoptara el objeto y de esta manera tener una idea para los cálculos que se pueden realizar en la vida real. El punto principal de esta técnica es poder determinar cuánto esfuerzo puede realizar la pieza y con qué materiales estaría más acorde para tener en cuenta el costo beneficio. [11] Es necesario definir lo siguiente:

#### 2.2.7.1. Impresora 3D

La tecnología de impresión **3D** se basa, esencialmente, en conseguir imprimir objetos a los que añade una tercera dimensión.

Para ello, los crea capa por capa, desde abajo hasta arriba, utilizando materiales como el plástico ABS o PLA.

#### 2.2.7.2. Modelado 3D

Es el proceso de desarrollo de una representación matemática de cualquier objeto tridimensional ya sea inanimado o vivo a través de un software especializado.

Al producto se le llama modelo 3D.

Se puede visualizar como una imagen bidimensional mediante un proceso llamado renderizado 3D o utilizar en una simulación por computadora de fenómenos físicos.

#### 2.2.7.2. Materiales

- Cronometro
- Libreta de apuntes
- AutoCAD
- ANSYS
- Microsoft Excel 2019

#### 2.2.7.2. Equipos

- GPS
- Laptop

#### 2.2.7.3. Requerimientos para aplicar métodos.

- Proyectar el tamaño de la población, usando datos estadísticos de diferentes instituciones del estado.
- Determinar el nivel de confianza, entre estas la tabla de distribución T-Student.
- Analizar probabilidad de éxito, fracaso y error.
- Aplicar encuestas, en base a la muestra.
- Tabular la encuesta y generar resultados.

#### 2.2.7.4. Estructura del modelado de una simulación en ANSYS

- Seleccionar el tipo de análisis en ANSYS
- Definir la geometría
- Definir el mallado
  - Controlar el mallado
  - Definir condiciones de borde y calidad de mallado
  - Calidad de mallado
- Definir el procesamiento
  - Parámetros iniciales
  - Modelo de fluido
- Definir parámetros iniciales y condiciones de borde
  - Asignar condiciones de borde
  - Definir parámetros de borde
  - Definir valores del fluido
- Definir proceso de solución
  - Unidades
  - Control
  - Salida de datos
- Ejecutar simulación
- Generar resultados
  - Presión
  - Velocidad Superficial

- Comportamiento de partículas
- Visualizar diferentes variables de corte

### SIMULACIÓN 3D DE UNA TURBINA

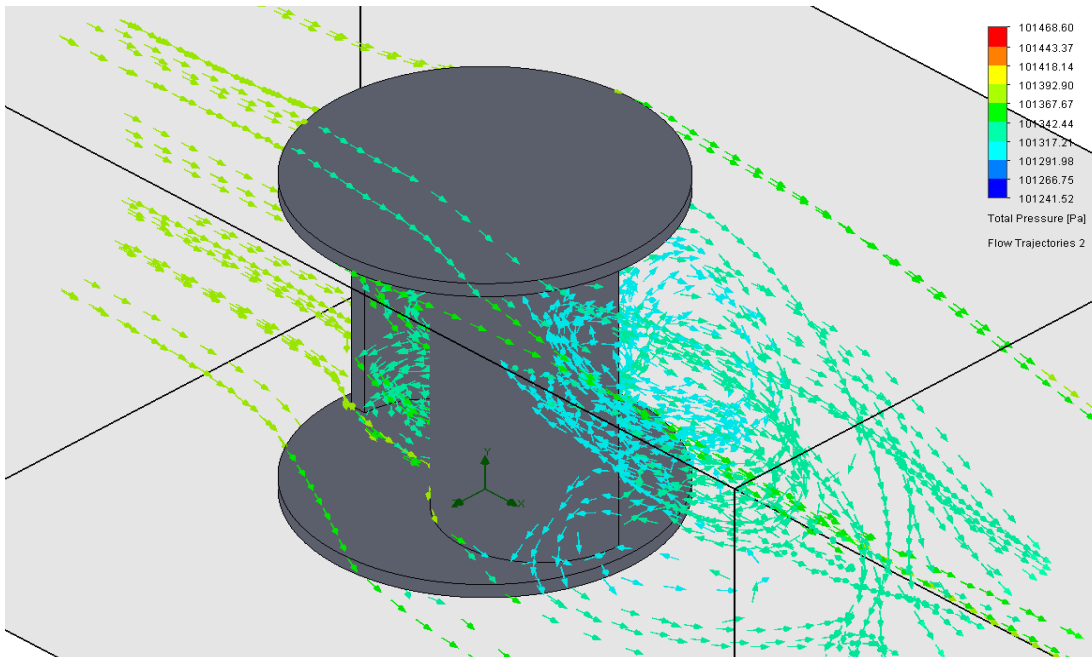


Figura 2.5 Simulación 3D.

## 3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA:

### 3.2 METODOLOGÍA

Uno de los principales requisitos para la investigación es conocer el consumo eléctrico promedio según el tipo de vivienda en estudio, recopilando información a través de diferentes técnicas y herramientas. Una de las técnicas más usadas es la de realizar encuestas a la población del lugar, con la finalidad de saber el consumo energético mensual y los aparatos eléctricos más usados. Además, se cuenta con herramientas informáticas para validar la información como la página web de la Empresa Eléctrica.

Con este fin es que se da a conocer el uso de software mediante el cual se puede dar un estudio y de esta manera modelar la turbina de vórtice para hacer las pruebas necesarias antes de poder plasmarlo en una construcción se debe tener en cuenta que el costo de esta turbina sería alto pero al realizarlo mediante los softwares necesarios se puede evitar las pruebas y tener una escala y de esta manera poder verificar de manera satisfactoria el uso de los

software que están preparados para hacer simulaciones reales con los tipos de materiales o a su vez que tanta es la resistencia de los materiales que se va a utilizar, espesor y dimensiones de la misma turbina. La metodología de investigación aplicada genera un proceso amplio en cual es utilizado para alcanzar un fin, esto aplicado a un estudio o tesis. Se puede definir como una pauta a mano de procesos y técnicas con el uso de normas APA. Aquí presenta diversos pasos para la ejecución de manera correcta la metodología. [12] Anexo1.

Esta metodología se destaca por ser el primer paso dentro de la investigación descriptiva, para esto es necesario ordenar, contar, resumir y dividir datos este proceso define si esta metodología será cualitativa o cuantitativa y exploratoria. A través de un proceso el cual es necesario el cual se plasma en 4 pasos. [13] El primero consiste en elaborar una pregunta planteando de manera adecuada y concisa las preguntas de investigación, lo que da paso a la siguiente elección de método al ser aplicado mediante indicadores de utilidad posteriormente analizándolos ya en la simulación ya establecida con medición, división, y su respectivo análisis, dando paso por ultimo a la interpretación teniendo claro que esto se puede generar una viabilidad.

## **Cálculos**

### **Comportamiento del vórtice**

El vórtice rota sin la necesidad de una fuerza externa.

La ecuación muestra el comportamiento de los vórtices.

### **Fórmula**

$$-\frac{d}{dr}(p + y \times z) = -\rho \frac{V}{2r} \quad (3.1)$$

### **Indicaciones de la Fórmula**

$p$  = presión sobre la superficie del fluido

$y$  = producto de la densidad multiplicado por la aceleración gravitacional

$z$  = altura

$\rho$  = densidad del fluido

$V$  = velocidad del fluido

$r$  = distancia al eje de rotación

### **Comportamiento de la altura y radio del vórtice**

A partir de la ecuación, se reflejan los modelos matemáticos describiendo el comportamiento entre la altura y el radio.

### Fórmula

$$z(r) = z_{\infty} - \frac{B^2}{2gr^2} \quad (3.2)$$

$$z(r) = \frac{w_0^2}{2g} r^2 \quad (3.3)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$z_{\infty}$  = altura a máxima del vórtice; correspondiente a la altura en la mayor distancia al eje de rotación

$B$  = constante del modelo

$w_0$  = velocidad angular inicial del vórtice

$g$  = aceleración de la gravedad

$r$  = distancia al eje de rotación

$w = w_0$

### Canal de alimentación

Se muestran las velocidades son altas, estas no podrían ser despreciables así que la suposición de total tampoco es considerada válida. Lo que se refleja con un vórtice Libre lo que nos demuestra el informe de canales abiertos del flujo hidráulico.

### Fórmula

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} \quad (3.4)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$Fr$  = Numero de Froude (adimensional)

$v$  = velocidad (m/s)

$g$  = gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$y$  = tirante hidráulico (m)

### Área del caudal

El valor de la velocidad busca tener un flujo supercrítico para que la energía sea mayor y la

tirante sea menor. Se mantendrá un caudal de 2 m/s y la velocidad hasta 2,7.

### Fórmula

$$A = \frac{Q}{v} \quad (3.5)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$v$  = velocidad (m/s)

$Q$  = caudal volumétrico ( $m^3/s$ )

$A$  = área ( $m^2$ )

### Tirante hidráulico

Es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre del agua.

### Fórmula

$$y = \sqrt{\frac{A}{2}} \quad (3.6)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$y$  = tirante hidráulico (m)

### Ancho de la base del canal

Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección.

$$b = \frac{A}{y} \quad (3.7)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$b$  = ancho de la base del canal (m)

### Longitud de transmisión

A un mecanismo encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina.

**Fórmula**

$$L_t = \frac{b - b_e}{2(\tan(12.5))} \quad (3.8)$$

**Indicaciones de la Fórmula**

$L_t$  = longitud de transición (m)

$b_e$  = ancho de la base de la entrada a la cámara de vórtice

**Descripción****Cámara de vórtice**

Un piso plano de la cámara minimiza la captura de materia orgánica e hidráulicamente dirige la arena hacia el depósito inferior, convirtiendo la cámara superior en unidad de vórtice forzado

**Fórmula**

$$0.27 = \frac{H_b}{D_t} \quad (3.9)$$

$$D_t = 0.27 * H_b \quad (3.10)$$

**Indicaciones de la Fórmula**

$H_b$  = altura de la cámara de vórtice

$D_t$  = diámetro de la cámara de vórtice

**Solución**

$$D_t = 0.27 * 1.00 = 0,27 \quad (3.11)$$

**Orificios de descarga**

El chorro que se descarga libremente a través de un orificio se lo denomina vena líquida y su trayectoria es parabólica

**Fórmula**

$$0.16 = \frac{D_o}{D_t} \quad (3.12)$$

$$D_o = 0.16 * D_t \quad (3.13)$$



### Indicaciones de la Fórmula

$D_o$  = diámetro del orificio de descarga (m)

### La entrada de la cámara de vórtice

Estas estructuras conectan un conducto de entrada con un conducto de salida a través de una cámara simple.

### Fórmula

$$0.52 = \frac{b_e}{D_o} \quad (3.14)$$

$$b_e = 0.52 * D_o \quad (3.15)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$b_e$  = ancho de la base de la entrada a la cámara de vórtice (m)

### Altura y diámetro del cámara de vórtice

Para encontrar las dimensiones más apropiadas para la altura y diámetro de descarga se basó en el trabajo en diferentes estructuras

### Fórmula

$$0.45 = \frac{D_c}{D_t} \quad (3.16)$$

$$D_c = 0.45 * D_t \quad (3.17)$$

$$0.36 = \frac{H_c}{H_b} \quad (3.18)$$

$$H_c = 0.36 * H_b \quad (3.19)$$

### Indicaciones de la Fórmula

$D_c$  = diámetro del cono de descarga (m)

$H_c$  = altura del cono de descarga (m)

### Escalamiento del modelo



Toma forma en la sección final, en donde se definen las características del prototipo de campo, las fuerzas a reproducir en el modelo, la alternativa de escalamiento seleccionada, el cálculo de las propiedades del modelo y finalmente una validación del escalamiento en el simulador ANSY.

### Fórmula

$$\frac{Fr_p}{Fr_m} = \frac{\left(\frac{v^2}{yg}\right)_p}{\left(\frac{v^2}{yg}\right)_m} = 1 \quad (3.20)$$

$$\frac{L_p}{L_m} = \lambda = 5 \quad (3.21)$$

$$\frac{b_p}{b_m} = \lambda = 5$$

## 3.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 3.3.1 Diseño de Turbina

#### 3.3.1.1 Base de Turbina

#### Descripción:

La base donde se acopla la turbina con el árbol de transmisión.

Se utilizó el comando círculo con un radio de 0,15m y para realizar aberturas se utilizó una matriz polar circular de 4 puntos.

#### Solución

### BASE DISEÑADA PARA EL ÁRBOL DE TRANSMISIÓN

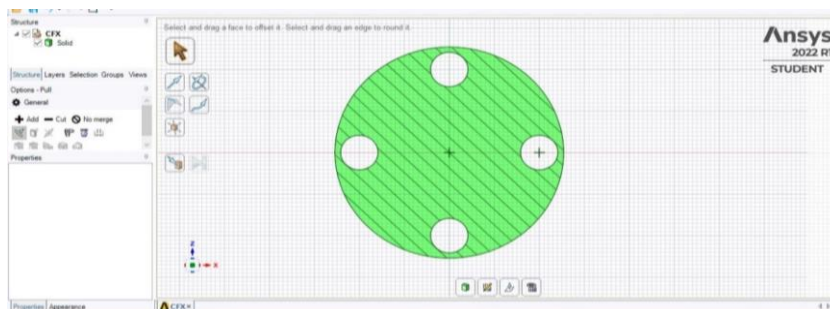


Figura 3.6. Base para el árbol de transmisión.

### Descripción:

Segundo paso se procede a realizar un árbol de transmisión incorporado lo 8 alabes y utilizando el comando extruir para realizar el modelado en 3D

### Solución:

## ÁRBOL DE TRANSMISIÓN

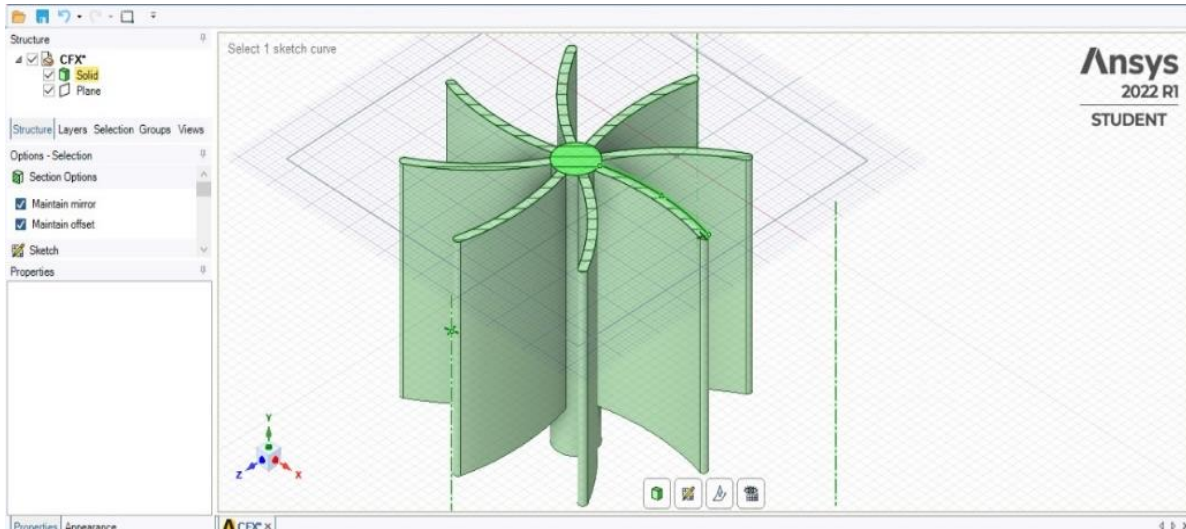


Figura 3.7 Árbol de Transmisión.

### Descripción:

Tercer paso se procede unir las dos piezas de la turbina y hacerla una sola con el comando combinar.

### Solución:

## FUSIÓN ENTRE LA BASE Y EL ÁRBOL DE TRANSMISIÓN

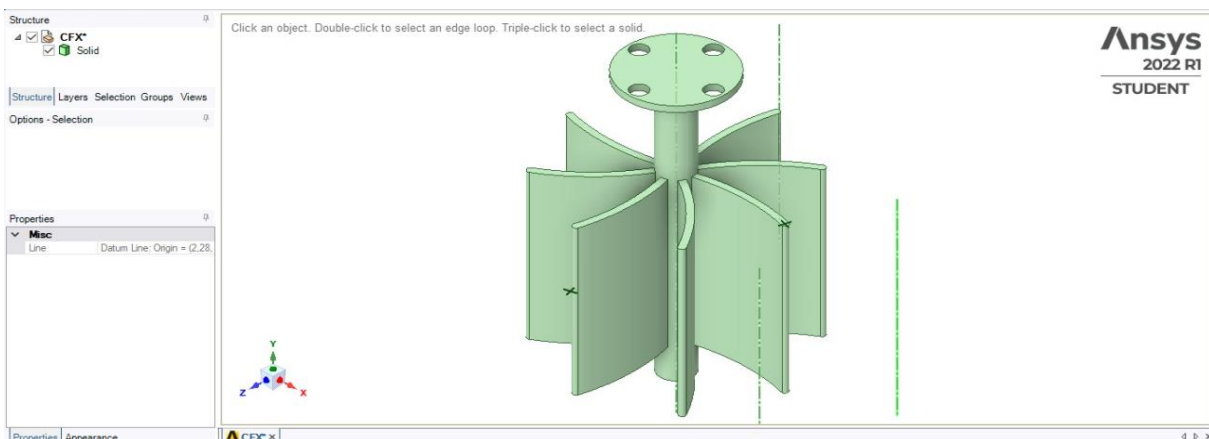


Figura 3.8 Fusión entre la base y el árbol de transmisión.

