



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico

Autores:

Mario Simón Arequipa Cando

Wladimir Stalyn Lamingo Yauli

Tutor:

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina

LATACUNGA-ECUADOR
AGOSTO-2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Arequipa Cando Mario Simón, con número cédula de ciudadanía C.I. 0550671267 y Lamingo Yauli Wladimir Stalyn, con número cédula de ciudadanía C.I. 0503830713, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”, siendo el Ing. MSc. Gallardo Molina Cristian Fabián, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi 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 mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, agosto del 2024.

Arequipa Cando Mario Simón
C.I. 055067126-7

Lamingo Yauli Wladimir Stalyn
C.I. 050383071-3

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor de la Trabajo de Investigación sobre el título: “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi”, de Arequipa Cando Mario Simon y Lamingo Yauli Wladimir Stalyn, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico- técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2024.



Ing. MSc. Cristian Fabián Gallardo Molina

C.I. 050284769-2

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, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Arequipa Cando Mario Simon y Lamingo Yauli Wladimir Stalyn, con el título de Proyecto de titulación: “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2024.

Para constancia firman:

Ing. PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis

C.I. 175836725-2

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. MSc. Cevallos Betún Segundo Ángel

C.I. 050178243-7

LECTOR 2

Ing. MSc. Pacheco Mena Carlos Francisco

C.I. 050307290-2

LECTOR 3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”.

Autores:

Mario Simon Arequipa Cando

Wladimir Stalyn Lamingo Yauli

RESUMEN

Con el propósito de la propuesta tecnológica en el diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi, el objetivo es proporcionar suministro de agua en una región sin acceso a energía eléctrica. Este sistema beneficia a la población agrícola del sector de Illuchi que requiere un sistema de bombeo y no cuenta con energía eléctrica. Uno de los puntos clave es el diseño de un mecanismo de elevación que permite proteger el sistema de bombeo de las variaciones del caudal del río, evitando daños durante las crecientes, y en períodos de estiaje es capaz de adaptarse a su caudal más bajo. El sistema está instalado a una altura de 4,20 metros desde el fondo del río, y considerando que el río puede crecer hasta 1,60 metros durante períodos de crecidas, el sistema queda aislado a una distancia segura de 30 centímetros por encima del nivel máximo del agua. El mecanismo de elevación permite bajar la riobomba hasta su punto más bajo en 2 minutos y subirla hasta su punto más alto en 3,5 minutos. La riobomba proporciona un caudal de 8,09 L/min a 13 revoluciones por minuto. El costo total de construcción del sistema de bombeo ascendió a \$1102,05 los bajos costos operativos del sistema lo hacen accesible para las comunidades rurales que podrían beneficiarse de este tipo de tecnología.

Palabras clave: Sistema de bombeo, riobomba, energía hidráulica, bomba de diafragma, eficiencia energética.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF APPLIED SCIENCES AND ENGINEERING

THEME: “DESIGN AND INSTALLATION OF A PUMPING SYSTEM USING A RIVER PUMP IN THE ILLUCHI SECTOR”.

Authors:

Mario Simon Arequipa Cando

Wladimir Stalyn Lamingo Yauli

ABSTRACT

The purpose of the technological proposal for the design and installation of a pumping system using a rio-pump in the Illuchi sector is to provide water supply in a region without access to electricity. This system benefits the agricultural population of the Illuchi sector that requires a pumping system and does not have electricity. One of the key points is the design of a lifting mechanism that protects the pumping system from variations in river flow, preventing damage during floods, and in periods of low water, it is able to adapt to its lower flow. The system is installed at a height of 4.20 meters from the river bottom, and considering that the river can rise up to 1.60 meters during flood periods, the system is isolated at a safe distance of 30 centimeters above the maximum water level. The lifting mechanism allows the pump to be lowered to its lowest point in 2 minutes and raised to its highest point in 3.5 minutes. The pump delivers a flow rate of 8.09 L/min at 13 revolutions per minute. The total construction cost of the pumping system was \$1102.05. The low operating costs of the system make it affordable for rural communities that could benefit from this type of technology.

Keywords: Pumping system, Riobomba, Hydropower, Diaphragm pump, Energy efficiency.

AVAL DE TRADUCCIÓN

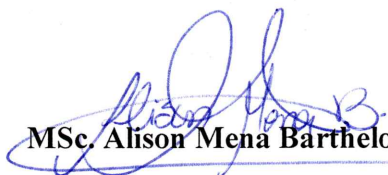
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés de la Propuesta Tecnológica cuyo título versa: **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”**, presentado por: **Arequipa Cando Mario Simón** y **Lamingo Yauli Wladimir Stalyn**, egresados de la Carrera de: Ingeniería en 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 aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2024

Atentamente,


MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN.....	2
2.1.	Situación Problemática	2
2.2.	fórmulación del problema	3
2.3.	BENEFICIARÍOS.....	3
2.3.1.	Beneficiarios directos	3
2.3.2.	Beneficiarios indirectos	3
2.4.	JUSTIFICACIÓN	3
2.5.	OBJETIVOS	4
2.5.1.	Objetivo general	4
2.5.2.	Objetivos específicos.....	4
2.5.3.	SISTEMAS DE TAREAS	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1.	Antecedentes	6
3.2.	Planeamiento.....	6
3.2.1.	Mecanismos de elevación.....	6
3.2.2.	Tecles manuales de cadena.....	7
3.3.	Marco referencial	8
3.3.1.	Sistemas de elevación de cargas	8
3.3.2.	Tipos de sistemas de elevacion.....	8
3.3.3.	Bombas hidráulicas.....	9
3.3.4.	Bombas de desplazamiento positivo.....	9
3.3.5.	Bomba de diafragma.....	9
3.3.6.	Partes de la bomba de díafragma	10
3.3.7.	Rueda hidráulica	11

3.4.	materiales de construcción.....	11
3.5.	Acero ASTM A36.....	11
3.6.	CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS SEGÚN AWS PARA PRESO SMAW	12
4.	MÉTODOS y procedimientos.....	12
4.1.	Método de construcción sistema de bombeo mediante una riobomba	12
4.1.1.	Condiciones iniciales.....	14
4.2.	diseño de la Estructura de soporte	16
4.2.1.	Dimensionamiento de la viga cuadrada.....	16
4.2.2.	Dimensionamiento de la columna de apoyo.....	17
4.3.	ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS SOFTWARE fusion 360	18
4.4.	Criterío para la selección del tecele	18
4.5.	CARACTERÍSTICAS de la Rueda hidráulica	19
4.6.	CARACTERÍSTICAS de Bomba de diAFraGma	20
4.7.	Determinación del caudal	22
4.8.	Velocidad superficial método del flotador.....	24
4.9.	Velocidad media	25
4.10.	Velocidad fórmula de Manning.....	26
4.11.	Estimación del caudal del río	27
4.12.	Fuerza de la corriente del agua canales abiertos	27
4.13.	Fuerza ejercida por el agua sobre las paletas	28
4.14.	Potencia teórica rueda hidráulica	28
4.15.	Potencia real de la rueda hidráulica.....	29
4.16.	Torque de la rueda hidráulica.....	30
4.17.	Caudal volumétrico por la bomba de diafragma	30
4.18.	Potencia hidráulica boba de diafragma	31
4.19.	Eficiencia de la bomba	32
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	32