### 3.3.1.2. Árbol de transmisión

#### Descripción:

Primer paso realizar el eje del árbol de transmisión.

#### Solución

### ÁRBOL DE TRANSMISIÓN

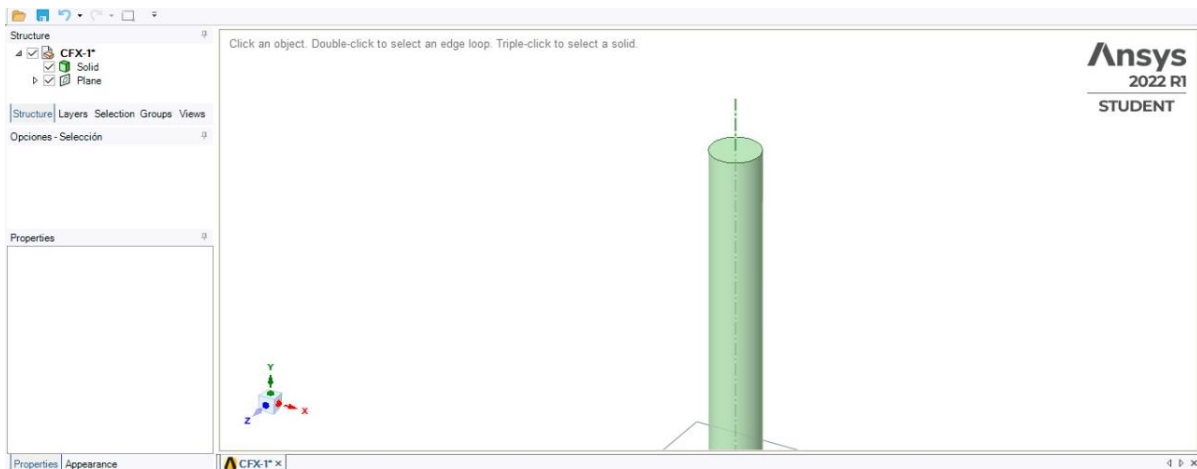


Figura 3.9 Eje del árbol de transmisión

#### Descripción:

Segundo paso procedemos a realizar la base del árbol de transmisión en donde se va a acoplar la segunda base de transmisión de la turbina.

#### Solución:

### SEGUNDA BASE DE TRANSMISIÓN DE LA TURBINA

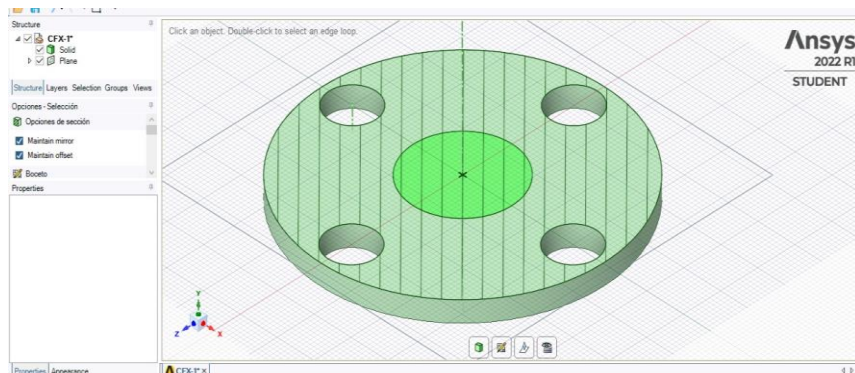


Figura 3.10 Segunda base de transmisión de la turbina.

**Descripción:**

Tercer paso se procede a unir las dos piezas combinado en un solo árbol de transmisión.

**Solución**

**ÁRBOL DE TRANSMISIÓN**

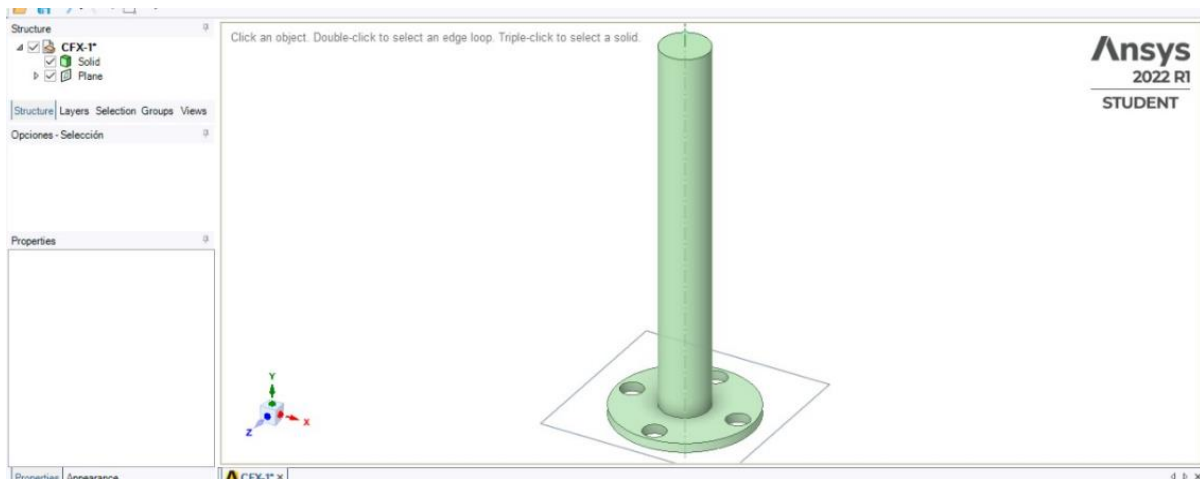


Figura 3.11 Árbol de transmisión

**3.3.1.3. Estructura**

**Descripción:**

Primer paso se procede a realizar en un plano 2D el boceto de la estructura en donde se va a colocar el árbol de transmisión.

**Solución:**

**PLANO 2D EL BOCETO DE LA ESTRUCTURA**

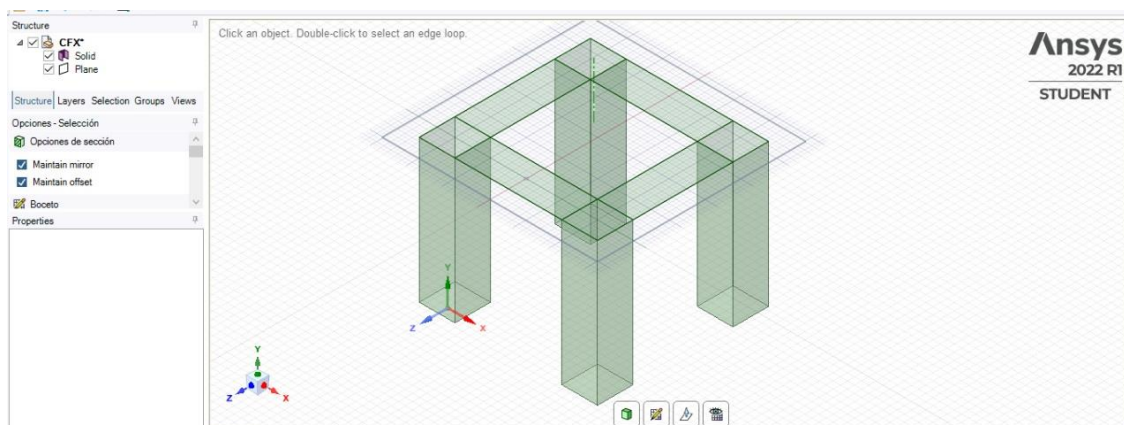


Figura 3.12 Plano 2D el boceto de la estructura.

### Descripción:

Segundo paso se procede a extruir el soporte del árbol de transmisión y realizar en la placa intermedia donde se prevé alojar el eje de transmisión

### Solución:

## SOPORTE DEL ÁRBOL DE TRANSMISIÓN Y LA PLACA INTERMEDIA

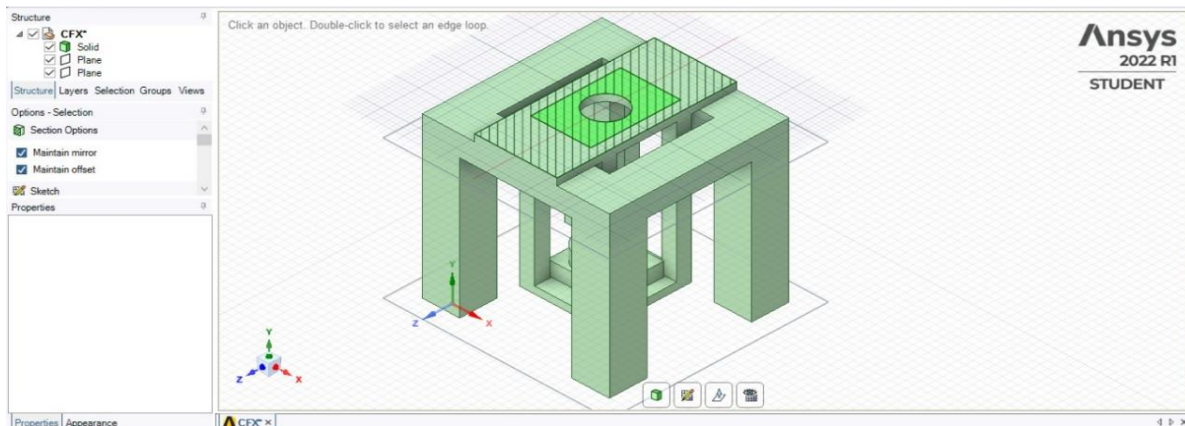


Figura 3.13 Soporte del árbol de transmisión y realizar en la placa intermedia.

### Descripción:

Tercer paso se procede a realizar la incorporación de la base del rodamiento superior donde se va a alojar el árbol de transmisión

### Solución:

## BASE DEL RODAMIENTO SUPERIOR

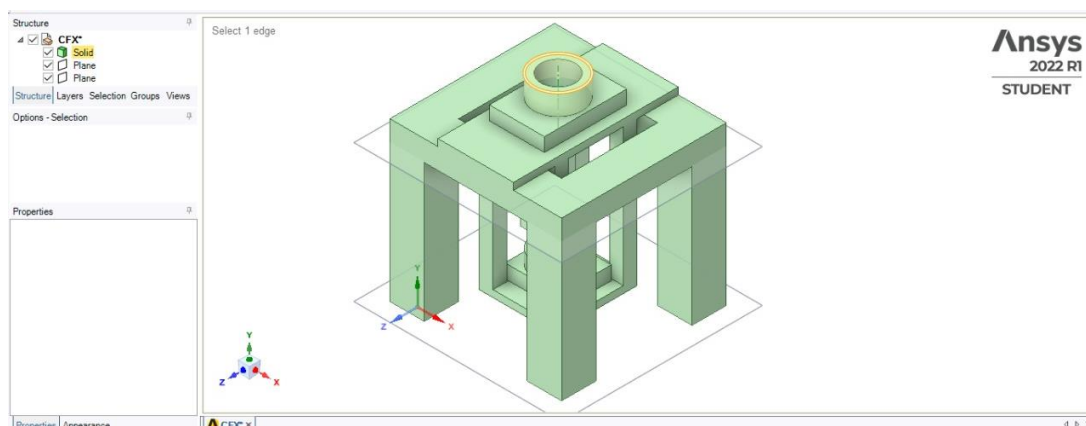


Figura 3.14 Base del rodamiento superior

**Descripción:**

Cuarto paso de la placa intermedia se procede a diseñar un segundo soporte con una base para un segundo rodamiento de manera que ayude a estabilizar al árbol de transmisión

**Solución:**

**SEGUNDO SOPORTE CON UNA BASE**

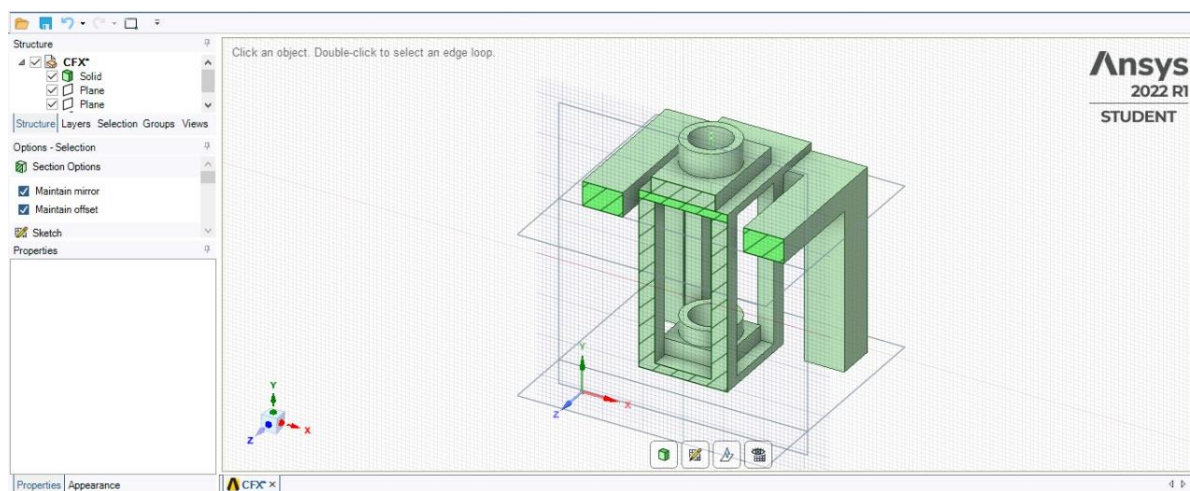


Figura 3.15 Segundo soporte con una base

**Descripción:**

Quinto paso se procede a seleccionar cuatro pernos hexagonales g8 acero negro de un largo de 1-1/2 INCH y tuercas con el diámetro 0,025mm

**Solución:**

**PERNOS HEXAGONALES**

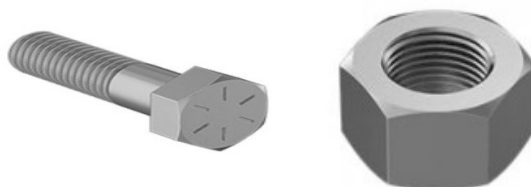


Figura 3.16 Pernos hexagonales

**3.3.1.3 Design Modeler**

**Descripción:**

En la Figura 3.17 se señala el desarrollo a través del software ANSYS, en la sección de geometría se presenta la visualización de las operaciones realizadas en la creación de parámetros especializados y debidamente ubicados dentro de la simulación.

### Solución:

Ingresamos a la plataforma ansys y seleccionamos component systems, geometr

## COMPONENTES DEL SISTEMA

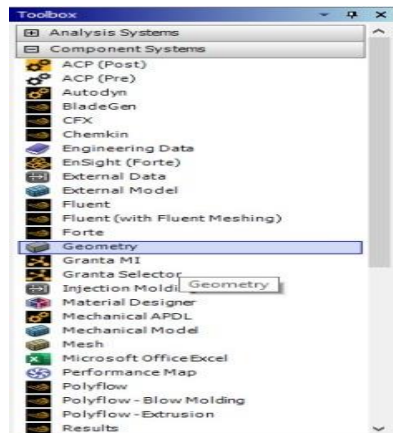


Figura 3. 17 Design Modeler: Componente.

### Descripción:

En la Figura 3.18 seleccionamos la opción Geometry para poder realizar un boceto en 2D seleccionamos New SpaceClaim Geometry y se comienza a trabajar.

### Solución:

## NEW SPACECLAIM GEOMETRY

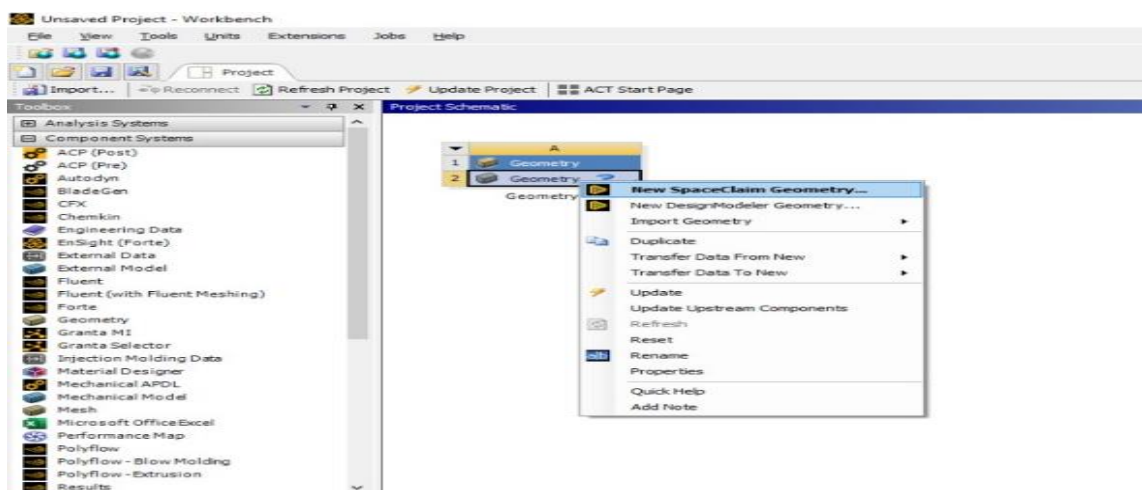


Figura 3.18 Design Modeler: Nueva Geometría.

### Descripción:

En la Figura 3.19 se determina que esta plataforma es similar a los programas de

AutoCAD y Solidword, donde seleccionamos un plano que vamos a trabajar.