5.1.	CÁLCULOS PARA EL Dimensionamiento de la viga cuadrada.....	32
5.2.	CÁLCULOS PARA Dimensionamiento de la columna de apoyo	34
5.3.	Contusión del sistema de bombeo mediante una riobomba.....	35
5.4.	Simulación con el uso del software Autodesk Fusion 360.	37
5.4.1.	Soporte horizontal de la riobomba Acero ASTM A36.....	37
5.4.2.	Soporte vertical de la riobomba Acero ASTM A36	39
5.5.	Área trasversal del Río Illuchi	40
5.6.	Cálculo velocidad fórmula de Manning.....	42
5.6.1.	Cálculos del caudal volumétrico tercio de la bomba de diafragma	45
5.7.	Análisis económico.....	47
6.	CONCLUSIONES.....	49
7.	RECOMENDACIONES	50
8.	REFERENCIAS	50

ÍNDICE FIGURAS

Figura 3.1.	Mecanismo de elección tipo pórtico [8].....	7
Figura 3.2.	Tecele de cadena [9].	7
Figura 3.3	Bomba de diafragma [13].....	10
Figura 3.4	Rueda hidráulica [14].....	11
Figura 3.5.	Clasificación de electrodo [18].	12
Figura 4.1.	Ubicación de la propuesta tecnológica.....	14
Figura 4.2.	Entorno del Río Illuchi y punto exacto donde se implementará la estructura y el sistema de bombeo de la riobomba.....	15
Figura 4.3.	Visita de campo e inspección en el sector del Río Illuchi.....	15
Figura 4.4.	Software para el realizar modelados 3D.	18
Figura 4.5	Rueda hidráulica [6].....	20
Figura 4.6.	Velocidad y aceleración del pistón [7].....	21
Figura 4.7.	Diseño general del mecanismo Biela-Manivela [7].....	21
Figura 4.8.	Pulmón de freno [7].	22
Figura 4.9.	Gráfica del comportamiento del diafragma [7].....	22

Figura 4.10. Sección transversal.....	23
Figura 4.11. Distribución normal de la velocidad.	26
Figura 5.1. Diagrama de cuerpo libre.....	33
Figura 5.2. Diafragma de fuerza cortante.....	33
Figura 5.3. Diafragma de momento flector.	34
Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre de la columna de apoyo.....	35
Figura 5.5 Rueda hidráulica modificada.....	35
Figura 5.6, Bombas de diafragma y accesorio ensamblados en la rueda hidráulica.	36
Figura 5.7. Sistema de bombeo mediante riobomba.	36
Figura 5.8. Factor de Seguridad del soporte horizontal cuadrado.....	37
Figura 5.9. Tensión de Von Mises del soporte horizontal de la riobomba.....	38
Figura 5.10. Desplazamiento del soporte horizontal mediante cargas puntuales.....	38
Figura 5.11. Fuerza de reacción.....	39
Figura 5.12. Deformación del soporte horizontal cuadrado.....	39
Figura 5.13. Análisis de Pandeo del soporte vertical de la estructura.....	40
Figura 5.14. Área transversal el Río Illuchi.....	40
Figura 5.15 Área transversal el Río Illuchi a diferente caudal	41
Figura 5.16 Pendiente Río Illuchi.....	42
Figura 5.17. Comportamiento de la fuerza.....	44
Figura 5.18. Comportamiento de la potencia	44
Figura 5.19. comportamiento del torque.....	45
Figura 5.20. Caudal en función de las rev/mim.....	46
Figura 5.21 Comportamiento de la potencia en función de la altura.....	46

ÍNDICE TABLAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas.....	5
Tabla 4.1. Componentes y accesorios de la riobomba	13
Tabla 4.2. Criterios para elección del tecele.....	19
Tabla 4.3. Matriz para selección de rueda hidráulica [6].....	20
Tabla 4.4. Distancia mínima entre verticales.....	23
Tabla 4.5 Coeficiente de Manning Límites superiores e inferiores y valores calibrados [22].	27
Tabla 5.1. Profundidades tomadas en cada vertical.....	41
Tabla 5.2 Áreas y perímetros mojados a diferentes condiciones.....	42

Tabla 5.3 Velocidades del río a diferentes condiciones	43
Tabla 5.4 Caudal y fuerza del Río Illuchi en diferentes condiciones método Manning.....	43
Tabla 5.5. Resultados de la fuerza potencia torque en función del área.....	43
Tabla 5.6 : Análisis económico de la construcción de la estructura y el sistema de la riobomba.	47
Tabla 5.7 Análisis económico de los materiales para la instalación del sistema de bombeo. ..	48
Tabla 5.8. Análisis económico de transporte.....	48
Tabla 5.9, Análisis económico de la cimentación en la base de la estructura de la río-bomba.	49
Tabla 5.10 Análisis económico de la ejecución de la tesis de grado.	49

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi.

Modalidad de Titulación:

Propuestas Tecnológicas

Proyectos de Investigación

Carrera: Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. MSc. Cristian Fabián Gallardo Molina

Celular: 0984698851

Cédula de Ciudadanía: 05028476-9

Correo electrónico: cristian.gallardo@utc.edu.ec

Ponente uno del proyecto:

Nombre: Mario Simón Arequipa Cando

Cédula de Ciudadanía: 055067126-7

Correo electrónico: mario.arequipa1267@utc.edu.ec

Ponente dos del proyecto:

Nombre: Wladimir Stalyn Lamingo Yauli

Cédula de Ciudadanía: 050383071-3

Correo electrónico: wladimir.lamingo0713@utc.edu.ec

Área de Conocimiento: Según dispuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) en su nomenclatura internacional para los campos de la Ciencia y Tecnología, la propuesta tecnológica trabajará en:

- Área 33 Ciencia y Tecnología
- Sub área 13 Tecnología e Ingeniería Mecánicas
- Campo detallado 25 Bombas y Equipos para Manipulación de Líquidos.

3313.25 Bombas y Equipos para manipulación de líquidos [1].

Línea de investigación: Según lo dispuesto por la Universidad Técnica de Cotopaxi, la línea de investigación de esta propuesta tecnológica es energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental [2].

Sub líneas de investigación de la Carrera: Según lo dispuesto por la Universidad Técnica de Cotopaxi, las sub líneas de investigación de esta propuesta tecnológica son diseño, construcción

y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos y energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables [2].

2.INTRODUCCIÓN

El impulsar en el Ecuador el uso y desarrollo de energías renovables son muy importantes porque contribuyen en la investigación, innovación y desarrollo sostenible en las comunidades rurales. Son fuentes energéticas inagotables que se basan en flujos y ciclos naturales del Planeta, son energías limpias, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la huella de carbono [3].

La energía hidráulica es una fuente de energía renovable siendo beneficiosa para el medio ambiente y económicamente viable en este contexto el Ecuador debido a su configuración geográfica tiene un gran potencial hídrico que puede ser aprovechado para generar energía limpia y sostenible. Estas fuentes de energía contribuyen a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero reduciendo nuestra dependencia de los combustibles fósiles, lo que a su vez ayuda a disminuir nuestra huella de carbono. Además, al implementar nuevas técnicas de bombeo sin la dependencia de la energía eléctrica en zonas agrícolas no solo crea oportunidades de empleo, sino que también capacita a la comunidad local en técnicas avanzadas de gestión de recursos hídricos y energéticos.

La presente propuesta tecnológica “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi”, propone soluciones a los problemas que se han presentado en la propuesta tecnológica “Diseño y fabricación de un prototipo de bomba de diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas”, la cual ha sufrido numerosas averías en el lugar instalado debido a las condiciones fuera de pronóstico del río.

Para resolver los problemas se propone diseñar un mecanismo de elevación con un tecele de cadena para el sistema de bombeo. El mecanismo de elevación pretende retirar y proteger el sistema de bombeo cuando no esté en uso o cuando se prevean crecientes del río. El mecanismo de elevación también permitirá adecuarse a la creciente y estiaje del Río Illuchi siendo más eficiente el aprovechamiento de los niveles de potencia proporcionados por el río. Adicionalmente la configuración del riobomba en un conjunto de doble diafragma permitirá tener un caudal continuo de bombeo de agua.

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la propuesta tecnológica: “Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas”, debido a la naturaleza estacionaria

del sistema de bombeo no es capaz de resistir las condiciones extremas y fuera de pronóstico del río siendo susceptible a daños y averías en el sistema de bombeo.

En períodos de creciente es donde es más susceptible a daños debido a su naturaleza estacionaria, el caudal del río sobrecarga el sistema de bombeo lo que causa daños frecuentes y altos costos de mantenimiento, mientras que en los períodos de estiaje la baja disponibilidad del caudal del río limita la capacidad de bombeo.

2.2. FÓRMULACIÓN DEL PROBLEMA

Averías del sistema del bombeo instalado en el Río Illuchi debido a condiciones climatológicas del río y a la naturaleza estacionaria del sistema que lo expone a daños recurrentes por las variaciones en el caudal y las condiciones extremas del río.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

Usuarios del sistema de bombeo con el nuevo diseño se reducirán los daños, averías y tendrá mayor eficiencia el sistema de bombeo. Autores de la propuesta tecnología poniendo en práctica sus conocimientos.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Estudiantes de las carreras ingeniería electromecánica e hidráulica con prácticas de campo. Población agrícola del sector de Illuchi que requiera un sistema de bombeo y no cuente con energía eléctrica.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La propuesta tecnológica “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi”, surge por los problemas que conlleva un sistema de bombeo estacionario instalado en el Río Illuchi afectando significativamente en su eficiencia y debido a las condiciones fuera de pronóstico del río las averías frecuentes del sistema de bombeo justifican la necesidad de este proyecto.

Debido al diseño y peso del sistema de bombeo se requiere de al menos cuatro personas para su levantamiento y desplazamiento sin embargo no siempre se contará con la fuerza requerida para levantar y mover el sistema haciéndolo imposible ser manipulado por una persona.

Factores como el peso del sistema de bombeo no permiten su adecuada manipulación cuando se requiere aislar el sistema del río lo que conlleva el arrastre del sistema metro abajo del río dejando el sistema de bombeo obsoleto. Además, el sistema de bombeo actual cuenta implementado una bomba de diafragma a la rueda hidráulica lo cual no proporciona un caudal continuo de agua.

La instalación de un mecanismo de elevación con un tecele de cadena en el sistema de bombeo reducirá significativamente el riesgo de daños al aislar y proteger el equipo durante las crecientes del río. Además, el mecanismo de elevación estará diseñado para maximizar la eficiencia del sistema de bombeo ajustándose a las variaciones del caudal del río y garantizar un suministro constante de agua al implementar un conjunto de doble diafragma a la rueda hidráulica estas modificaciones cubrirán las demandas agrícolas del sector.

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. Objetivo general

Diseñar un mecanismo de elevación con un tecele de cadena para un sistema de bombeo e implementación de un conjunto de doble diafragma para evitar daños en el sistema y así tener un caudal continuo en la riobomba.

2.5.2. Objetivos específicos

1. Investigar en libros y artículos científicos para entender los diferentes sistemas de bombeo y elevación de un riobomba.
2. Diseñar un sistema de elevación para una riobomba de doble diafragma en función a los niveles de caudal del Río Illuchi.
3. Garantizar que la riobomba se mantenga intacto cuando exista la creciente del río.

2.5.3. SISTEMAS DE TAREAS

Tabla 2.1. Sistema de tareas.

Objetivos específicos	Actividades	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Objetivo Específico 1.	Investigación sobre mecanismos de elevación para sistemas de bombeo.	Conceptos claros, documentos y medios bibliográficos recopilados.	Software de gestión de referencias Zotero.
	Investigación sobre sistemas de bombeo con bombas de diafragma.	Conceptos claros, documentos y medios bibliográficos recopilados.	
Objetivo Específico 2.	Dimensionamiento y selección de materiales.	Cálculo y análisis de esfuerzo de los materiales.	Software CAD Fusion 360.
	Diseño del mecanismo de elevación	Planos del mecanismo de elevación.	
Objetivo Específico 3.	Evaluación del nuevo sistema de bombeo mediante una ríobomba.	Ensamblaje de todos sus componentes de acuerdo a los planos de diseño. En la estructura principal del sistema, no deben existir deformaciones visibles (pandeo, torsión, o flexión) que puedan indicar una sobrecarga.	Pruebas de campo.
	Evaluación del tiempo de subida y bajada de la ríobomba.	Tiempo de subida y bajada de la ríobomba.	
	Pruebas de campo para determinar el nuevo caudal y potencia proporcionada por la ríobomba.	Caudal y potencia de la ríobomba.	

3.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

La empresa holandesa aQysta desarrollo una innovadora rueda hidráulica para el riego en la agricultura llamada Bomba Barsha al no utilizar energía eléctrica o combustibles fósiles para su funcionamiento lo hace ideal para comunidades rurales con acceso limitado a energía eléctrica. La Bomba Barsha usa la misma energía cinética del caudal del río que chocan en las paletas y mueven la rueda hidráulica. Su funcionamiento consiste en, por cada giro la rueda captará pequeñas cantidades de agua y de aire, y la presión que ejerce ese aire es la que permite que el agua sea expulsada por las mangueras a diferente altura [4].

Un inventor guineano llamado Thierno Alhamdou Diallo ha inventado una bomba de agua para riego de cultivos el sistema al no usar electricidad ni combustible destaca en ente otros sistemas que dependen de la energía eléctrica y combustibles como la gasolina. Este invento aprovecha la energía cinética de un rio cercano en Lélouma una localidad de la región de Labé, en Guinea esta bomba demostró bombear a 250 m de distancia desde su lugar de instalación [5].