**Solución:**

### SELECCIÓN DE PLANO

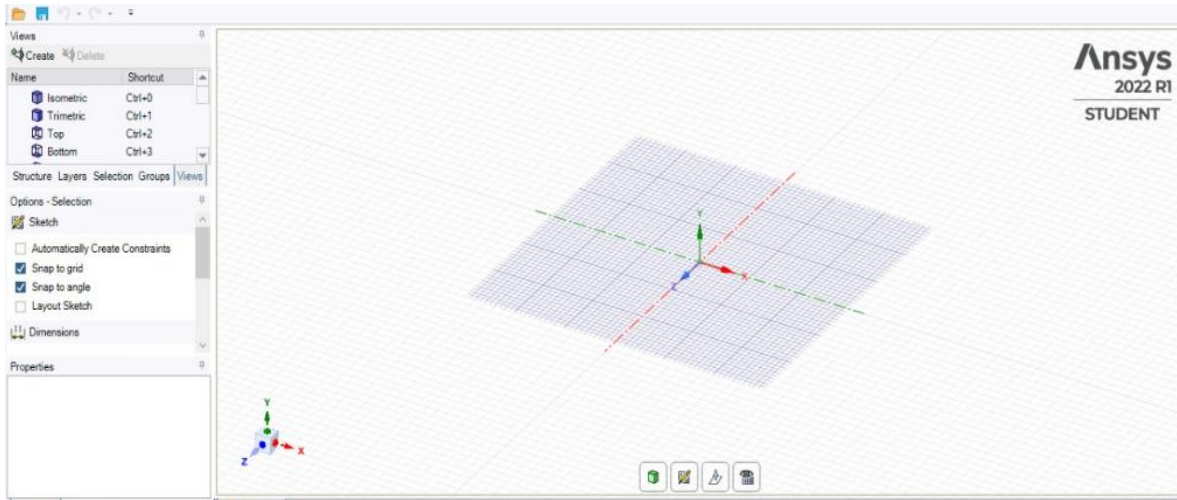


Figura 3.19 Design Modeler: Selección de plano.

**Descripción:**

En la Figura 3.20 se debe tomar en cuenta en las unidades que se va a trabajar ya que el programa viene precargado en unidades mm métricas, cambiado su configuración a metros por que es en la unidad métrica que vamos a trabajar.

**Solución:**

### SELECCIÓN DE UNIDADES

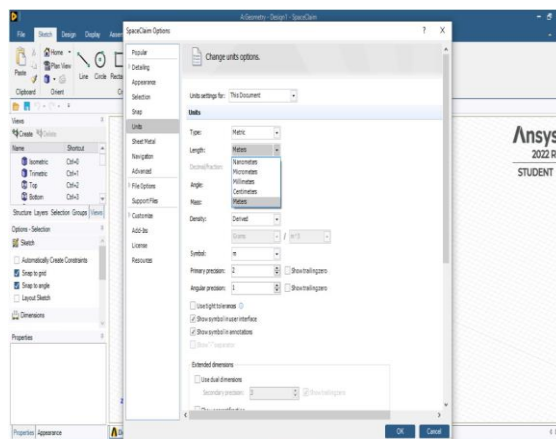


Figura 3.20 Design Modeler: Selección de unidades.



### Descripción:

En la Figura 3.21 se realizó el boceto de la estructura en donde se va a encontrar la turbina.

### Solución:

#### BOCETO DE ESTRUCTURA



Figura 3.21 Design Modeler: Boceto de estructura.

### Boceto Medidas

#### Descripción:

En la tabla 3.4 se refleja la dimensión de la primera estructura en el que se realizo primer diseño de la turbina

#### Solución:

Tabla 3.4 Design Modeler: Medidas del Boceto. Elaborado por: Los Autores.

<b>Longitud total estructural</b>	<b>6 metros</b>
<b>Área total estructura</b>	<b>136,85m<sup>2</sup></b>
<b>Largo del espacio turbina</b>	<b>2,54 metros</b>
<b>Área alojamiento Turbina</b>	<b>5,13m<sup>2</sup></b>
<b>Largo Alojamiento Turbina</b>	<b>2,54 metros</b>
<b>Radio de arco interno alojamiento Turbina Posterior</b>	<b>1 metro</b>
<b>Arco longitud alojamiento Turbina posterior</b>	<b>3,05 metros Ø174,73</b>
<b>Segundo radio de Arco Turbina Frontal</b>	<b>1,54 metros</b>
<b>Segundo Arco longitud Alojamiento Turbina frontal</b>	<b>4,96 metros Ø184,91</b>

### Descripción:

En la Figura 3.22 Procedemos a extruir la base de la primera estructura con una altura de 2,50 m.

### Solución:

#### BASE ESTRUCTURAL

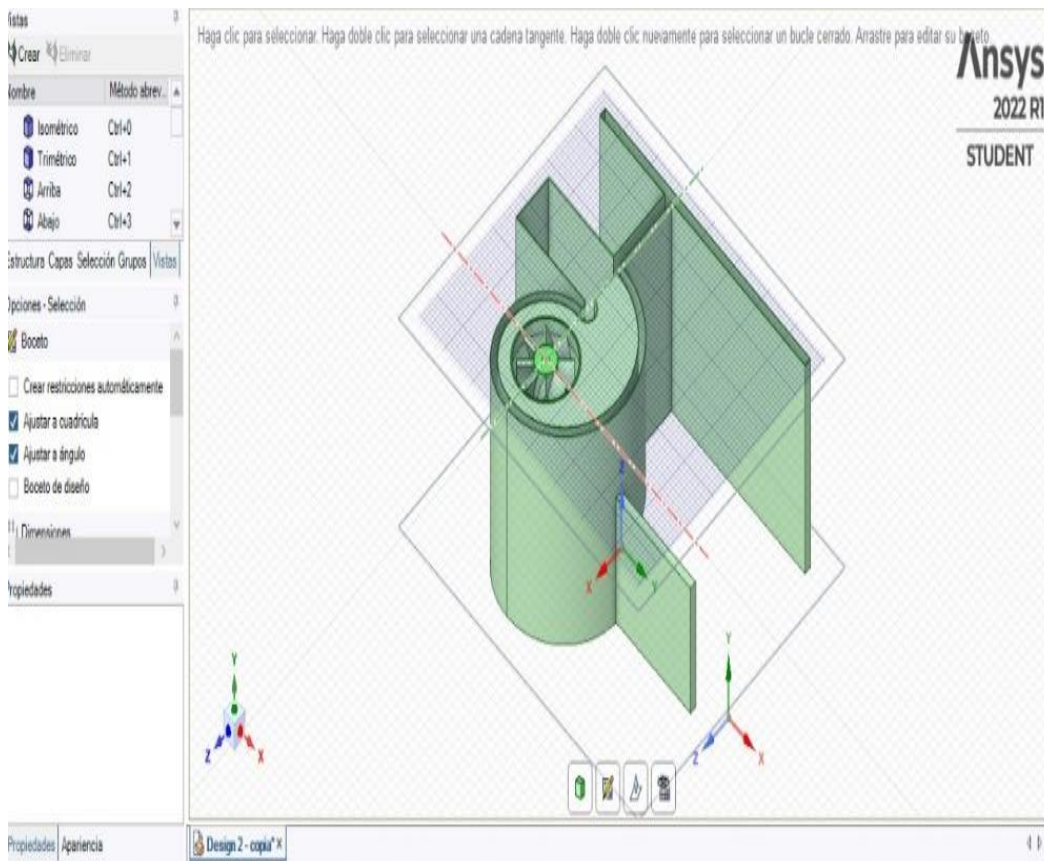


Figura 3.22 Desing Modelar: Base Estructural.

### Procedemos a fabricar la turbina

#### Descripción:

En la tabla 3.5 se refleja la dimensión de la primera estructura diseñada de la forma espiral cilíndrica.

#### Solución

Tabla 3.5 Desing Modeler: Dimensiones de la Turbina.

Nombre	Medidas	Diámetro
Radio exterior de la turbina		Ø 0,5 m
Radio Interior eje de la turbina		Ø 0,15 m
Radio de la turbina		Ø 1,3 m
Arco Exterior de la turbina	1,15 m	
Arco Interior de la turbina	1 m	
Pared superior	2,18 m	
Espacio de la pared interior y exterior	0,15 m	
Pared interior de la estructura de la turbina de vórtice	1,54 m	
Diámetro exterior de la turbina	1,69 m	
Base de la esquina superior	0,07 m	
Pared anexa a la toma de la salida del agua	2,18 m	
Espacio total de almacenamiento de agua	18,72 m <sup>2</sup>	
Ancho de almacenamiento del agua	1,5 m	
Alto de almacenamiento del agua	3 m	
Largo del almacenamiento del agua	1,9 m	
Área del almacenamiento de la turbina	30,32 m <sup>2</sup>	
Entada del agua	0,60 m x 0,50 m	

**Descripción:**

En la Figura 3.23 se observa el segundo diseño de la estructura para la turbina en la forma espiral cóncavo.

**Solución:**

## MODELO DE LA SIMULACIÓN

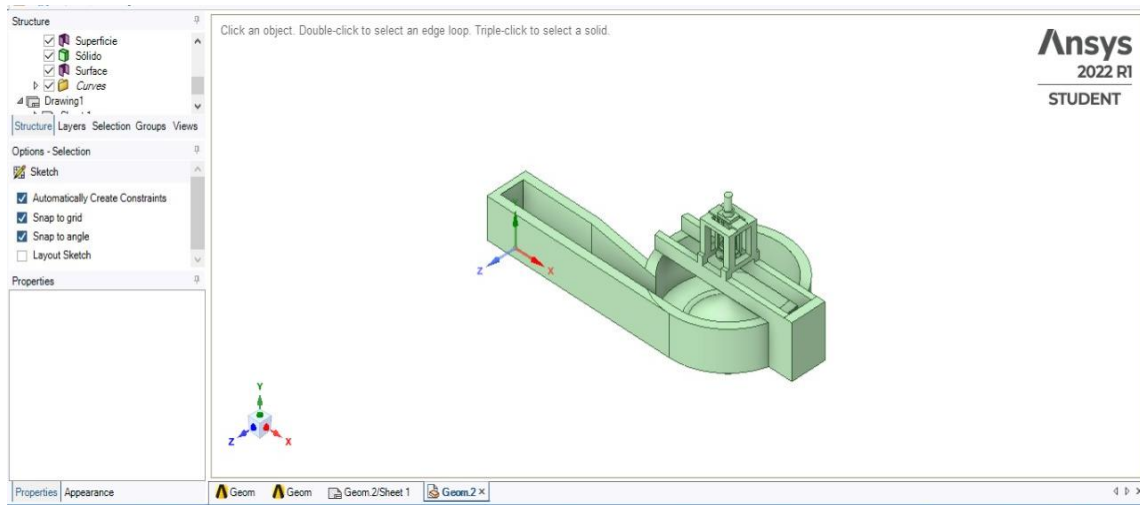


Figura 3.23 Desing Modeler: Modelo de la simulación.

### Descripción:

En la Figura 3.24 se indica el espacio cóncavo en donde se aloja la turbina.

### Solución:

## INDICACIONES DEL CONTENIDO DE LA TURBINA

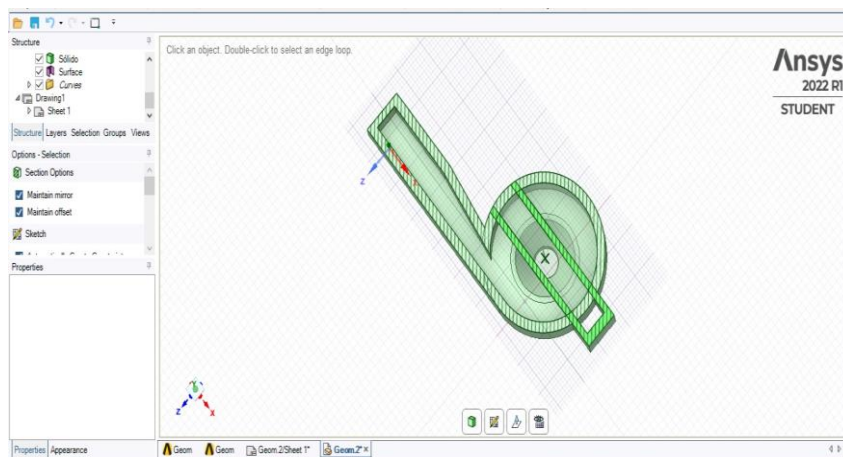


Figura 3.24 Desing Modeler: Indicaciones del contenido de la turbina.

### Descripción:

En la Figura 3.14 se indica el espacio cóncavo en donde se aloja la turbina.

### Solución:

### INDICACIÓN DE LA TURBINA.

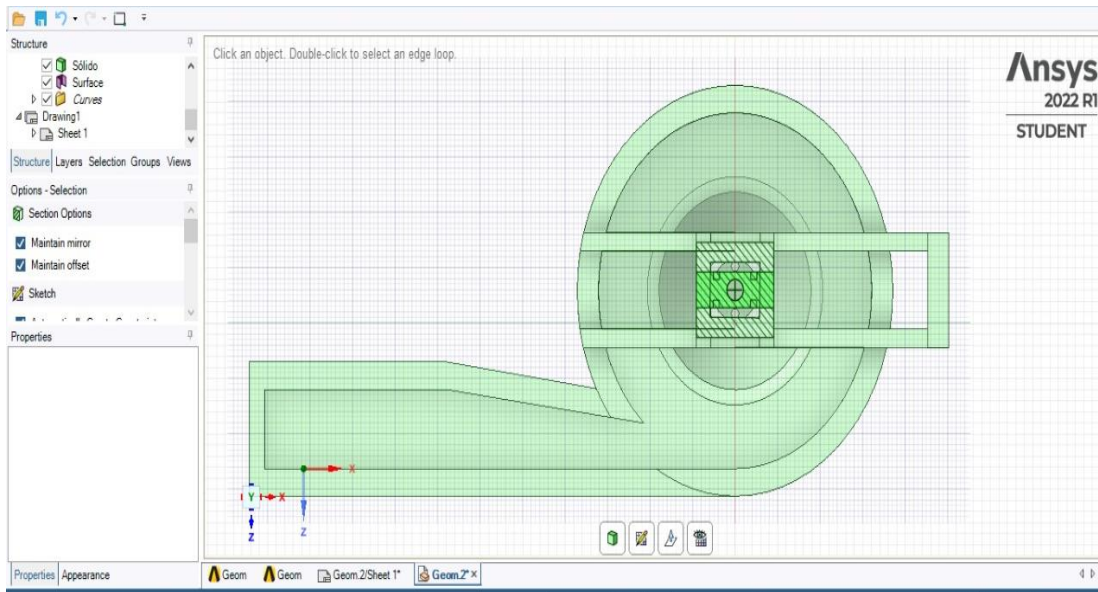


Figura 3.25 Desing Modeler: Indicación de la turbina.

**Descripción:**

En la Figura 3.15 se muestra el área que se va a formar el vórtice.

**Solución:**

### DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA TURBINA

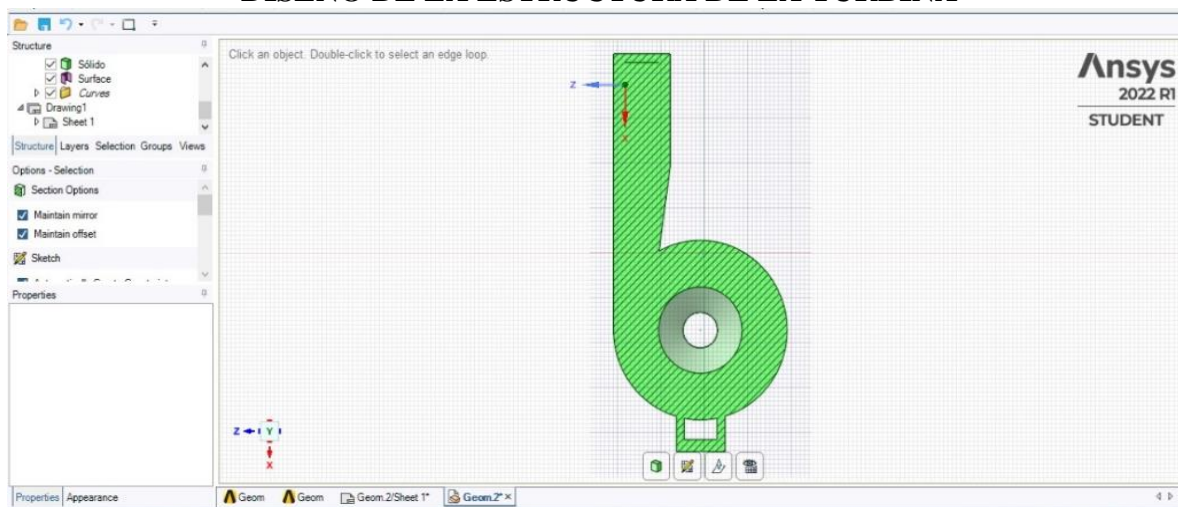


Figura 3.26 Desing Modeler: Diseño de la estructura de la turbina.

**Descripción:**

En la Tabla 3.6 se especifica los comandos que se utilizó para realizar el diseño de las estructuras y turbinas.

**Solución:**

Tabla 3.6 Desing Modeler: Comandos.

Comandos	Descripción
Círculo	Con este comando se realizó el radio exterior de la turbina
Círculo	Con este comando se puede realizar el radio interior del eje de la turbina
Círculo	Con este comando se puede realizar el radio de la turbina
Arco	Con el comando indicado se realizó el arco exterior de la turbina
Arco	Con el comando se realizo es arco interior de la turbina
Línea	Con este comando se realizó la pared superior
Línea	Con este comando se realizó en el espacio de la pared interior y exterior
Línea	Con este comando se realizó para realizar la pared interior de la estructura
Círculo	Con este comando se realizó el diámetro exterior de la turbina
Arco	Con este comando se realizó la base de la esquina superior
Línea	Con este comando se realizo la pared anexa a la toma de salida del agua
Medida	Con este comando se realizó el espacio total de almacenamiento del agua
Línea	Con este comando se realizó el ancho de almacenamiento del agua
Línea	Con este comando se realizó el alto de almacenamiento del agua
Línea	Con este comando se realizó el largo de almacenamiento del agua
Línea	Con este comando se realizó la entrada del agua
Medida	Con este comando se realizó el área del almacenamiento de la turbina
Extruir	Con este comando se realiza para unir varios puntos necesarios

### 3.3.1.4 Análisis estático estructural

#### Cálculos

#### Canal de alimentación

Se muestran en la ecuación 3.4 se puede obtener los resultados del canal de alimentación

### Solución

$$Fr = \frac{2,7}{\sqrt{9,8 \times 0,61}} = 1.105$$

### Área del caudal

Se muestran en la ecuación 3.5 se puede obtener los resultados del área del caudal

### Solución

$$A = \frac{2}{2,7} = 0,741 \text{ m}^2$$

### Tirante hidráulico

Se muestran en la ecuación 3.6 se puede obtener los resultados del canal de alimentación

### Solución

$$y = \sqrt{\frac{0,741}{2}} = 0,609 \text{ m}$$

### Ancho de la base del canal

Se muestran en la ecuación 3.7 se puede obtener los resultados del ancho de la base del canal

### Solución

$$b = \frac{0,741}{0,609} = 1,216 = 1,22$$

### Dimensiones del canal

En la tabla 3.7 indica las medidas del diseño el cual mantendrá una altura mínima de 1,22 metros. A continuación, se muestra los valores de los parámetros.

Tabla 3.7 Cálculos del canal de alimentación.

Velocidad (m/s)	Caudal ( $m^3/s$ )	Área ( $m^2$ )	Tirante (m)	Base del canal (m)	Fr
2 m/s	$2 m^3/s$	$1.000 m^2$	0.707 m	1.414 m	0.759
2.2 m/s	$2 m^3/s$	$0.909 m^2$	0.674 m	1.348 m	0.855
2.4 m/s	$2 m^3/s$	$0.833 m^2$	0.645 m	1.291 m	0.954
2.5 m/s	$2 m^3/s$	$0.800 m^2$	0.632 m	1.265 m	1.004
2.6 m/s	$2 m^3/s$	$0.769 m^2$	0.620 m	1.240 m	1.054
2.7 m/s	$2 m^3/s$	$0.741 m^2$	0.609 m	1.217 m	1.105
2.8 m/s	$2 m^3/s$	$0.714 m^2$	0.598 m	1.195 m	1.156
2.9 m/s	$2 m^3/s$	$0.690 m^2$	0.587 m	1.174 m	1.208
3 m/s	$2 m^3/s$	$0.667 m^2$	0.577 m	1.155 m	1.261
3.1 m/s	$2 m^3/s$	$0.645 m^2$	0.568 m	1.136 m	1.313
3.2 m/s	$2 m^3/s$	$0.625 m^2$	0.559 m	1.118 m	1.366
3.3 m/s	$2 m^3/s$	$0.606 m^2$	0.550 m	1.101 m	1.420

### Longitud de transmisión

Se muestran en la ecuación 3.8 se puede obtener los resultados de la longitud de transmisión

#### Solución

$$L_t = \frac{1,22 - 0,1015}{2(\tan(12.5))} = 2,52 m$$

### Descripción

#### Cámara de vórtice

Se muestran en la ecuación 3.9 se puede obtener los resultados de la cámara de vórtice

#### Solución

$$D_t = 0.27 * 1.00 = 0,27$$

### Orificios de descarga

Se muestran en la ecuación 3.10 se puede obtener los resultados de los orificios de descarga



### Solución

$$D_o = 0.16 * 1,22 = 0,1952$$

### La entrada de la cámara de vórtice

Se muestran en la ecuación 3.11 se puede obtener los resultados de la entrada de la cámara de vórtice

### Solución

$$b_e = 0.52 * 0,1952 = 0,1015$$

### Altura y diámetro del cámara de vórtice

Se muestran en la ecuación 3.12 se puede obtener los resultados de la altura y diámetro de la cámara de vortice

### Solución

$$D_c = 0.45 * 0,27 = 0,1215$$

$$H_c = 0.36 * 1.00 = 0.36$$

### Dimensiones del canal de alimentación y transición

En la tabla 3.8 se presentan las dimensiones del canal de alimentación, transición y la cámara de vórtice.

Tabla 3.8 Dimensiones del canal de alimentación y transición.

Ancho del canal (b)	1.22 m
Altura del canal ( $H_b$ )	1.00 m
Tirante hidráulico (y)	0.61 m
Longitud de canal ( $L_c$ )	3.00 m
Longitud de transición ( $L_t$ )	2.37 m

### Dimensiones de la cámara de vórtice

En la tabla 3.9 se indica las mediciones de la cámara de vórtice

Tabla 3.9 Dimensiones de la cámara de vórtice.

Diámetro cámara vórtice ( $D_t$ )	1.22 m
Altura cámara vórtice ( $H_b$ )	1.00 m
Diámetro cono ( $D_c$ )	3.67 m
Diámetro descarga ( $D_o$ )	0.59 m
Altura cono ( $H_c$ )	0.36 m
Altura descarga ( $H_d$ )	0.20 m

### Escalamiento del modelo

Se muestran en la ecuación 3.13 se puede obtener los resultados del escalamiento del modelo

### Solución

$$b_m = \frac{1.22 \text{ m}}{5} = 0.25 \text{ m}$$

Se obtuvo que la mejor escala es 0.25 basándose en la geometría de semejanza.

### Dimensiones del canal de alimentación y transición del modelo

En la tabla 3.10 se mostrará las dimensiones del canal alimentación y transición del modelo

Tabla 3.10 Dimensiones del canal de alimentación y transición del modelo.

<b>Ancho del canal (<math>b</math>)</b>	<b>0.25 m</b>
<b>Altura del canal (<math>H_b</math>)</b>	0.20 m
<b>Tirante hidráulico (<math>y</math>)</b>	0.12m
<b>Longitud de canal (<math>L_c</math>)</b>	0.60 m
<b>Longitud de transición (<math>L_t</math>)</b>	0.50 m

#### Dimensiones de la cámara de vórtice del modelo

En la tabla 3.11 se observa las dimensiones de la cámara de vórtice del modelo

Tabla 3. 11 Dimensiones de la cámara de vórtice del modelo

<b>Diámetro cámara vórtice (<math>D_t</math>)</b>	<b>0.75 m</b>
<b>Altura cámara vórtice (<math>H_b</math>)</b>	0.20 m
<b>Diámetro cono (<math>D_c</math>)</b>	0.30 m
<b>Diámetro orificio descarga (<math>D_o</math>)</b>	0.12 m
<b>Altura cono (<math>H_c</math>)</b>	0.08 m
<b>Altura descarga (<math>H_d</math>)</b>	0.04 m

## Dimensiones de las Turbinas

En tabla 3.12 indica el procedimiento que se realizó para el diseño de las turbinas

Tabla 3.12 Dimensiones de la Turbina. Elaborado por: Los Autores.

<b>B = número de alabes</b>	<b>4</b>
<b>D = diámetro de la turbina</b>	<b>0.34 m</b>
<b>r = radio del rotor</b>	<b>0.15 m</b>
<b>e = espesor del alabe</b>	<b>0.01 m</b>
<b><math>r_c</math> = radio del eje</b>	<b>0.05 m</b>

### 3.3.1.5 Módulo de simulación de la mecánica

#### Análisis de las turbinas

#### Descripción

Se procede a trabajar en plano X realizando un modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión.

#### Solución

### MODELADO EN 2D CON LAS MEDIDAS DEL ÁRBOL DE TRANSMISIÓN

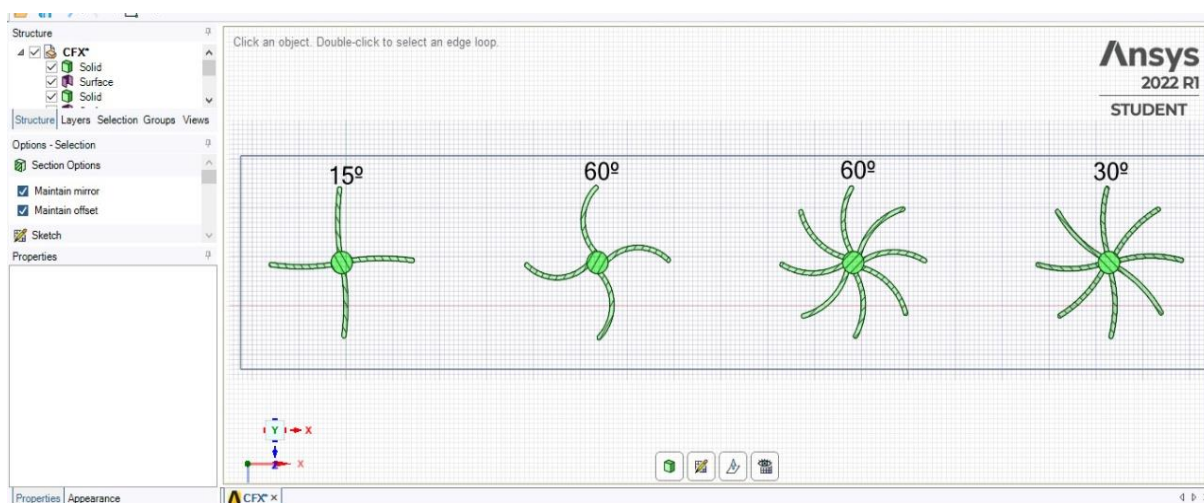


Figura 3.27 Modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión.

## Descripción

Se determinan las medidas acordes al árbol de transmisión se procede al diseño de las turbinas comprobando cada una de ellas cada una con un ángulo diferente.

## Solución:

### DISEÑO DE LAS TURBINAS

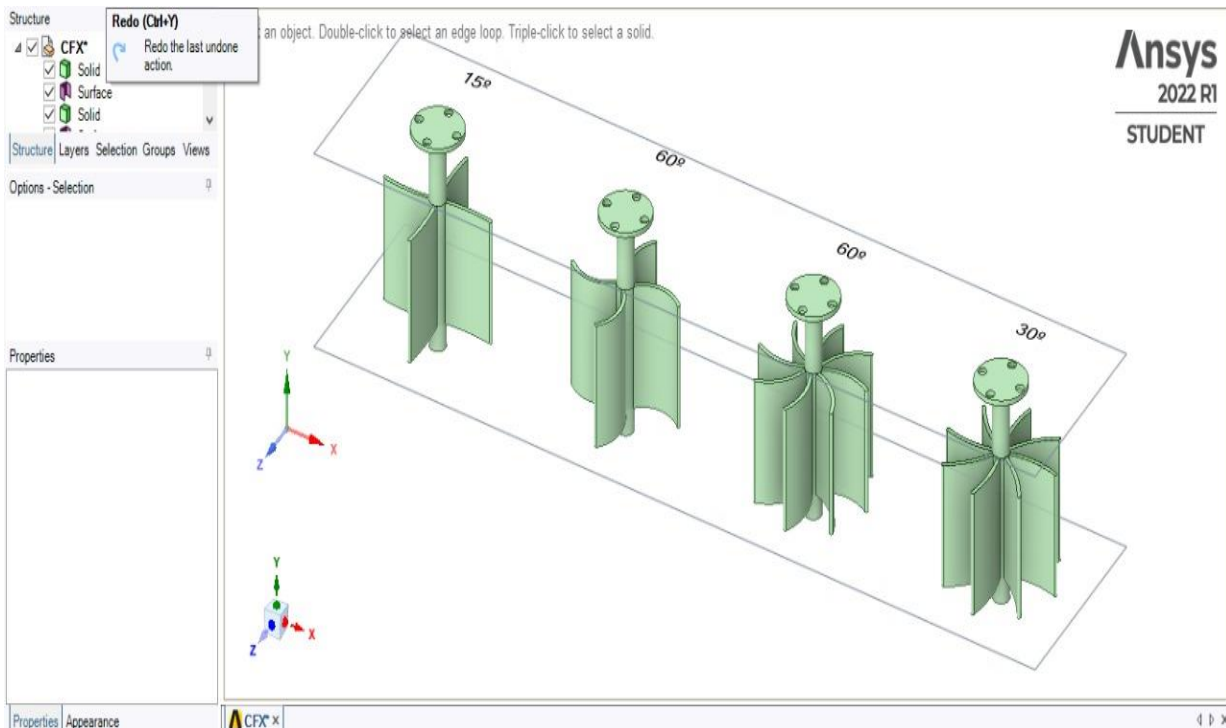


Figura 3.28 Diseño de las turbinas

## Turbina de 4 alabes con 15° de ángulo

### Descripción

Se procede hacer el Análisis de la turbina de 4 alabes de 15° de Ángulo donde se puede determinar el esfuerzo que se obtiene al realizar el diseño

Se puede verificar los resultados mostrados en la gráfica y los cálculos que determino el software y de esta manera verificar la eficiencia de la turbina de 4 alabes de 15° de Ángulo.

### Solución:

## ESTADÍSTICA DE LA TURBINA DE 15°

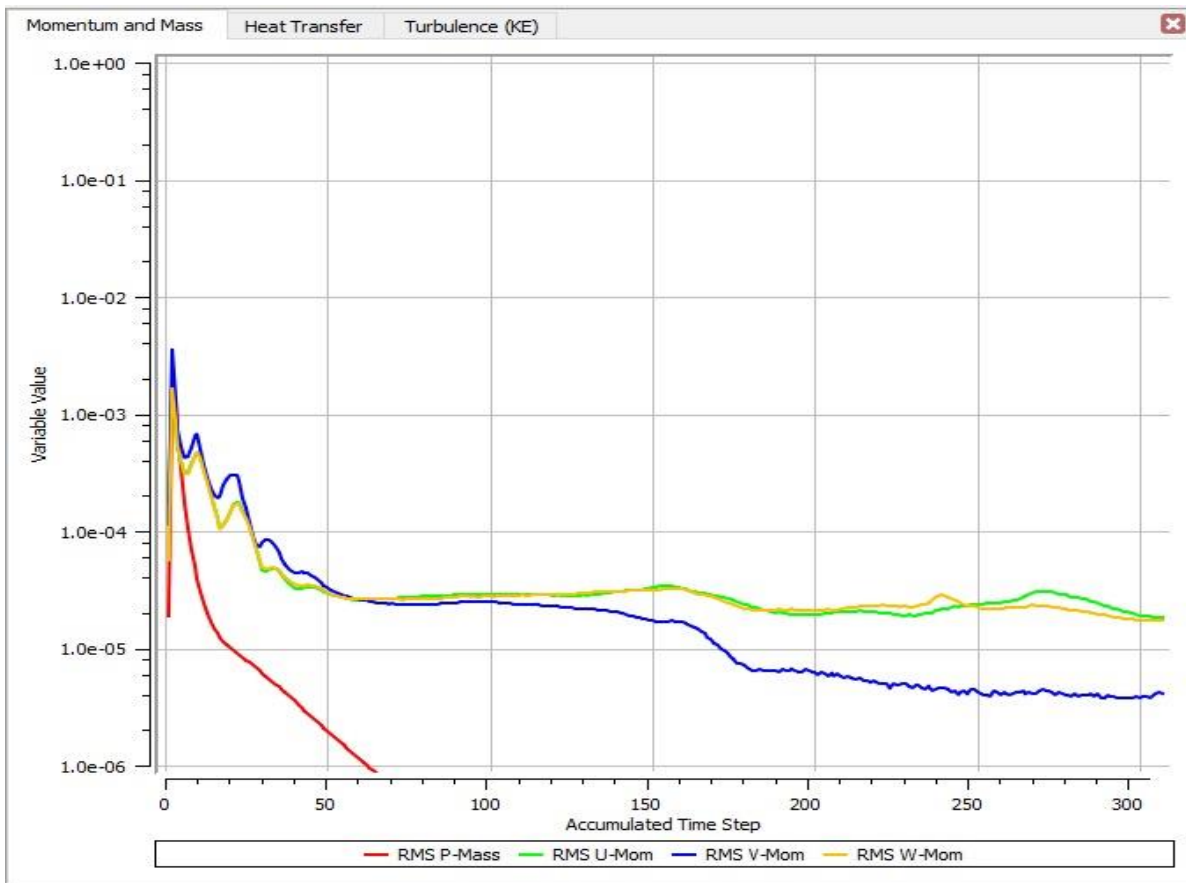


Figura 3.29 Estadística de la Turbina de 15°.

### Turbina de 4 alabes con 60° de ángulo

#### Descripción

Se procede hacer el Análisis de la turbina de 4 alabes de 60° de Ángulo donde se puede determinar el esfuerzo que se obtiene al realizar el diseño.

Se puede verificar los resultados mostrados en la gráfica y los cálculos que determino el software y de esta manera verificar la eficiencia de la turbina de 4 alabes de 60° de Ángulo.