En el sector de Santa Lucia de Pusuchisi, se llevó a cabo un proyecto previo titulado “Diseño e implementación de riobomba en el sector de Santa Lucia de Pusuchisi”. Este proyecto tenía como propósito diseñar y construir una rueda hidráulica para el funcionamiento de una riobomba en donde se obtuvo como resultados que la bomba de barril utilizada no era la adecuada para este tipo de trabajos quedando solo con el diseño de la rueda hidráulica 8 alabes el cual aprovecha el caudal disponible del río con un promedio de 11 rev/mim [6].

En la tesis titulado “Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas,” realizado en el sector de Santa Lucía de Pusuchisi, Latacunga, se exploró la implementación de un sistema de bombeo para mejorar el suministro de agua. Este proyecto demostró la viabilidad de utilizar una rueda hidráulica para accionar una bomba de diafragma los resultados obtenidos fueron una presión promedio de 117,37 kPa con una altura de 12 metros logro un caudal de 2.16 litros por minuto [7].

3.2. PLANEAMIENTO

3.2.1. Mecanismos de elevación

Un mecanismo de elevación es un sistema diseñado para levantar y mover cargas verticalmente utilizando componentes como poleas, contrapesos y motores son muy utilizados en diferentes

aplicaciones industriales y de construcción. Estos mecanismos generan una ventaja mecánica que permite elevar cargas pesadas de manera eficiente.

El mecanismo de elevación tipo pórtico con tecele de cadena manual es el más utilizado en talleres e industrias pequeñas que requieren elevar y mover cargas considerablemente pesadas para su fácil manipulación y traslado de un lugar a otro como se muestra en la figura 3.1. Este mecanismo es de trabajo liviano siendo fácil su instalación y es ideal porque es fácil moverlo y desmontarlo los costos en comparación con las grúas de trabajo pesado es relativamente bajo.



Figura 3.1. Mecanismo de elección tipo pórtico [8].

3.2.2. Tecles manuales de cadena

Los tecles manales de cadena son accionados mecánicamente a través de cadenas las cuales arcionan piñones en su interior las encargadas de la relación de fuerza producida en el tecele. Estos tipos de tecles usan cadenas como medio de izaje siendo perfectos para la elevación y traslado de cargas pesadas. Características como su baso costo en la adquisición y mantenimiento lo hacen perfecta para proyectos de bajo costo en comparación a los tecles eléctricos y neumáticos [9].



Figura 3.2. Tecele de cadena [9].

3.3. MARCO REFERENCIAL

3.3.1. Sistemas de elevación de cargas

La maquinaria de elevación constituye una pieza clave dentro de cualquier entorno industrial. Identificar a un proveedor especializado de confianza genera grandes ventajas como la minimización de tiempos de trabajo, la multiplicación de la eficiencia y el rendimiento o la posibilidad de implementar modelos de trabajo adaptados a las necesidades de la empresa. Además, la maquinaria de elevación también se traduce en garantías en materia de seguridad. Su implementación en el entorno de trabajo es una inversión que, de forma indirecta, proporciona mayores márgenes de protección a la hora de conservar o manipular la mercancía. Destinar una partida presupuestaria a este tipo de recursos puede marcar un antes y un después dentro de cualquier modelo de negocio contextualizado en el sector industrial [10].

3.3.2. Tipos de sistemas de elevación

3.3.2.1. Polipasto

Se trata de un tipo de máquina con una estructura compuesta, como mínimo, por dos poleas, un cable o bien una rueda que se desplaza a lo largo de las gargantas de cada polea. Su aplicación más común en el segmento industrial es llevar a cargo elevaciones o desplazamientos de cargas pesadas. Uno de sus atractivos más destacados es su potencia mecánica. Gracias a ello, a nivel de uso, la experiencia es bastante cómoda e intuitiva porque la fuerza que debe aplicarse para su utilización es considerablemente inferior que el peso de la mercancía [10].

3.3.2.2. Puente grúa

El puente grúa cuenta con un sistema de rieles paralelos que por lo general se instalan en la parte más alta del edificio y sobre los laterales del mismo, aunque también pueden ir por el suelo. Adicionalmente, cuentan con una pieza denominada puente mecánico o viga, para conectar un lateral con el otro, y a su vez desplazarse a través de los rieles. Asimismo, el guinche (conocido también como polipasto), que ejerce como grúa para levantar y desplazar los objetos. La principal característica de los puentes grúas es que se encuentran fijos o anclados en edificios, naves industriales o galpones donde se hayan instalado [8].

3.3.2.3. Brazos giratorios

Están configurados para llevar a cabo elevaciones de cargas ligeras por lo que presentan un cuerpo bastante más simple y desprovisto de una gran infraestructura tecnológica. Los brazos giratorios pueden ser utilizados en soluciones híbridas, es decir, fusionados con otros elementos como polipastos neumáticos, de cadena o cable [10].

3.3.3. Bombas hidráulicas

Las bombas hidráulicas pueden ser turbomáquinas o rotodinámicas donde la transferencia de energía depende de cantidad de movimiento producido en su impulsor adicionalmente se tiene las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo por ultimo gravimétricas, en donde energía intercambiada es de tipo potencial finalmente otros tipos más singulares, como las de ariete, capilares, etc. [11].

Las bombas hidráulicas común mente utilizadas tanto en las industrias como en aplicaciones domesticas son las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo y turbomáquinas o rotodinámicas.

3.3.4. Bombas de desplazamiento positivo

La bomba hidráulica es volumétrica o también conocido como de desplazamiento positivo cuando impulsa un volumen estable de fluido por rotación del elemento motor. Estas bombas son apropiadas en aquellas aplicaciones en las que se necesiten altas presiones y caudales bajos. Las bombas de desplazamiento positivo pueden ser, por su principio de funcionamiento, oscilantes y rotativas. Además, las bombas de tipología oscilante están construidas por uno o varios pistones en movimiento alternativo y de diversas válvulas de succión e impulsión, en tanto que las rotativas integran un mecanismo en rotación encargado de transportar el fluido de la succión a la impulsión [11].

3.3.5. Bomba de diafragma

Las bombas de diafragma son bomba de desplazamiento positivo de tipología oscilante con una membrana o didracma flexible la cual puede ser anular o de disco y las válvulas pueden ser de vástago o de lengüeta como las válvula check [11].

Las bombas de diafragma tienen gran similitud con las bombas de pistón o émbolo. La principal diferencia esta en la parte móvil la cual está constituida por una membrana flexible pudiendo ser de diferentes materiales como caucho, plástico incluso metal, accionada neumáticamente o

mecánica. La principal ventaja en este tipo de bombas es que no requiere juntas ni sellos mecánicos para evitar la fuga de líquido entre las partes fijas y móviles, por lo que son muy utilizadas para impulsar líquidos esterilizados, y también líquidos tóxicos o peligrosos [12].

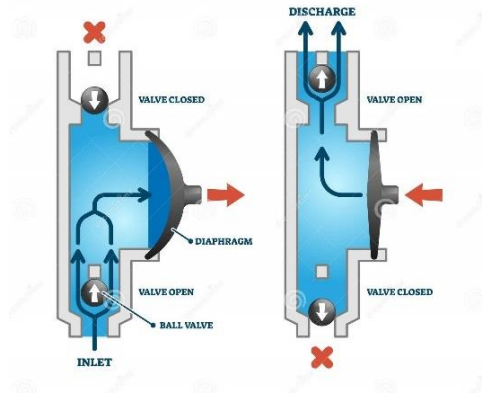


Figura 3.3 Bomba de diafragma [13].