#### Solución:

## ESTADÍSTICA DE LA TURBINA DE 15°

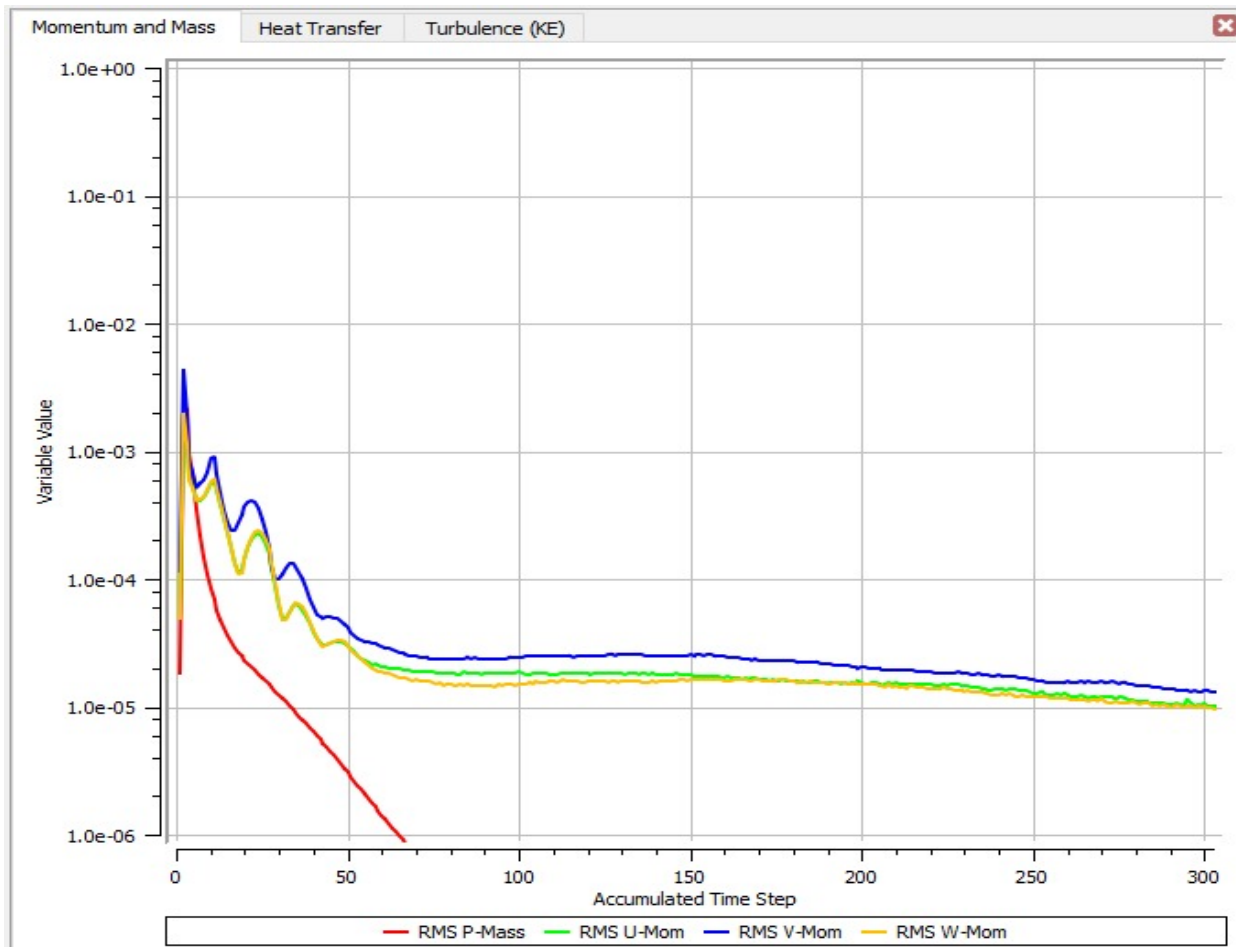


Figura 3.30 Estadística de la Turbina de 15°.

### Turbina de 8 alabes con 60° de ángulo

#### Descripción

Se procede hacer el Análisis de la turbina de 8 alabes de 60° de Ángulo donde se puede determinar el esfuerzo que se obtiene al realizar el diseño.

Se puede verificar los resultados mostrados en la gráfica y los cálculos que determino el software y de esta manera verificar la eficiencia de la turbina de 8 alabes de 60° de Ángulo.

#### Solución:

## ESTADÍSTICA DE LA TURBINA DE 60°

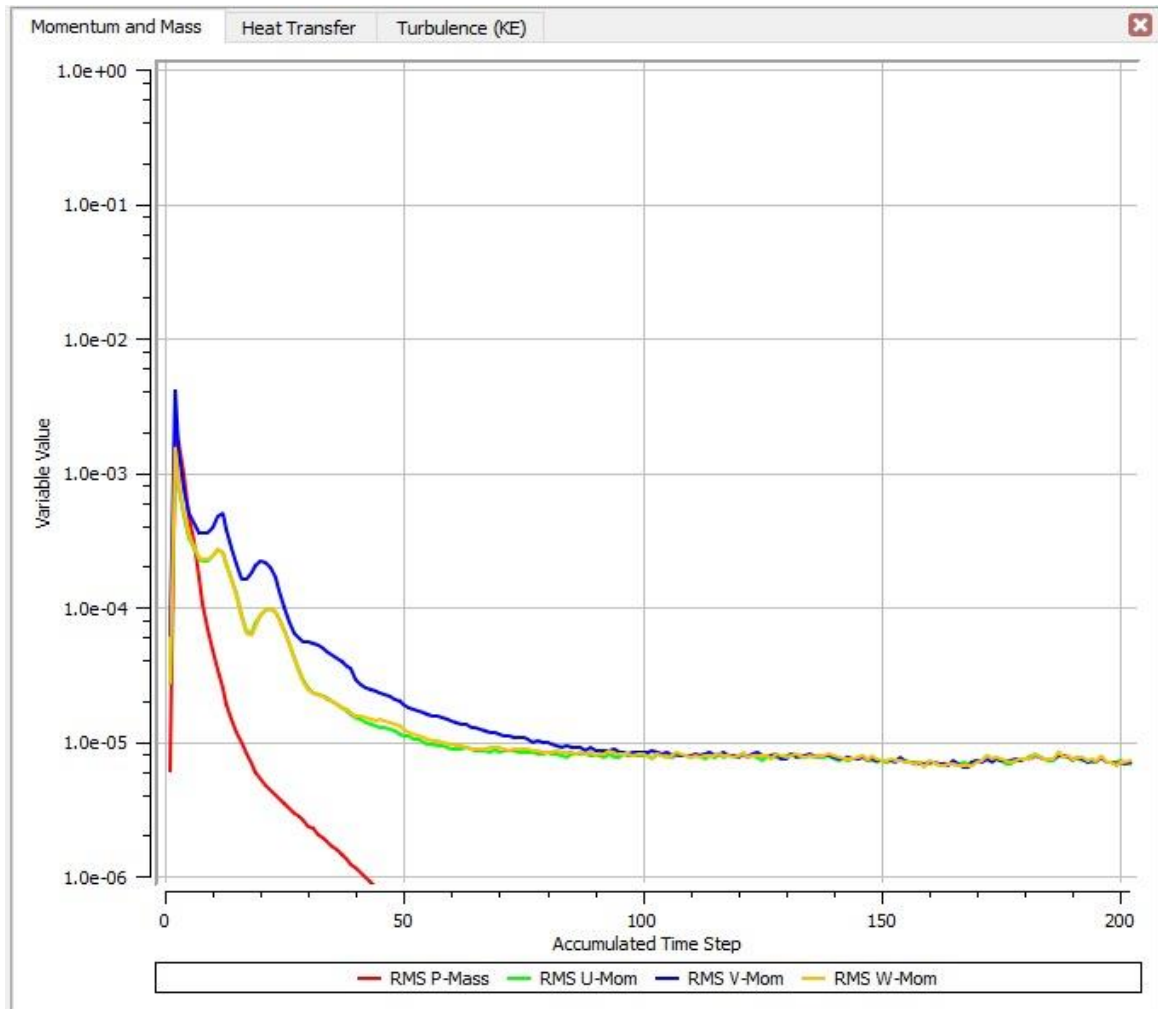


Figura 3.31 Estadística de la Turbina de 60°.

### Turbina de 8 alabes con 30° de ángulo

#### Descripción

Se procede hacer el Análisis de la turbina de 8 alabes de 60° de Ángulo donde se puede determinar el esfuerzo que se obtiene al realizar el diseño.

Se puede verificar los resultados mostrados en la gráfica y los cálculos que determino el software y de esta manera verificar la eficiencia de la turbina de 8 alabes de 30° de Ángulo.

#### Solución:



## ESTADÍSTICA DE LA TURBINA DE 60°

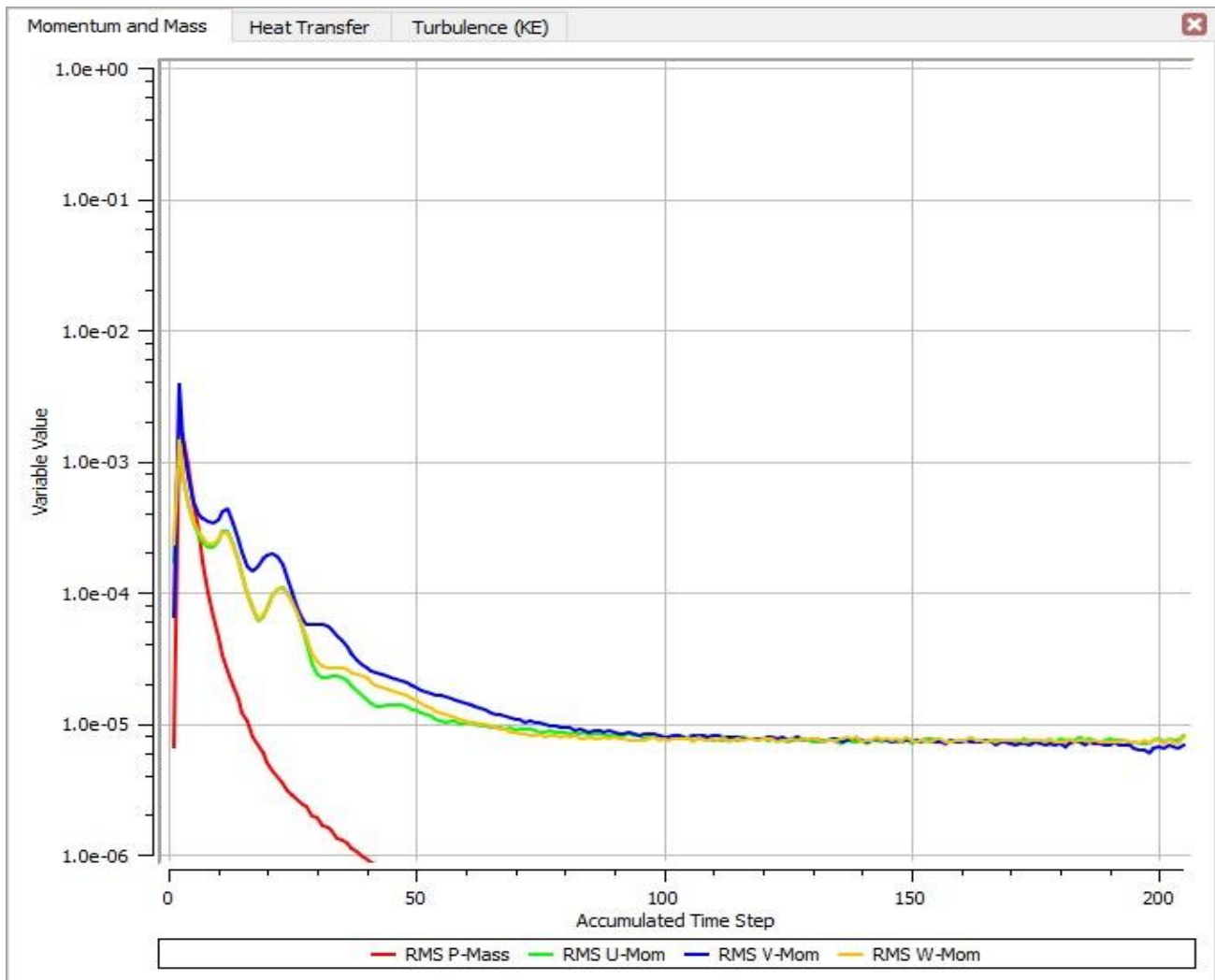


Figura 3.32 Estadística de la Turbina de 60°.

### 3.4. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, Y/O ECONÓMICA

#### 3.4.1. Económico

El proyecto a considerado todos los activos necesarios para la resolución correcto de esta tesis como lo muestra la tabla 3.13. Esto genera un impacto adecuado para las comunidades ya que no implica gastos mayores sino más bien beneficios ya que a través de la simulación generada se podrá obtener medidas adecuadas para la aplicación dentro de la comunidad así existe menos merba y más beneficios.

Tabla 3.13 Evaluación Económica: Presupuesto. Elaborado por: Los Autores.

RUBRO	CANTIDAD	VALOR
RESMA DE PAPEL	1	3.50 \$
TINTA	6	24.50 \$
IMPRESIONES	1	5.00 \$
LICENCIA DE SOFTWARE ANSYS	1	46.80 \$
MANO DE OBRE	1	750,00 \$
GASTOS PREVIOS	2	10,00 \$
<b>TOTAL</b>		<b>839,8 \$</b>

Tabla 3.14 Evaluación Económica: Presupuesto. Elaborado por: Los Autores.

RUBRO	CANTIDAD	VALOR
Rodamientos	2	2.00\$
IMPRESIONES	2	16.00 \$
LICENCIA DE SOFTWARE DE SOLIWOD	1	20,00 \$
Tabla y tiras	1	1,00 \$
Pintura	2	10,00 \$
<b>TOTAL</b>		<b>49,00 \$</b>

### 3.4.2. Técnico

Esta evaluación se va a definir mediante porcentajes de avance en terminación, en este caso se tomará en cuenta los pasos establecidos dentro de la elaboración de la simulación. El mejoramiento de esto se medida conforme avance la simulación.

Tabla 3.15 Evaluación Técnica: Porcentaje de Avance. Elaborado por: Los Autores.

<b>Requerimientos</b>	<b>Porcentaje de Avance</b>
Adquisición software ANSYS	100%
<b>Comprender el funcionamiento de la plataforma ANSYS</b>	80%
<b>Design Modeler</b>	90%
<b>Análisis estático estructural</b>	90%
<b>Documentación</b>	60%

### 3.4.1. Social

Este proyecto beneficiara a comunidades las cuales no cuentan con energía ni recursos suficientes para su sostenibilidad, pero si cuentan con fuentes de agua a las cuales puede resultar muy aplicable el uso de esta turbina. Esto genera un balance social en el que se despliega beneficios y costos sociales.

Tabla 3.16 Evaluación Social: Balance Social. Elaborado por: Los Autores.

<b>Balance Social</b>	
<b>Beneficios</b>	<b>Costos</b>
<b>Obras sociales</b>	Agotamiento
<b>Impuestos</b>	Mano de Obra
<b>Generación de riqueza</b>	Mantenimiento
<b>Información</b>	Reparaciones
<b>Capacitaciones</b>	Repuestos
<b>Acuerdos</b>	Materiales
<b>Creación de puestos de trabajo</b>	Insumos y Recursos

## 4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

### 4.1 CONCLUSIONES

- Mediante el diseño de varias turbinas se procedió a la comparación de cada una encontrando que la turbina de 4 alabes de  $15^\circ$  y  $60^\circ$  de ángulo no perciben correctamente la energía cinética producida por el vórtice generado en simulación de manera que la turbina de 8 alabes con Angulo de  $30^\circ$  es la más factible por su versatilidad en la obtención de datos de simulación ya que aprovecha mejor la energía cinética generada por la simulación del vórtice.
- Verificar el comportamiento del flujo de un vórtice gravitacional mediante el software ANSYS y se obtuvieron resultados cercanos a la realidad.
- Demostrar el uso de las herramientas tecnológicas que nos permite mantener en cuenta los materiales en los que se utilizaron para realizar una adecuada estructura en la vida real.

### 4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda un conocimiento nivel medio previo a la aplicación de este estudio.
- El impacto debe ser el menor en el aspecto social, ambiental y económico. Además de operación sencillo para entendimiento.
- El criterio en la aplicación de la simulación es muy necesario ya que evitara el costo elevado de realizar cada simulación, cambio o mejora de esta.
- Es importante el enfoque inicial ya que esto permite adaptar la simulación a las comunidades y sus requerimientos. Ya que esto permite minimizar costos futuros de modificaciones extremas.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1 A. F. S. A. a. C. A. G. F. F. E. Sierra Vargas, «Pequeñas y microcentrales hidroeléctricas: alternativa real de generación,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.Tesis%20I.%20C.%201434%20-%20Cofre%20Pinta%20Edison%20Fernando.pdf>. [Último acceso: 28 Julio 2022].
- [2 N. E. C. R. DEIVID ALBERTO BONILLA CORREA, «Análisis de impacto en la variación de las características geométricas de canales de turbina de vórtice,» Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/15913/BonillaCorreaDeividAlberto2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 30 Julio 2022].
- [3 E. F. C. Pinta, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS COMO LA HIDRÁULICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA PARROQUIA DE MONTALVO DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,» Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32151/1/Tesis%20I.%20C.%201434%20-%20Cofre%20Pinta%20Edison%20Fernando.pdf>. [Último acceso: 17 Junio 2022].
- [4 V. H. Rojas Azuero, «Diseño de una mini central de un vórtice gravitacional,» 2014. [En línea]. Available: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10695/1/ROJAS%20ASUERO%20HENRRY%20VICENTE.pdf>. [Último acceso: 30 Julio 2022].
- [5 «Normas APA,» 17 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://normasapa.net/que-es-el-estado-del-arte/>. [Último acceso: 3 Junio 2022].
- [6 Textos Científicos, «TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS,» 18 Mayo 2006. [En línea]. Available: <https://www.textoscientificos.com/energia/centrales-electricas/tipos>. [Último acceso: 13 Julio 2022].
- [7 B. Valero, «Variabilidad circadiana de la efectividad de la técnica de reperfusión y del pronóstico del infarto de miocardio con elevación del ST tratado mediante angioplastia primaria,» 2016. [En línea]. Available: <https://1library.co/document/y4wvm0vq-variabilidad-circadiana-efectividad-reperfusion-pronostico-miocardio-elevacion-angioplastia.html>. [Último acceso: 23 Julio 2022].
- [8 G. Villegas, «Conceptos básicos sobre la formación y Teoría de los vórtices,» Febrero 2001. [En línea]. Available: <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2001/v02n2-04.pdf>. [Último acceso: 17 Julio 2022].
- [9 nys CAD-PML software, «ANSYS,» Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.nysplm.com/ansys/>. [Último acceso: 30 Julio 2022].
- [1 E. C. J. S. E. B. D. G. F. N. S. A. Q. S. osé Cabrera Alfaro, «MANUAL DE INTRODUCCIÓN A ANSYS WORKBENCH,» Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/latam/document/instituto-tecnologico-de-costa-rica/resistencia-de-materiales/manual-ansys/9273318>. [Último acceso: 30 Julio 2022].
- [1 A. Bonilla, «HERRAMIENTAS DE DISEÑO (aplicación de las TICs en PYMES),» Enero 2019. [En línea]. Available: [https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca\\_GTcapitulo1.pdf?hash=ac7f25af1d4a7be665a1d1966493d9d8](https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=ac7f25af1d4a7be665a1d1966493d9d8). [Último acceso: 14 Julio 2022].