3.3.6. Partes de la bomba de diafragma

Las bombas de diafragma constan de diferentes partes cada una cumpliendo funciones diferentes y en conjunto logran impulsar el fluido. Las partes pueden variar según su diseño y configuración del fabricante incluso con la modificación de un freno de pulmón se puede obtener una bomba de diafragma con lo dicho enteramente en términos generales las principales partes de una bomba de diafragma son:

- **Cuerpo de la bomba:** Es la estructura principal que alberga todos los componentes internos y proporciona el soporte para el funcionamiento de la bomba.
- **Diafragma:** Es una membrana flexible que se mueve hacia adelante y hacia atrás para aspirar y expulsar el fluido. El diafragma separa la cámara de fluido de la cámara de accionamiento y es impulsado por un mecanismo externo.
- **Cámara de fluido de entrada:** Esta es la parte donde el fluido entra en la bomba desde la fuente externa.
- **Válvulas de entrada y salida:** Estas válvulas controlan el flujo de fluido en la cámara de fluido de entrada y de salida. Se abren y cierran en sincronía con el movimiento del diafragma para permitir la succión y descarga de fluido en el momento adecuado.
- **Cámara de fluido de salida:** En esta cámara, el fluido es expulsado de la bomba hacia el destino deseado.

- **Cámara de accionamiento:** Es donde se encuentra el mecanismo que impulsa el movimiento del diafragma. Puede ser un motor eléctrico, un motor neumático, un sistema hidráulico u otro tipo de sistema de accionamiento.
- **Conexiones de entrada y salida:** Estas son las conexiones donde se conectan las tuberías de entrada y salida de fluido.
- **Mecanismo de control y regulación:** Algunas bombas de diafragma pueden tener dispositivos de control y regulación que ajustan la velocidad y el flujo del fluido según sea necesario.
- **Válvulas de aire o purga:** En algunas bombas, especialmente las de doble diafragma, puede haber válvulas de aire o de purga para asegurarse de que no se acumule aire en el sistema y afecte el rendimiento [7].

3.3.7. Rueda hidráulica

Se puede decir que uno de los más antiguos artilugios y inventos es la rueda hidráulica es capaz de transformar la energía cinética proporcionada por un río en energía mecánica. Durante siglos las ruedas hidráulicas han sido utilizadas para para accionar molinos, batanes, martillos pilones en las herrerías, etc. Con estos antecedentes se tiene en la actualidad las modernas turbinas [14].



Figura 3.4 Rueda hidráulica [14].

3.4. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

3.5. ACERO ASTM A36

El acero ampliamente utilizado en la construcción estructural es el ASTM A36, un acero al carbón utilizado para elaboración de estructuras como tubos, placas, planchas, perfiles y barras estas y más estructuras por lo general están comercialmente disponibles. Las resistencia mínima

a la fluencia del acero A36 es de 36 ksi transformados al SI es 248 MPa, es material es soldable y se utiliza para propósitos estructurales generales [15].

3.6. CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS SEGÚN AWS PARA PRESO SMAW

Por sus siglas en inglés, la *American Welding Society* (AWS) o Sociedad Americana de Soldadura proporciona lineamientos y requerimientos mínimos al momento de realizar soldaduras para proceso *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) o soldadura de metal por arco protegido clasificando el metal de aporte o electrodos al momento de realizar el cordón de suelda.

La primera letra "E" significa que es un electrodo de soldadura por arco. Los primeros dos o tres dígitos indican la resistencia mínima a la tensión. El tercer o cuarto dígito determina la posición y pueden ser de 3 tipos. Tipo 1 todas las posiciones, tipo 2 plano y filete horizontal, tipo 3 Toda posición más vertical descendente. Por último, el cuarto o quinto dígito respectivamente, especifica el tipo de revestimiento y la polaridad correcta de la corriente; simultáneamente el tipo de revestimiento es clasificado según el mayor porcentaje de materia prima contenida [16] [17].



Figura 3.5. Clasificación de electrodo [18].

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

En este capítulo se describe aspectos clave, como el diseño conceptual para posibles soluciones antes de su fabricación. Esta metodología permitirá respaldar las distintas etapas de diseño y construcción del sistema de bombeo mediante una riobomba al satisfacer los requerimientos en el mecanismo de elevación y en el conjunto de bombas de doble diafragma.

4.1. MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA

El sistema de bombeo mediante una riobomba costara de los siguientes componentes como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Componentes y accesorios de la riobomba

Nº	Componentes
1	Estructura de soporte
1	Mecanismo de elevación
1	Tecele de cadena
1	Rueda hidráulica
2	Bomba de diafragma
2	Mecanismo biela-manivela
1	Accesorios de succión
1	Accesorios de descarga

La tabla 4.1. enlista los componentes y accesorios esenciales para el ensamblaje del sistema de bombeo mediante una riobomba, el sistema de bombeo utiliza la energía cinética del Río Illuchi para generar energía mecánica y bombear agua. A continuación, se describen brevemente los elementos enlistados:

Estructura de soporte: Esta es la base o marco que sostiene todos los componentes de la riobomba, asegurando la estabilidad y el correcto funcionamiento del sistema.

Mecanismo de elevación: El mecanismo será de tipo corredera con guías a los extremos el mecanismo se izará con un polispasto o tecele de cadena permitiendo elevar o bajar la riobomba permitiendo adecuarse a los niveles de caudal del río o aislarlo definitivamente cuando se requiera.

Tecele de cadena: Se utiliza un tecele manual de cadena de media tonelada este componente permitirá izar la riobomba.

Rueda hidráulica: la rueda hidráulica será de 8 alavés con dimensiones de las paletas de 80x65 cm. La rueda hidráulica transforma la energía cinética del río en energía mecánica, lo que impulsa el sistema de bombeo.

Bomba de diafragma: Elaborado con un pulmón de freno tipo 30 con su membrana flexible interna es capaz de mover líquidos, haciendo ideal para para este sistema.

Mecanismo biela manivela: Mecanismo que convierte el movimiento rotativo de la rueda hidráulica en movimiento lineal para accionar la el conjunto de doble diafragma.

Accesorios de succión: Componentes adicionales que facilitan la entrada de agua en el sistema de bombeo, como mangueras o válvulas.

Accesorios de descarga: Dispositivos que controlan la salida del agua del sistema, asegurando que el líquido se dirija al destino previsto.

4.1.1. Condiciones iniciales

Mediante la visita de campo se realizó la inspección en el lugar en donde se instalará el sistema. La presente propuesta tecnológica se encuentra ubicado en el sector de Illuchi del cantón Latacunga, con punto de georreferenciación de $0^{\circ}56'6.74''S$ $78^{\circ}32'23.90''W$.



Figura 4.1. Ubicación de la propuesta tecnológica.

Para realizar el proyecto se analizó en primera instancia las condiciones topográficas del sector del Río Illuchi y el punto exacto donde se implementaría el sistema de bombeo.

Debido a las variaciones constantes de caudal del Río Illuchi que se presentan a diario y más que todo en épocas de sequía e invierno. Se considero construir una estructura sobre el río que sea capaz de soportar todo el peso del sistema de bombeo, en la cual, se tuvo varias alternativas, una de ellas fue construir una barcaza flotante estacionaria, pero cabe señalar que esa idea no resultaría idónea, debido a que el caudal del río no es constante, más que todo cuando existe la creciente del río, como en la época de invierno, ya que por ese río suelen pasar las partes de una planta endémica como las ramas, troncos e incluso árboles enteros, todo esto provocado por las fuertes corrientes que tiene este río en ciertas épocas.



Figura 4.2. Entorno del Río Illuchi y punto exacto donde se implementará la estructura y el sistema de bombeo de la riobomba.

Analizado los problemas de variación de caudal y las condiciones climatológicas del sector, como alternativa más viable se propuso elaborar un mecanismo de elevación para solventar todos los problemas mencionados anteriormente, en la cual se pretendía utilizar un tornillo y un volante similar al sistema de elevación que utilizan las compuertas de riego, de igual manera esta idea no sería la más acertada, debido al elevado costo de los materiales y la mano de obra para su fabricación, otro de los problemas que se presentaría con este mecanismo de tornillo, era de que el operador tendría que estar subiendo y bajando de la estructura, ya sea para bajar o elevar la riobomba, todo esto conllevando a que el operador este atentando contra su integridad física, puesto que la viga estructural cuadrada se lo colocaría a 4,30 metros de altura sobre el río.



Figura 4.3. Visita de campo e inspección en el sector del Río Illuchi.

Por último, la propuesta más idónea fue construir un mecanismo de corredera vertical en la cual se utilizaría un tecele de cadena de capacidad de $1/2 T$ para la debida elevación de la riobomba, puesto que este mecanismo es más segura que las otras propuestas mencionadas, ya que, en este

caso el operador podrá manipular el mecanismo de elevación desde un lugar seguro y sin tanto esfuerzo físico, y de igual manera podrá dejar posicionado la riobomba a su conveniencia de acuerdo al caudal con la que se encuentre el río, es por ende, que se optó por esta propuesta que daría resultado al momento de entrar en funcionamiento, más que todo, porque se adapta a las condiciones del entorno natural de dicho sector.

4.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

El material para su fabricación será en acero ASTM A36, este material es más utilizado en construcción de estructuras con una buena resistencia a la tensión además son de fácil acceso en el mercado. Las especificaciones del material se evidencian en el ANEXO E.

4.2.1. Dimensionamiento de la viga cuadrada

Previamente es necesario saber cuánto pesa el tecele de cadena, la riobomba y la estructura en la cual se apoya, este dato es muy importante para poder dimensionar la viga.

Para poder llegar al diseño adecuado de la estructura la cual va a soportar todo el peso de las piezas mecánicas e incluso el mismo peso del elevador y demás componentes, se debe aplicar la teoría de los esfuerzos combinados para poder aplicar al desarrollo y análisis de la viga que comprenderá la estructura [19].

Al calcular el esfuerzo en una viga las fuerzas son dirigida perpendicularmente a la sección transversal del área de estudio y el esfuerzo se puede calcular mediante la fórmula:

$$\sigma_f = \frac{MC}{I} \quad (1.1)$$

Donde:

σ_f = esfuerzo a flexión, N/m^2

M = momento flector máximo, Nm

C = distancia del eje centroidal a la superficie externa de la sección de interés, m

I = momento de inercia de la sección transversal, m^4

Determinación el factor de seguridad de la viga cuadrada mediante la fórmula:

$$f_s = \frac{\sigma}{\sigma_f} \quad (1.2)$$

Donde:

f_s = factor de seguridad, adimensional

σ_f = esfuerzo a flexión, N/m^2

σ = esfuerzo a máximo, N/m^2

4.2.2. Dimensionamiento de la columna de apoyo

Para el cálculo del esfuerzo de la columna de apoyo de la estructura de soporte, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\sigma_n = \frac{F}{A} \quad (1.3)$$

Donde:

σ_n = esfuerzo normal ejercido, N/m

F = fuerza normal ejercida en la sección de interés, N

A = área de la sección transversal en la sección del análisis, m^2

Determinación el factor de seguridad de la columna de apoyo mediante la fórmula:

$$f_s = \frac{\sigma}{\sigma_f} \quad (1.4)$$

Donde:

f_s = factor de seguridad, adimensional

σ_n = esfuerzo normal ejercido, N/m

σ = esfuerzo máximo, N/m^2

4.2.2.1. Método de construcción mecanismo de elevación

La construcción del mecanismo de elevación se guio en las normas AISC 360 y AWS D1.1, la metodología aplicada abarca dos fases clave el diseño y construcción. En la fase de diseño, se definen los requerimientos de carga y se seleccionan los materiales adecuados, realizando un análisis estructural conforme a las normativas de AISC 360 por último el diseño debe tener el factor de seguridad en un rango de 3 a 4 unidades.

En la fase de fabricación, se inspeccionan y preparan los materiales, para la soldadura, siguiendo la normativa AWS D1.1 garantizando la calidad de las uniones soldadas. La normativa AWS D1.1 dos da el requerimiento de metal de aporte según el meta base en el grupo ASTM A 36 con soldadora SMAW se utiliza electrodos E60XX y E70XX. Una vez fabricados

los componentes, se ensamblan en el taller y luego en el sitio de construcción, donde se realizan pruebas de carga para verificar que todo funcione correctamente.

4.3. ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS SOFTWARE FUSION 360

El análisis por elementos finitos es una herramienta computarizada que predice el comportamiento de elementos en 3D dependiendo el material bajo condiciones de efectos físicos como cargas o esfuerzos [20]. El proceso del análisis por elementos finitos implica varios pasos:

Se utilizó el software Autodesk Fusion 360 para modelar y crea un diseño digital en 3D este software nos permite analizar el diseño de manera global o por cada componente mediante las diferentes herramientas de simulación proporcionados por el software.



Figura 4.4. Software para el realizar modelados 3D.

La herramienta simulación de tensión estática analiza la deformación y la tensión en la viga cuadrada a partir de cargas estructurales y restricciones aplicadas al objeto de estudio. La herramienta de simulación de pandeo estructura determina los modos de pandeo de la columna de soporte.

4.4. CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DEL TECLE

En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de tecles ente las más comunes y utilizados témenos:

- Tecles de cadena
- Tecles eléctricos
- Tecles neumáticos

Cada una de estos tecles tienen la misma finalidad el cual es elevar cargas verticalmente, pero se distinguen por el tipo de accionamiento mecánico, eléctrico y neumático respectivamente.

Con los tipos de cadenas seleccionados la selección del teclé a utilizar esta dada según la tabla

Tabla 4.2. Criterios para elección del teclé.