- [1] IBERO, «¿Qué es la metodología de investigación?,» 18 Mayo 2020. [En línea].
- 2] Available: <https://blog.posgrados.iberomx/metodologia-de-investigacion/>. [Último acceso: 14 Agosto 2022].
- [1] E. R. Arias, «Investigación descriptiva,» 12 Agosto 2022. [En línea]. Available:
- 3] <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>. [Último acceso: 14 Agosto 2022].
- [1] F. Cebrera, «Introducción a Ansys en español,» Enero 2022. [En línea]. Available:
- 4] <https://www.youtube.com/watch?v=bhkuDKDLYWM>. [Último acceso: 01 Mayo 2022].
- [1] «Curso: Introducción al Modelado de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) con
- 5] ANSYS - Sesión 1,» 02 Julio 2020. [En línea]. Available:
- <https://www.youtube.com/watch?v=hJWDqzPKddA>. [Último acceso: 12 Agosto 2022].
- [1] «CURSO BÁSICO ANSYS WORKBENCH DESDE CERO 2021,» Octubre 2021. [En
- 6] línea]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=k\\_rkUM4c\\_Qo](https://www.youtube.com/watch?v=k_rkUM4c_Qo). [Último acceso: 25 Mayo 2022].
- [1] ESSS, «La línea completa de Software Ansys,» [En línea]. Available:
- 7] [https://www.esss.co/es/ansys-simulacion-computacional/?gclid=Cj0KCQjwuuKXBhCRARIsAC-gM0gzv\\_k3mzRj9T86XJqui792vjHy9YPFi66M\\_OHzTWDQAD3VVPmNrZUaAnGdEALw\\_wcB](https://www.esss.co/es/ansys-simulacion-computacional/?gclid=Cj0KCQjwuuKXBhCRARIsAC-gM0gzv_k3mzRj9T86XJqui792vjHy9YPFi66M_OHzTWDQAD3VVPmNrZUaAnGdEALw_wcB). [Último acceso: 1 Mayo 2022].
- [1] Tecnológico del Azuay, «Manual de Introducción a Ansys Workbench,» Febrero 2020.
- 8] [En línea]. Available: <https://www.studocu.com/latam/document/instituto-tecnologico-de-costa-rica/resistencia-de-materiales/manual-ansys/9273318>. [Último acceso: 1 Mayo 2022].
- [1] Manuales PDF, «Manual de Ansys,» Mayo 2021. [En línea]. Available:
- 9] <https://www.manualespdf.es/manual-ansys/>. [Último acceso: 3 Mayo 2022].
- [2] R. Ayala, «Manual Curso Ansys,» 21 Septiembre 2013. [En línea]. Available:
- 0] <https://es.scribd.com/document/169869584/73962801-Manual-Curso-Ansys-1-pdf>. [Último acceso: 4 Mayo 2022].
- [2] Grupo SSG, «ANSYS Student – Ficha técnica,» [En línea]. Available:
- 1] [https://www.grupossc.com/pdf/publicacion\\_35116144253.pdf](https://www.grupossc.com/pdf/publicacion_35116144253.pdf). [Último acceso: 02 Junio 2022].
- [2] Universidad de Málaga, «I CURSO DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA DE
- 2] INTRODUCCIÓN A ANSYS: MÓDULOS MECHANICAL Y FLUENT (81508531001-2),» 21 Julio 2021. [En línea]. Available:
- [https://www.titulacionespropias.uma.es/informacion\\_curso.php?id\\_curso=6903119](https://www.titulacionespropias.uma.es/informacion_curso.php?id_curso=6903119). [Último acceso: 1 Agosto 2022].
- [2] «Asignación de materiales: Creo Ansys Simulation,» Junio 2022. [En línea]. Available:
- 3] [https://support.ptc.com/help/creo/creo\\_pma/r9.0/spanish/index.html#page/simulate/ansys\\_simulation/assigning\\_materials\\_ansys\\_sim.html](https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/r9.0/spanish/index.html#page/simulate/ansys_simulation/assigning_materials_ansys_sim.html). [Último acceso: 5 Julio 2022].
- [2] Factorenergía, «Eficiencia energética > La energía hidráulica,» 17 Febrero 2021. [En
- 4] línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-renovable-hidraulica/>. [Último acceso: 15 Julio 2022].
- [2] Acciona, «Business as unusual,» 2020. [En línea]. Available:
- 5] [https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-eolica/?_adin=02021864894). [Último acceso: 12 Julio 2022].
- [2] Repsol, «Aprovechando al máximo la energía del Sol,» 2022. [En línea]. Available:
- 6] <https://www.repsol.com/es/conocenos/que-hacemos/desarrollo-energias->



renovables/energia-solar/index.cshtml. [Último acceso: 13 Julio 2022].

- [2 Factor energía, «La energía mareomotriz: la gran desconocida,» 24 Febrero 2021. [En  
7] línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-mareomotriz/>. [Último acceso: 13 Julio 2022].
- [2 «SearchGate,» [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Tipos-  
8\] principales-de-rodetes-de-turbinas-hidraulicas-fuente\\_fig3\\_340284354](https://www.researchgate.net/figure/Tipos-principales-de-rodetes-de-turbinas-hidraulicas-fuente_fig3_340284354). [Último acceso: Julio30 2022].

## 6. ANEXOS

### ANEXO 1

Selección de Tema	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tomar en cuenta textos actualizados.</li></ul>
Planteamiento del Problema	<ul style="list-style-type: none"><li>• Resolución de estudio.</li><li>• Usar interrogativas.</li></ul>
Marco Teórico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Antecedentes.</li><li>• Bases del estudio.</li></ul>
Justificación	<ul style="list-style-type: none"><li>• El por que del estudio.</li><li>• Importancia de estudio.</li></ul>
Hipótesis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Plantear y enunciar la solución.</li></ul>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ruta de comprobar la hipotesis.</li></ul>
Metodología	<ul style="list-style-type: none"><li>• Técnicas de recopilación de datos.</li></ul>
Conclusiones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hipótesis expuesta de estudio.</li><li>• Hayasgos.</li></ul>
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisiones necesarias para futuros estudios.</li></ul>




Figura 6.33 Pasos de la metodología Investigativa. Elaborado por: Los Autore



## Document Information

<b>Analyzed document</b>	TESIS CRISTIAN GUAMUSHIG - DIEGO IZA.docx (D143406286)
<b>Submitted</b>	2022-08-30 20:10:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	luis.navarrete7284@utc.edu.ec
<b>Similarity</b>	9%
<b>Analysis address</b>	byron.corrales.utc@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://www.cfd-online.com/Forums/cfx/22675-wind-turbine-simulation.html">https://www.cfd-online.com/Forums/cfx/22675-wind-turbine-simulation.html</a> Fetched: 2020-06-26 16:02:11	 13
<b>SA</b>	<b>1518565308_893__Practica%252B6.pdf</b> Document 1518565308_893__Practica%252B6.pdf (D35618215)	 8
<b>SA</b>	<b>1518630534_913__Ignacio%252BDelgado%252BLaboratorio%252Bde%252BMec%2525C3%2525A1nica%252Bde%252BFluidos%252BII.pdf</b> Document 1518630534_913__Ignacio%252BDelgado%252BLaboratorio%252Bde%252BMec%2525C3%2525A1nica%252Bde%252BFluidos%252BII.pdf (D35631780)	 6

## Entire Document

Centrales Eléctricas  
Convencionales  
Hidroeléctricas  
Base  
Alternativas  
Eólicas  
Punta  
Reserva  
Socorro

Tomar en cuenta textos actualizados. Selección de Tema Resolución de estudio. Usar interrogativas. Planteamiento del Problema Antecedentes. Bases del estudio. Marco Teórico El por que del estudio. Importancia de estudio. Justificación Plantear y enunciar la solución. Hipótesis Ruta de comprobar la hipótesis. Objetivos Técnicas de recopilación de datos. Metodología Hipótesis expuesta de estudio. Hayasgos. Conclusiones Revisiones necesarias para futuros estudios. Recomendaciones Los diseños se pueden evaluar y perfeccionar Reducción de Costos Rendimiento en etapas más tempranas del proceso de desarrollo Salidas a mercado Garantía se reducen gracias a la identificación y a la eliminación de posibles fallos en nuestros diseños.

Reducción de Riesgos y Garantía

Gestionar el riesgo y a comprender las implicaciones en el rendimiento de sus diseños.

Mejora en la toma de desiciones

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del título de Ingenieros Electromecánicos

AUTORES:

Christian Jair Guamushig Simaluisa

Diego Patricio Iza Noroña

TUTOR: Ing. Msc. Luis Navarrete

LATACUNGA – ECUADOR AGOSTO -2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo: Christian Guamushig, Diego Patricio Iza Noroña, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL." Siendo el Ing. Cristian Gallardo Msc. tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

..... Christian Jair Guamushig Simaluisa Diego Patricio Iza Noroña C.I:1726378993 C.I:

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título: "DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA TURBINA DE VÓRTICE DE EJE VERTICAL." de Christian Guamushig, Diego Patricio Iza Noroña, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aporte científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del tribunal de validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas – CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga- Cotopaxi, agosto del 2022

.....  
Ing. Luis Miguel Navarrete López Msc.

C.I: TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN



## ANEXO 2

Tabla 6.14 Cronograma de Actividades. Elaborado por: Los Autores.

ORD	ACTIVIDADES	MESES															
		1er Mes				2do Mes				3er Mes				4to Mes			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Investigar sobre modelado 3D	x															
2	Objetivo General y Especifico		X														
3	Diseño de la Turbina 3D			X	x												
4	Simulación de modelo de la Turbina 3D					X	x	x									
5	Escalamiento del diseño en 3D								X	x	x						
6	Desarrollo del documento de Tesis											X	x	x			
7	Revisión y Correcciones del documento														X	X	x

### ANEXO 3

Tabla 6.15 Glosario Técnico

Número	Palabra	Definición
1	Vórtice	Un vórtice es un flujo turbulento o laminar, en rotación alrededor de un eje con trayectorias de corriente circulares cerradas o helicoidales abiertas.
2	Turbina	Turbina es el nombre genérico que se da a la mayoría de las turbomáquinas motoras.
3	Energía	El término energía tiene diversas acepciones y definiciones, relacionadas con la idea de una capacidad para obrar, surgir, transformar o poner en movimiento.
4	Modelado	El esquema del modelado del sistema permite al analista crear una jerarquía en detalle, donde en el nivel más alto de dicha jerarquía se encuentra el diagrama.
5	Escalamiento	Un escalamiento es un procedimiento que se implementa cuando no se ha conseguido un resultado.
6	Impulsor	El impulsor es la actividad de mayor impacto dentro de los procesos principales de una organización, que los ejecutivos tienen que identificar.
7	ANSYS	ANSYS desarrolla, comercializa y presta soporte a la ingeniería a través de software de simulación para predecir como funcionará y reaccionará.
8	Software	Se conoce como software, logicial o soporte lógico al sistema formal de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos.
9	Rotación	La rotación es un movimiento de cambio de orientación a través del cual un objeto o cuerpo da un giro completo mientras que, cualquiera de sus puntos permanece a la misma distancia del eje de rotación.
10	Geometría	La geometría es una rama de las matemáticas que se ocupa del estudio de las propiedades de las figuras en el plano o el espacio, incluyendo: puntos, rectas, planos, polítopos.
11	Design Modeler	Es una aplicación de Banco de trabajo de ANSYS aquello proporciona el modeling funciona único para simulacro que incluye creación de geometría detallada.

## ANEXO 4

### Resultados

#### Turbina 90° con 4 alabes

#### 1. File Report

Tabla 6.16 File Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

<b>Case</b>	CFX
<b>File Path</b>	C:\Users\pc\Desktop\Ansys tesis\Turbina de 90_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_002.res
<b>File Date</b>	24 August 2022
<b>File Time</b>	02:30:47 AM
<b>File Type</b>	CFX5
<b>File Version</b>	22.1

#### 2. Mesh Report

Tabla 6.17 Mesh Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Nodes	Elements
Default Domain	32669	143143

#### 3. Physics Report

Tabla 6.18 Domain Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B41
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+0 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Include Viscous Work Term	True
Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable

High Speed Model	Off
------------------	-----

Tabla 6.19 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Boundaries	
Default Domain	<b>Boundary - Entrada 1</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 1
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 2</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 2
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 3</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 3
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total	6.0000e+0 [C]

Temperature	
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 4</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 4
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Salida</b>	
Type	OUTLET
Location	Salida
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Mass And Momentum	Average Static Pressure
Pressure Profile Blend	5.0000e-2
Relative Pressure	0.0000e+0 [Pa]
Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
<b>Boundary - Default Domain Default</b>	
Type	WALL
Location	F4.41, F48.41, F5.41, F59.41, F6.41, F70.41, F71.41, F73.41, F74.41, F76.41, F77.41, F78.41, F80.41, F81.41, F82.41, F84.41, F85.41, F86.41, F88.41, F89.41, F90.41, F91.41, F92.41, F93.41
<i>Settings</i>	
Heat Transfer	Adiabatic

Mass And Momentum	No Slip Wall
Wall Roughness	Smooth Wall

## Turbina 60° con 4 alabes

### 1. File Report

Tabla 6.20 File Information for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.

<b>Case</b>	CFX 1
<b>File Path</b>	C:\Users\pc\Desktop\Ansys tesis\Turbina 60_files\dp0\CFX-1\CFX\Fluid Flow CFX_002.res
<b>File Date</b>	24 August 2022
<b>File Time</b>	02:31:06 AM
<b>File Type</b>	CFX5
<b>File Version</b>	22.1

### 2. Mesh Report

Tabla 6.21 Mesh Information for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.

Domain	Nodes	Elements
Default Domain	35602	158016

### 3. Physics Report

Tabla 6.22 Domain Physics for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.

Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B43
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+0 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Include Viscous Work Term	True

Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla 6.23 Boundary Physics for CFX 1.Elaborado por: Los Autores.

Domain	Boundaries	
Default Domain	<b>Boundary - Entrada 1</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 1
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 2</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 2
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 3</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 3
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature



Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 4</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 4
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Salida 1</b>	
Type	OUTLET
Location	F74.43
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Mass And Momentum	Average Static Pressure
Pressure Profile Blend	5.0000e-2
Relative Pressure	0.0000e+0 [Pa]
Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
<b>Boundary - Default Domain Default</b>	
Type	WALL
Location	F50.43, F6.43, F61.43, F7.43, F72.43, F73.43, F75.43, F76.43, F78.43, F79.43, F8.43, F80.43, F82.43, F83.43, F84.43, F86.43, F87.43, F88.43, F90.43, F91.43, F92.43, F93.43, F94.43, F95.43
<i>Settings</i>	

Heat Transfer	Adiabatic
Mass And Momentum	No Slip Wall
Wall Roughness	Smooth Wall

## Turbina de 60° con 8 alabes

### 1. File Report

Tabla 6.24 File Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

<b>Case</b>	CFX
<b>File Path</b>	C:\Users\pc\Desktop\Ansys tesis\Turbina 60 de 8 alabes_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_002.res
<b>File Date</b>	24 August 2022
<b>File Time</b>	02:31:07 AM
<b>File Type</b>	CFX5
<b>File Version</b>	22.1

### 2. Mesh Report

Tabla 6.25 . Mesh Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Nodes	Elements
Default Domain	67417	299355

### 3. Physics Report

Tabla 6.26 Domain Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain - Default Domain	
Type	Fluid
Location	B41
<i>Materials</i>	
Water	
Fluid Definition	Material Library
Morphology	Continuous Fluid
<i>Settings</i>	
Buoyancy Model	Non Buoyant
Domain Motion	Stationary
Reference Pressure	1.0000e+0 [atm]
Heat Transfer Model	Total Energy
Include Viscous Work Term	True

Turbulence Model	k epsilon
Turbulent Wall Functions	Scalable
High Speed Model	Off

Tabla 6.27 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Boundaries	
Default Domain	<b>Boundary - Entrada 1</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 1
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 2</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 2
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 3</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 3
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic

Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 4</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 4
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 5</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 5
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 6</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 6
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic

Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 7</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 7
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 8</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 8
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Salida</b>	
Type	OUTLET
Location	Salida
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic

Mass And Momentum	Average Static Pressure
Pressure Profile Blend	5.0000e-2
Relative Pressure	0.0000e+0 [Pa]
Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
<b>Boundary - Default Domain Default</b>	
Type	WALL
Location	F10.41, F103.41, F11.41, F114.41, F125.41, F13.41, F136.41, F14.41, F146.41, F147.41, F148.41, F149.41, F15.41, F151.41, F152.41, F153.41, F155.41, F156.41, F157.41, F159.41, F160.41, F161.41, F17.41, F18.41, F19.41, F20.41, F21.41, F22.41, F23.41, F24.41, F25.41, F48.41, F5.41, F59.41, F6.41, F7.41, F70.41, F81.41, F9.41, F92.41
<i>Settings</i>	
Heat Transfer	Adiabatic
Mass And Momentum	No Slip Wall
Wall Roughness	Smooth Wall

## Turbina de 30° de 8 alabes

### 1. File Report

Tabla 6.28 File Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

<b>Case</b>	CFX
<b>File Path</b>	C:\Users\pc\Desktop\Ansys tesis\Turbina 30 de 8 alabes_files\dp0\CFX\CFX\Fluid Flow CFX_002.res
<b>File Date</b>	24 August 2022
<b>File Time</b>	02:31:01 AM
<b>File Type</b>	CFX5
<b>File Version</b>	22.1

### 2. Mesh Report

Tabla 6.29 Mesh Information for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Nodes	Elements
Default Domain	67610	300856

Tabla 6.30 Boundary Physics for CFX. Elaborado por: Los Autores.