Parámetros de selección	Valor	Tipos de grúas		
		Mecánico	Eléctrico	Neumático
Peso del equipo	20%	20%	5%	15%
Mantenimiento	10%	5%	8%	10%
Bajo Costo	30%	30%	20%	25%
Instalación	20%	20%	15%	15%
Maniobrabilidad	10%	8%	10%	5%
Accionamiento	10%	10%	0%	0%
TOTAL	100%	93%	58%	70%

La tabla 4.2 muestra que, para un sistema de elevación en un lugar sin acceso a energía eléctrica, el teclé manual es la opción más adecuada. Con un puntaje total del 93%, destacan en aspectos clave como el manejo del peso del equipo, bajo costo, facilidad de instalación y accionamiento, todos esenciales para un sistema en un entorno sin electricidad. Aunque los tecles eléctricos tienen un buen desempeño en algunos aspectos, su dependencia de la energía las hace inapropiadas para este escenario. Las grúas neumáticas, aunque ofrecen ventajas en mantenimiento, presentan desventajas en maniobrabilidad, instalación y accionamiento, lo que las hace menos recomendables en comparación con las mecánicas. Por lo tanto, el teclé manual de cadena es la opción más eficiente y práctica para un sistema de elevación en un lugar sin acceso a energía eléctrica.

4.5. CARACTERÍSTICAS DE LA RUEDA HIDRÁULICA

Se consideró la rueda hidráulica de la tesis "Diseño e implementación de riobomba en el sector de Santa Lucía de Pusuchisi" de Escobar Anderson y Vega Edwin en donde seleccionaron una rueda hidráulica alimentada por debajo con las consideraciones mostradas en la tabla 4.3 para el Río Illuchi [6].

Tabla 4.3. Matriz para selección de rueda hidráulica [6].

Criterio	Tipos de ruedas por alimentación		
	Superior	Intermedia	Inferior
Geografía/ubicación del lugar	1	2	4
Eficiencia (Eff)	4	3	2
Costo de fabricación (menor)	2	2	5
Fácil fabricación	2	3	5
Facilidad/Instalación	3	3	3
Mantenimiento	2	3	2
Caudal necesario para funcionamiento	2	3	4
Resultado	16	19	25

El peso de la rueda hidráulica que fue construida es de 77,17 kg, cuenta con 8 alavés desmontables con un radio de 73 cm, como se puede ver en la figura 4.5, en las pruebas de campo realizadas en rueda hidráulica se determinó que la rueda hidráulica gira en promedio a 11 Rev/mim en el Río Illuchi [6].

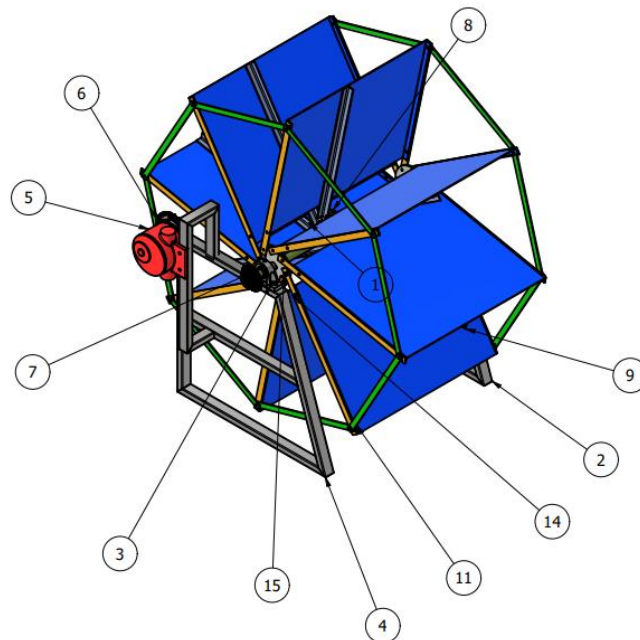


Figura 4.5 Rueda hidráulica [6].

4.6. CARACTERÍSTICAS DE BOMBA DE DIAFRAGMA

Se consideró el prototipo de bomba de diafragma de la tesis "Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas."

de Aguirre Stalin y Ríos Jonathan en donde se utiliza un mecanismo biela-manivela acoplado a una rueda hidráulica para accionar la bomba de diafragma [7].

En su análisis cinemático del pistón nos muestran la velocidad y aceleración del pistón a diferentes ángulos como se muestra en la figura 4.6.

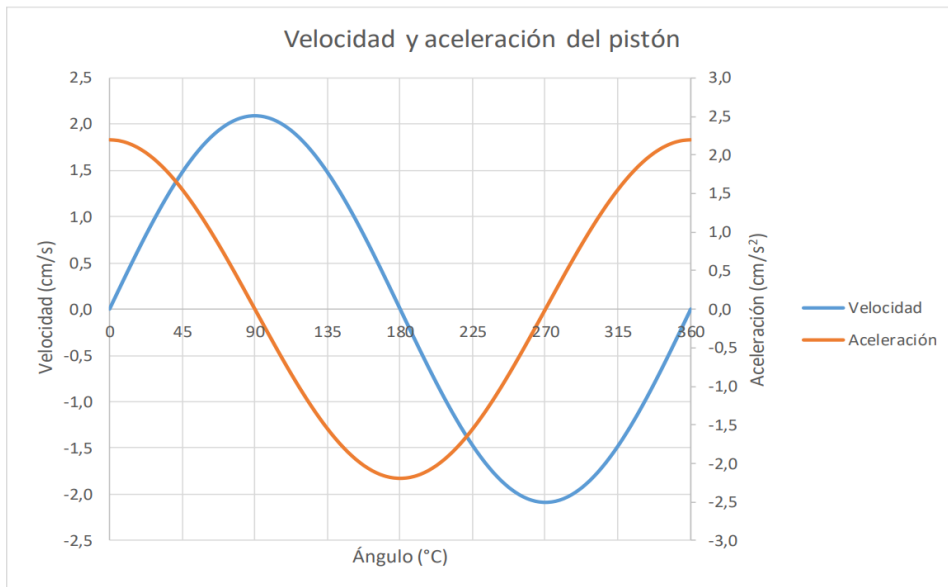


Figura 4.6. Velocidad y aceleración del pistón [7].

El mecanismo biela-manivela diseñado se representa en la figura 4.7.

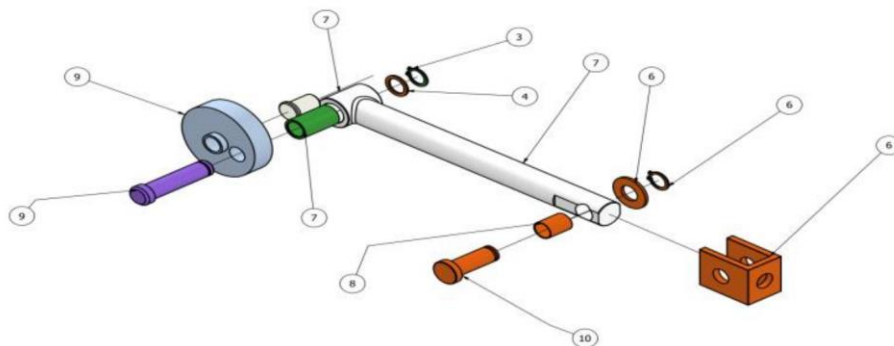


Figura 4.7. Diseño general del mecanismo Biela-Manivela [7].