Domain	Boundaries	
Default Domain	<b>Boundary - Entrada 1</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 1
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic8
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 2</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 2
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
	Mass And Momentum	Normal Speed
	Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
	Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
	<b>Boundary - Entrada 3</b>	
	Type	INLET
	Location	Entrada 3
	<i>Settings</i>	
	Flow Regime	Subsonic
	Heat Transfer	Total Temperature
	Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed	

Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 4</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 4
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 5</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 5
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 6</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 6
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed



Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 7</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 7
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Entrada 8</b>	
Type	INLET
Location	Entrada 8
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Heat Transfer	Total Temperature
Total Temperature	6.0000e+0 [C]
Mass And Momentum	Normal Speed
Normal Speed	2.7000e+0 [m s <sup>-1</sup> ]
Turbulence	Medium Intensity and Eddy Viscosity Ratio
<b>Boundary - Salida</b>	
Type	OUTLET
Location	Salida
<i>Settings</i>	
Flow Regime	Subsonic
Mass And Momentum	Average Static Pressure
Pressure Profile Blend	5.0000e-2
Relative	0.0000e+0 [Pa]

Pressure	
Pressure Averaging	Average Over Whole Outlet
<b>Boundary - Default Domain Default</b>	
Type	WALL
Location	F10.41, F103.41, F11.41, F114.41, F125.41, F13.41, F136.41, F14.41, F146.41, F147.41, F148.41, F149.41, F15.41, F151.41, F152.41, F153.41, F155.41, F156.41, F157.41, F159.41, F160.41, F161.41, F17.41, F18.41, F19.41, F20.41, F21.41, F22.41, F23.41, F24.41, F25.41, F48.41, F5.41, F59.41, F6.41, F7.41, F70.41, F81.41, F9.41, F92.41
<i>Settings</i>	
Heat Transfer	Adiabatic
Mass And Momentum	No Slip Wall
Wall Roughness	Smooth Wall



## ANEXO 6

Código de generación de Resultados.

MATERIAL: Water  
Material Description = Water (liquid)  
Material Group = Water Data, Constant  
Property Liquids  
Option = Pure Substance  
Thermodynamic State = Liquid  
PROPERTIES:  
Option = General Material  
EQUATION OF STATE:  
Density = 997.0 [kg m<sup>-3</sup>]  
Molar Mass = 18.02 [kg kmol<sup>-1</sup>]  
Option = Value  
END  
SPECIFIC HEAT CAPACITY:  
Option = Value  
Specific Heat Capacity = 4181.7 [J  
kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]  
Specific Heat Type = Constant  
Pressure  
END  
REFERENCE STATE:  
Option = Specified Point  
Reference Pressure = 1 [atm]  
Reference Specific Enthalpy = 0.0  
[J/kg]  
Reference Specific Entropy = 0.0  
[J/kg/K]  
Reference Temperature = 25 [C]  
END  
DYNAMIC VISCOSITY:  
Dynamic Viscosity = 8.899E-4 [kg  
m<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>]  
Option = Value  
END  
THERMAL CONDUCTIVITY:  
Option = Value  
Thermal Conductivity = 0.6069 [W  
m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>]  
END  
ABSORPTION COEFFICIENT:  
Absorption Coefficient = 1.0 [m<sup>-1</sup>]  
Option = Value  
END  
SCATTERING COEFFICIENT:  
Option = Value  
Scattering Coefficient = 0.0 [m<sup>-1</sup>]  
END  
REFRACTIVE INDEX:  
Option = Value  
Refractive Index = 1.0 [m m<sup>-1</sup>]  
END  
THERMAL EXPANSIVITY:  
Option = Value  
Thermal Expansivity = 2.57E-04  
[K<sup>-1</sup>]  
END  
END  
END  
END  
FLOW: Flow Analysis 1  
SOLUTION UNITS:  
Angle Units = [rad]  
Length Units = [m]  
Mass Units = [kg]  
Solid Angle Units = [sr]  
Temperature Units = [K]  
Time Units = [s]  
END  
ANALYSIS TYPE:  
Option = Steady State  
EXTERNAL SOLVER COUPLING:  
Option = None  
END  
END  
DOMAIN: Default Domain  
Coord Frame = Coord 0  
Domain Type = Fluid  
Location = B18  
BOUNDARY: Default Domain Default  
Boundary Type = WALL  
Location = \  
F110.18,F111.18,F113.18,F114.18,F124.1  
8,F126.18,F127.18,F128.18,F129.\\  
18,F130.18,F160.18,F161.18,F162.18,F16  
3.18,F164.18,F180.18,F181.18,F1\  
82.18,F183.18,F184.18,F185.18,F201.18,F  
21.18,F22.18,F23.18,F25.18,F26\  
.18,F37.18,F38.18,F39.18,F40.18,F41.18,F  
42.18,F63.18,F66.18,F68.18,F6\  
END



9.18,F70.18,F71.18,F72.18,F73.18,F89.18,  
F90.18,F91.18,F92.18,F93.18,F\

94.18

BOUNDARY CONDITIONS:

HEAT TRANSFER:

Option = Adiabatic

END

MASS AND MOMENTUM:

Option = No Slip Wall

END

WALL ROUGHNESS:

Option = Smooth Wall

END

END

END

BOUNDARY: Entrada 1

Boundary Type = INLET

Location = Entrada 1

BOUNDARY CONDITIONS:

FLOW REGIME:

Option = Subsonic

END

HEAT TRANSFER:

Option = Total Temperature

Total Temperature = 6 [C]

END

MASS AND MOMENTUM:

Normal Speed = 8 [m s<sup>-1</sup>]

Option = Normal Speed

END

TURBULENCE:

Option = Medium Intensity and

Eddy Viscosity Ratio

END

END

END

BOUNDARY: Entrada 3

Boundary Type = INLET

Location = Entrada 3

BOUNDARY CONDITIONS:

FLOW REGIME:

Option = Subsonic

END

HEAT TRANSFER:

Option = Total Temperature

Total Temperature = 6 [C]

END

MASS AND MOMENTUM:

Normal Speed = 8 [m s<sup>-1</sup>]

Option = Normal Speed

END

TURBULENCE:

Option = Medium Intensity and

Eddy Viscosity Ratio

END

END

END

BOUNDARY: Entrada 5

Boundary Type = INLET

Location = Entrada 5

BOUNDARY CONDITIONS:

FLOW REGIME:

Option = Subsonic

END

HEAT TRANSFER:

Option = Total Temperature

Total Temperature = 6 [C]

END

MASS AND MOMENTUM:

Normal Speed = 8 [m s<sup>-1</sup>]

Option = Normal Speed

END

TURBULENCE:

Option = Medium Intensity and

Eddy Viscosity Ratio

END

END

END

BOUNDARY: Entrada 7

Boundary Type = INLET

Location = Entrada 7

BOUNDARY CONDITIONS:

FLOW REGIME:

Option = Subsonic

END

HEAT TRANSFER:

Option = Total Temperature

Total Temperature = 6 [C]

END

MASS AND MOMENTUM:

Normal Speed = 8 [m s<sup>-1</sup>]

Option = Normal Speed

END

TURBULENCE:

Option = Medium Intensity and

Eddy Viscosity Ratio

END

END

END

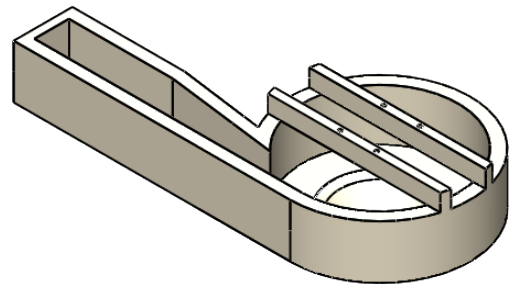
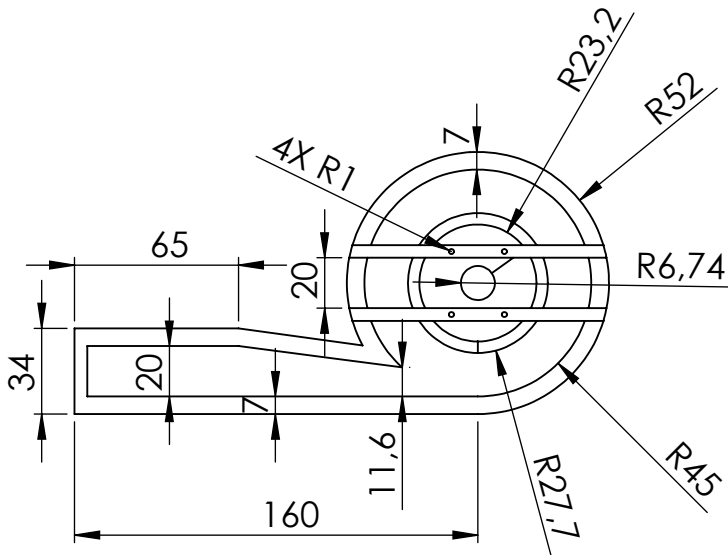
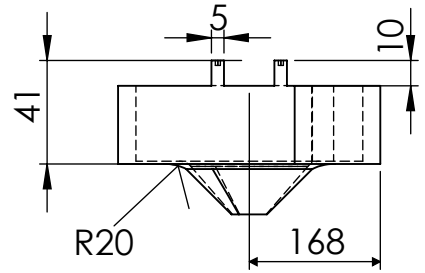
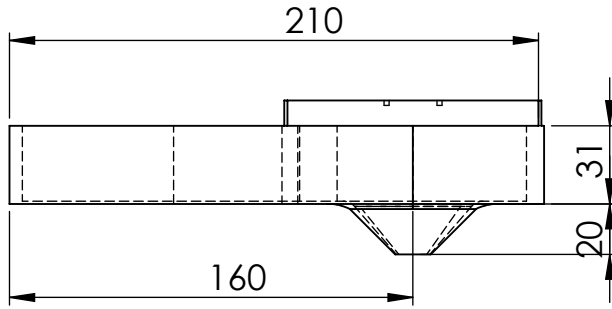
BOUNDARY: Salida 1



Boundary Type = OUTLET  
Location = Salida 1  
BOUNDARY CONDITIONS:  
FLOW REGIME:  
Option = Subsonic  
END  
MASS AND MOMENTUM:  
Option = Average Static Pressure  
Pressure Profile Blend = 0.05  
Relative Pressure = 0 [Pa]  
END  
PRESSURE AVERAGING:  
REFERENCE PRESSURE:  
Reference Pressure = 1 [atm]  
END  
END  
FLUID DEFINITION: Water  
Material = Water  
Option = Material Library  
MORPHOLOGY:  
Option = Continuous Fluid  
END  
END  
FLUID MODELS:  
COMBUSTION MODEL:  
Option = None  
  
SOLVER CONTROL:  
Turbulence Numerics = First Order  
ADVECTION SCHEME:  
Option = High Resolution  
END  
CONVERGENCE CONTROL:  
Length Scale Option = Conservative  
Maximum Number of Iterations = 100  
Minimum Number of Iterations = 1  
Timescale Control = Auto Timescale  
Timescale Factor = 1.0  
END  
CONVERGENCE CRITERIA:  
Residual Target = 1.E-4  
Residual Type = RMS  
END  
DYNAMIC MODEL CONTROL:  
Global Dynamic Model Control = On  
END  
INTERRUPT CONTROL:

Option = Any Interrupt  
CONVERGENCE CONDITIONS:  
Option = Default Conditions  
COMMAND FILE:  
Version = 22.1  
Results Version = 22.1  
END  
SIMULATION CONTROL:  
EXECUTION CONTROL:  
EXECUTABLE SELECTION:  
Double Precision = No  
Large Problem = No  
END  
INTERPOLATOR STEP CONTROL:  
Runtime Priority = Standard  
MEMORY CONTROL:  
Memory Allocation Factor = 1.0  
END  
PARTITION SMOOTHING:  
Maximum Partition Smoothing  
Sweeps = 100  
Option = Smooth  
END  
PARTITIONING TYPE:  
MeTiS Type = k-way  
Option = MeTiS  
Partition Size Rule = Automatic  
END  
END  
RUN DEFINITION:  
Run Mode = Full  
Solver Input File = Fluid Flow  
CFX\_002.res  
Solver Results File =  
C:/Users/pc/Desktop/Ansys \  
tesis/Simulacion\_pending/dp0\_CFX\_Solut  
ion/Fluid Flow CFX\_003.res  
END  
SOLVER STEP CONTROL:  
Runtime Priority = Standard  
MEMORY CONTROL:  
Memory Allocation Factor = 1.0  
END  
PARALLEL ENVIRONMENT:  
Number of Processes = 1  
Start Method = Serial

## ANEXO 7



				Tolerancia:	(Peso)	Materiales:	
				± 0,1	339,3 Kg	CONCRETO	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/08/22	Autores		
				Revisó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				Aprobó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				UTC Ing. Electromecánica		Número de Dibujo:	
				1 de 5			
				(Sustitución)			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:				

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

B

A

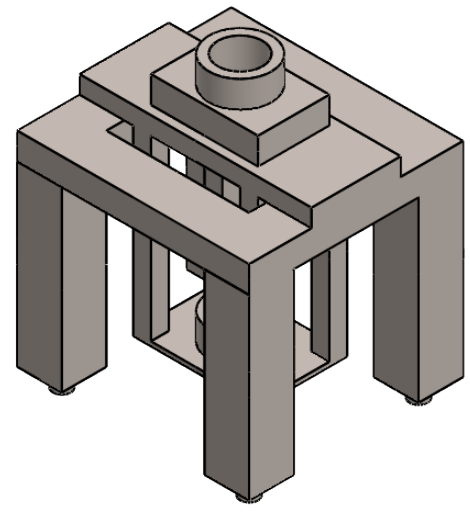
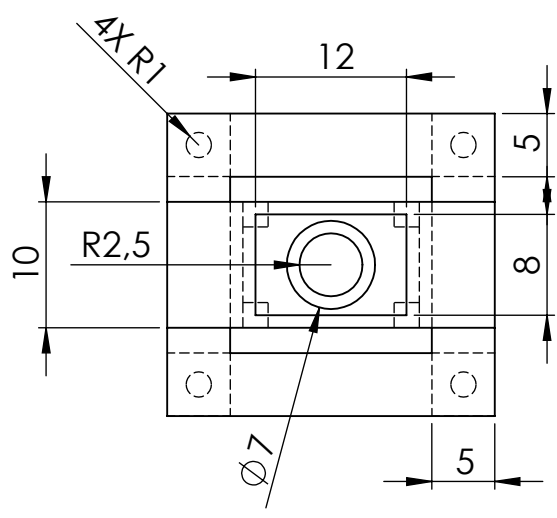
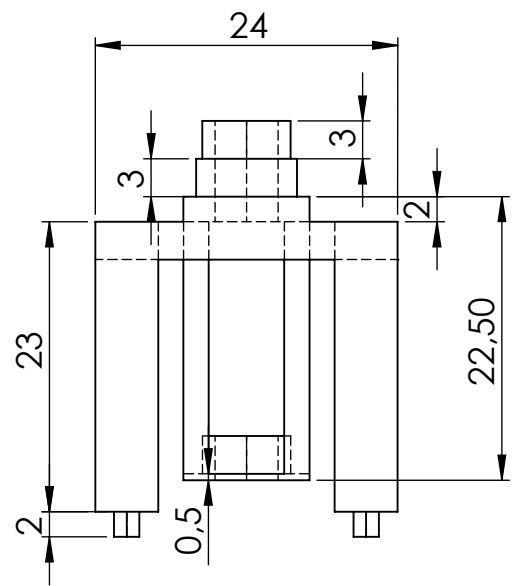
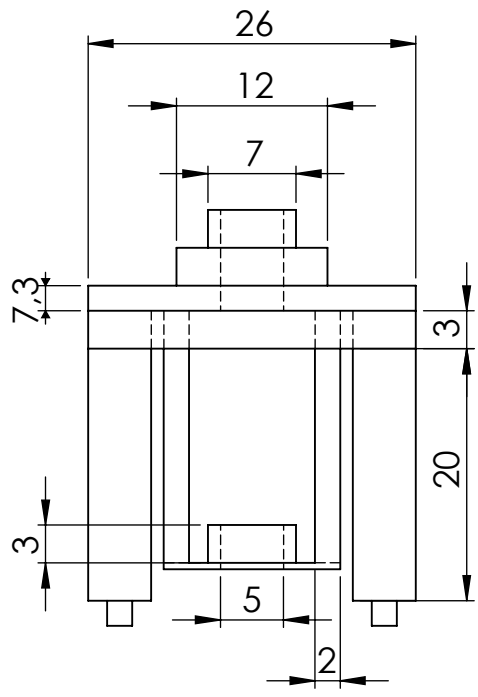
A

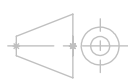
4

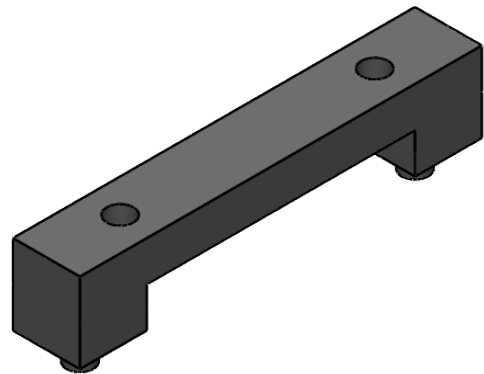
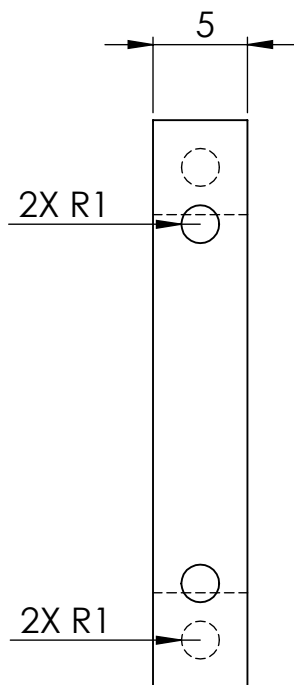
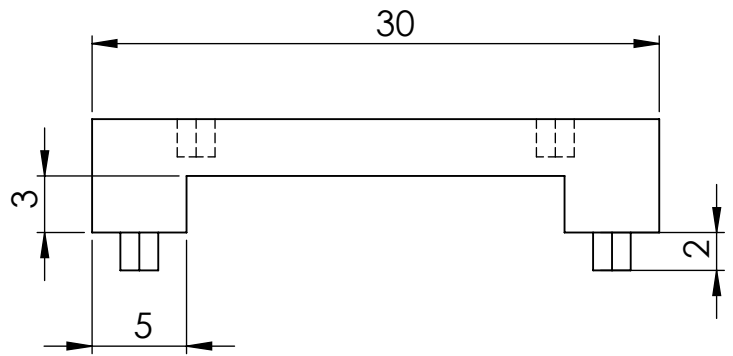
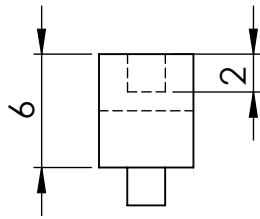
3


2

1

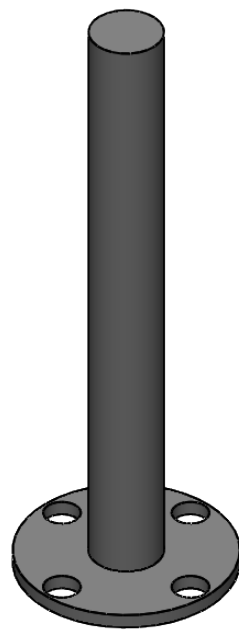
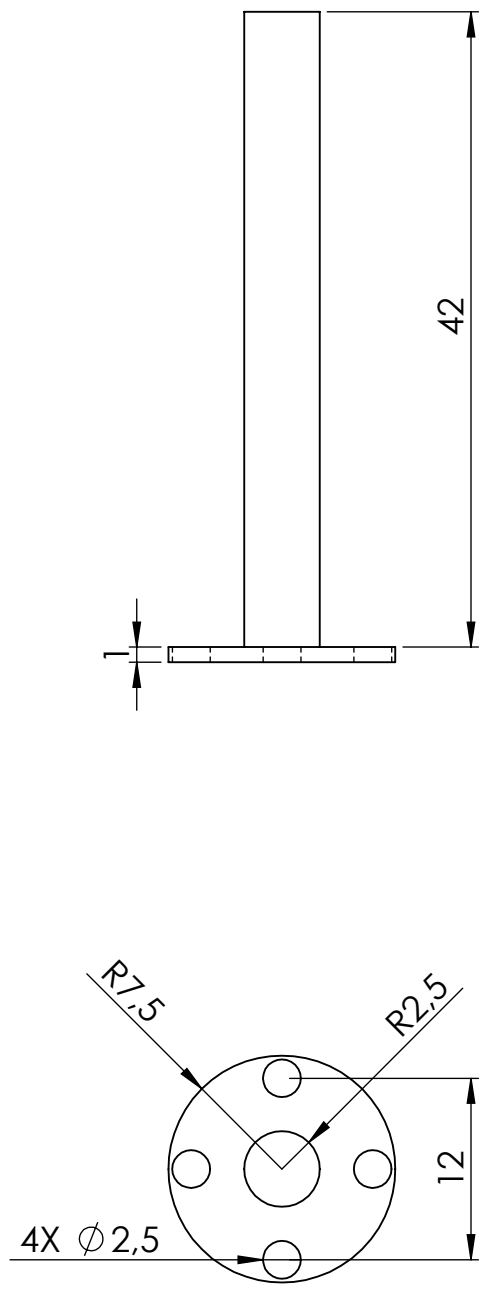


				Tolerancia:	(Peso)	Materiales:		
				± 0,1	34,10 Kg	ACERO INOXIDABLE		
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:	
				Dibujó: 23/08/22	Autores			
				Revisó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.			
				Aprobó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.			
				UTC Ing. Electromecánica		Número de Dibujo:		
						2 de 5		
						(Sustitución)		
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:					
4								



				Tolerancia:	(Peso)	Materiales:	
				± 0,1	4,2 Kg	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/08/22	Autores		
				Revisó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				Aprobó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				UTC Ing. Electromecánica		Número de Dibujo:	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	3 de 5			
						(Sustitución)	





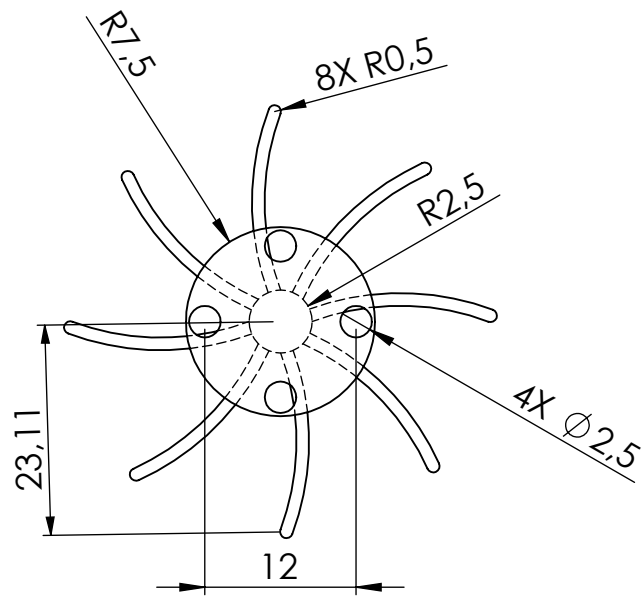
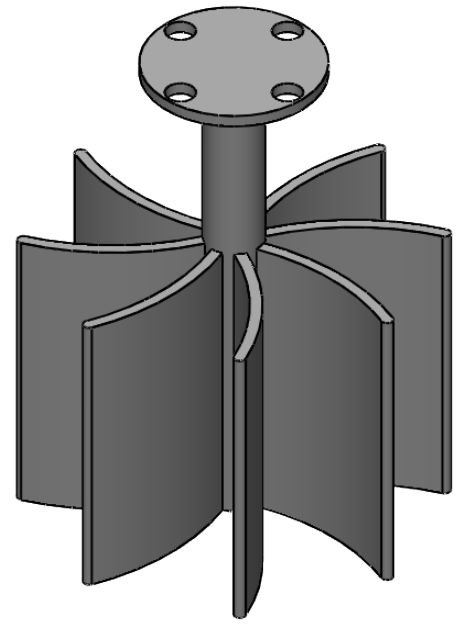
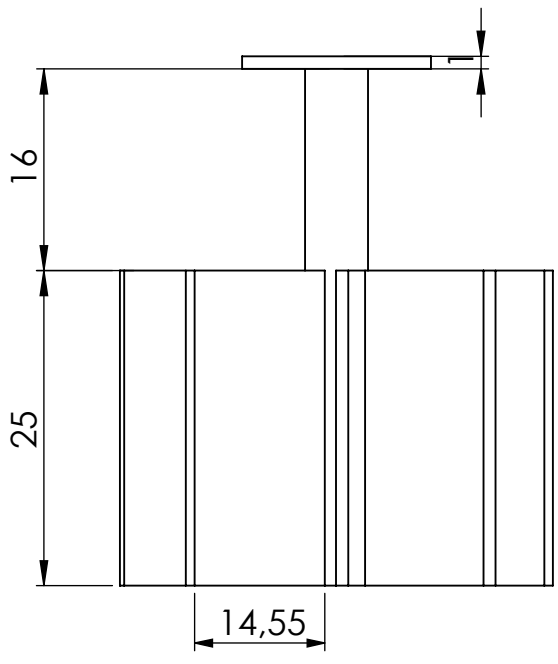
				Tolerancia:	(Peso)	Materiales:	
				± 0,1	7,56 Kg	ACERO INOXIDABLE	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/08/22	Autores		
				Revisó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				Aprobó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				UTC Ing. Electromecánica		Número de Dibujo:	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	4 de 5			
						(Sustitución)	

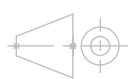
F  
E  
D  
C  
B  
A

F  
E  
D  
C  
B  
A

4 3 2 1

4 3 2 1



				Tolerancia:	(Peso)	Materiales:	
				± 0,1	10,67 Kg	ALEACIÓN ALUMINIO 1060	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 23/08/22	Autores		
				Revisó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				Aprobó: 07/09/22	Ing. Navarrete L.		
				UTC Ing. Electromecánica		Número de Dibujo:	
				5 de 5			
				(Sustitución)			
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:				

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

4

3

2

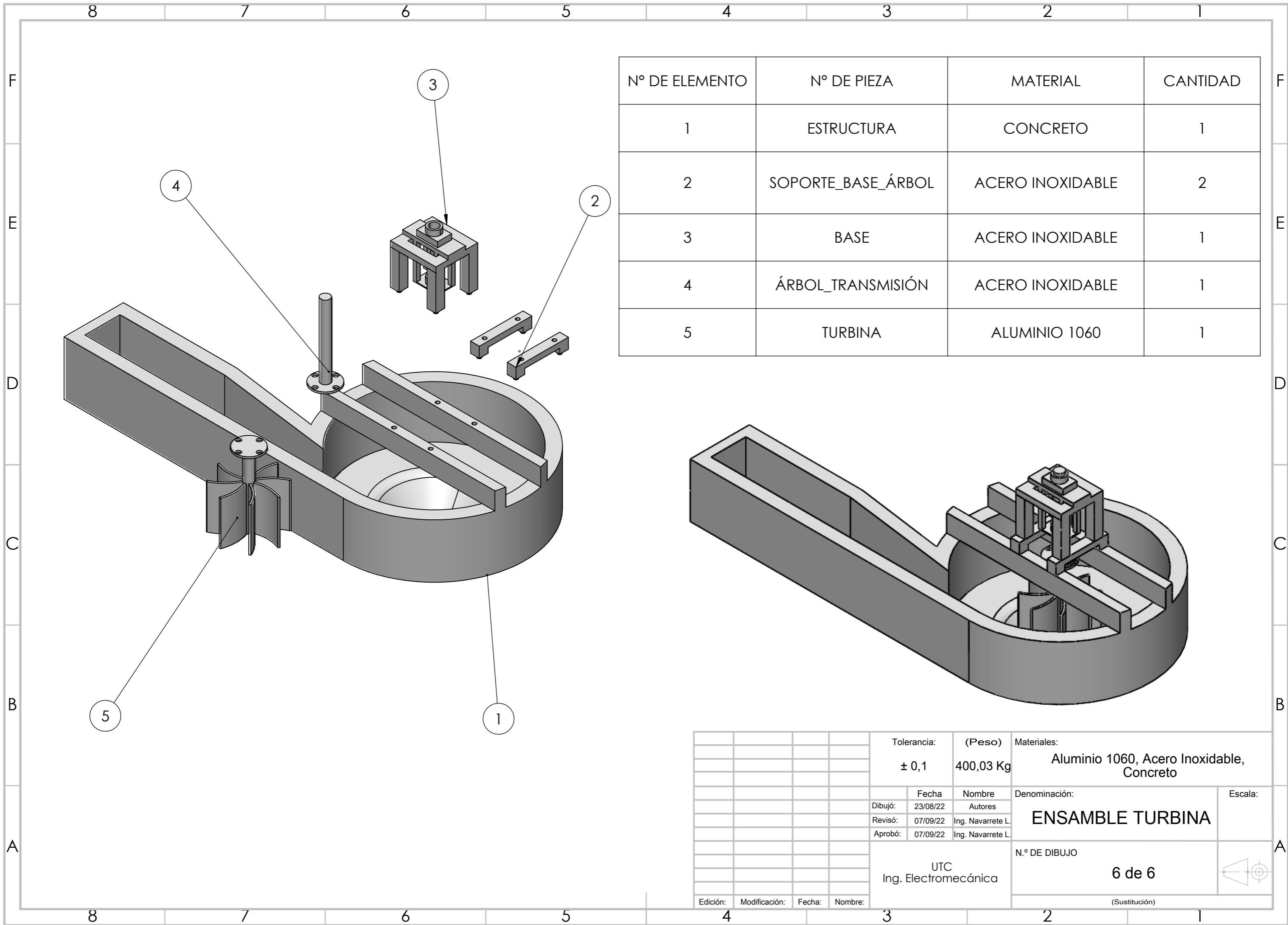
1

4

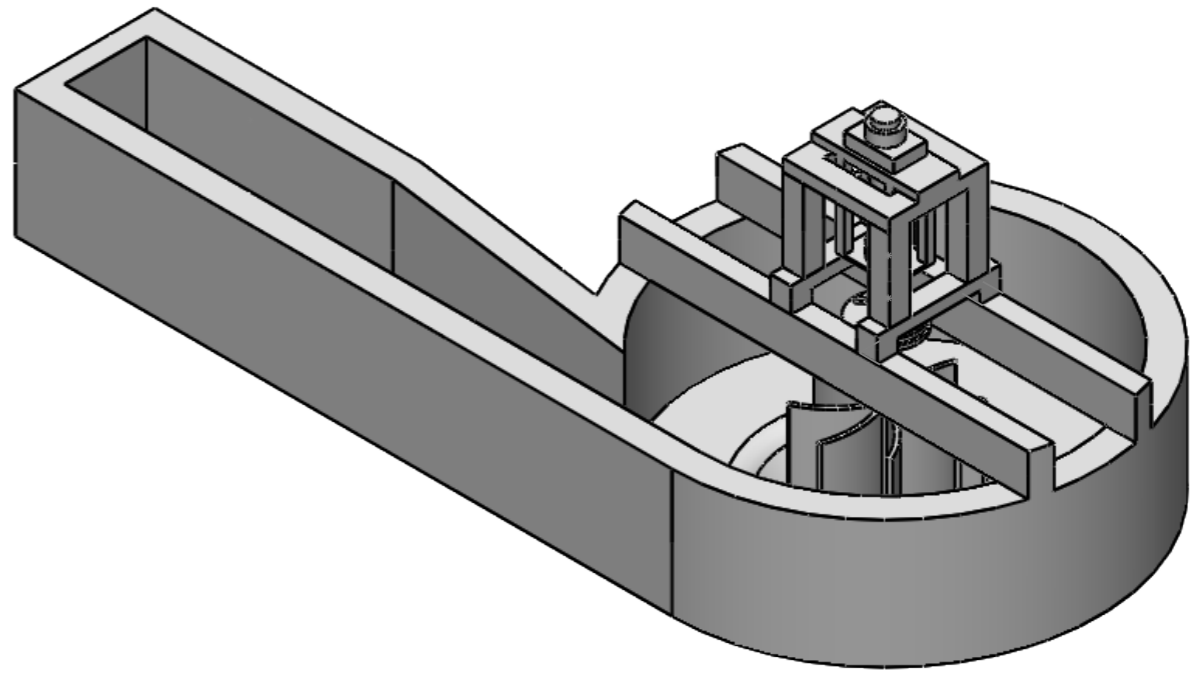
3

2

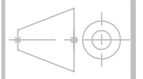
1



Nº DE ELEMENTO	Nº DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	ESTRUCTURA	CONCRETO	1
2	SOPORTE_BASE_ÁRBOL	ACERO INOXIDABLE	2
3	BASE	ACERO INOXIDABLE	1
4	ÁRBOL_TRANSMISIÓN	ACERO INOXIDABLE	1
5	TURBINA	ALUMINIO 1060	1



Tolerancia:		(Peso)	Materiales:	
± 0,1		400,03 Kg	Aluminio 1060, Acero Inoxidable, Concreto	
Fecha		Nombre	Denominación:	
Dibujó:	23/08/22	Autores	<b>ENSAMBLE TURBINA</b>	
Revisó:	07/09/22	Ing. Navarrete L.		
Aprobó:	07/09/22	Ing. Navarrete L.		
UTC			N.º DE DIBUJO	Escala:
Ing. Electromecánica			<b>6 de 6</b>	
Edición:	Modificación:	Fecha:	Nombre:	(Sustitución)



### EVIDENCIA 1 COMUNIDAD



Figura 6.38 Evidencia 1 Comunidad.

### EVIDENCIA 2 COMUNIDAD



Figura 6.39 Evidencia 2 Comunidad.

### EVIDENCIA 3 COMUNIDAD



Figura 6.40 Evidencia 3 Comunidad.