Para la carcasa del prototipo se utilizó un pulmón de freno de simple efecto el cual reunió características similares al de una bomba de diafragma como se puede ver en la figura 4.8.



Figura 4.8. Pulmón de freno [7].

Estudios realizados en la tesis nos muestran la fuerza de oposición del diafragma en relación al desplazamiento como se puede ver en la figura 4.9.

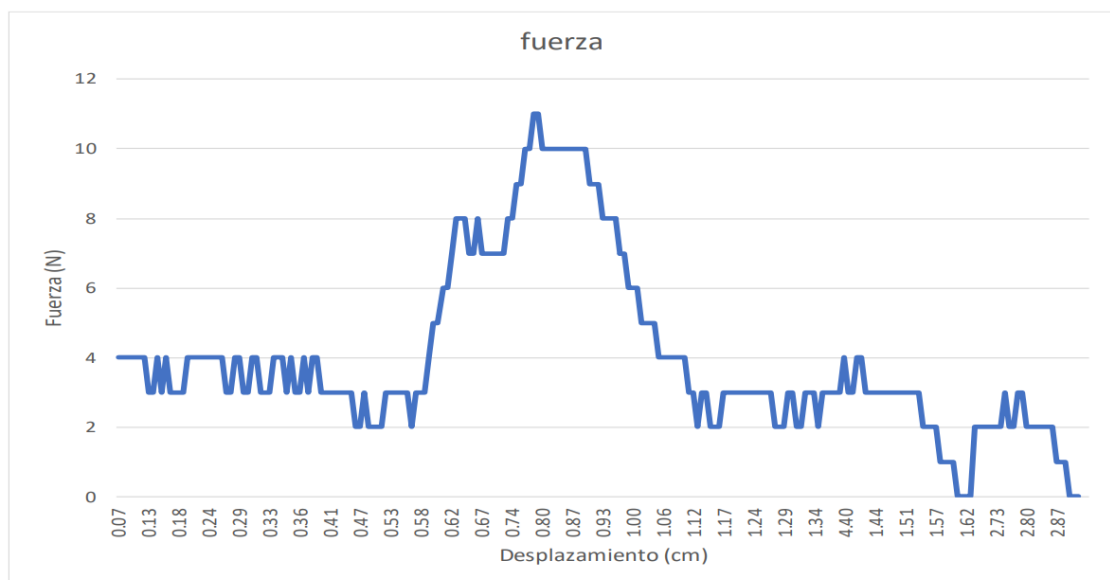


Figura 4.9. Gráfica del comportamiento del diafragma [7].

4.7. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

El caudal se puede determinar de fórmula básica conocida:

$$Q = Av = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

Donde:

Q = caudal, m^3/s

$A = \text{área, } m^2$

$v = \text{velocidad, } m/s$

$V = \text{volumen, } m^3$

$t = \text{tiempo, } s$

Para el cálculo del caudal para ríos o canales abiertos se debe calcular el área transversal y la velocidad media del río como se describe a continuación.

Área transversal del río

Para determinar el área de la sección transversal de un río es necesario dividir el ancho del río L (espejo de agua) en n partes, en donde la distancia mínima entre verticales L/n está determinada por la tabla 4.4 según lo dispuesto por el Proyecto Hidrometeorológico centroamericano.

Tabla 4.4. Distancia mínima entre verticales.

Unidad	m							
Ancho total mínimo del río	< 2	2-3	3-4	4-8	8-15	15-25	25-35	35-42
Distancia entre verticales	0,2	0,3	0,4	0,5	1	2	3	4

Al dividir el ancho del río en segmentos iguales y con las profundidades tomadas en cada vertical h_i se obtiene una serie de figuras geométricas de triángulos y trapecios como se muestra en la figura 4.10.

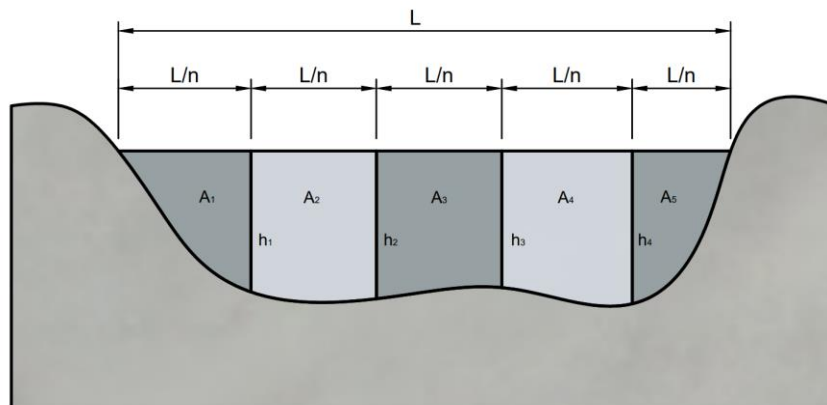


Figura 4.10. Sección transversal.

Las áreas que se encuentran al extremo del río toman una forma geométrica de un triángulo como las áreas A_1 y A_5 y lo podemos calcular con el área de un triángulo de la siguiente forma:

$$A_1 = \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_1}{2}\right) \quad (2.2)$$

Las áreas internas de río toman una forma geométrica de un trapecio como las áreas A_2 , A_3 y A_4 y lo podemos calcular con el área de un trapecio de la siguiente forma:

$$A_2 = \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_1+h_2}{2}\right) \quad (2.3)$$

El área de la sección transversal de un río está dada por:

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \quad (2.4)$$

Al sustituir cada área A_i con su respectiva fórmula matemática obtenemos:

$$A_t = \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_1}{2}\right) + \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_1+h_2}{2}\right) + \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_2+h_3}{2}\right) + \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_3+h_4}{2}\right) + \left(\frac{L}{n}\right) \left(\frac{h_4}{2}\right) \quad (2.5)$$

De su solución algebraica se obtiene:

$$A_t = \left(\frac{L}{n}\right) (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) \quad (2.6)$$

Finalmente, al generalizar fórmula (1.8) para todas profundidades tomadas en cada vertical h_i se optime:

$$A_t = \frac{L}{n} \sum_{i=1}^{n-1} d_i \quad (2.7)$$

Donde:

A_t = área de la sección transversal, m^2

L = ancho del río, m

n = número de segmentos divididos del ancho del río, adimensional

h_i = profundidad de cada vertical, m

i = índice de números de tirantes, adimensional

4.8. VELOCIDAD SUPERFICIAL MÉTODO DEL FLOTADOR

El método utilizado es recomendable cuando no se tiene equipos especializados en el aforo de caudales de ríos como el molinete o el río pueda causar daños al mismo equipo de medición y representar un riesgo para el investigador.

Para poder medir la velocidad superficial v_s en cauces o ríos naturales pequeños es importante determinar un tramo recto del río a aforar, de una distancia ente 5 a 10 m. El flotador puede ser la rama de cualquier árbol, pero la recomendación de utilizar una botella la cual estará

llenada 3/4 partes de agua y deberá estar completamente sellada continuando con el aforo se deberá dejar caer el flotador previamente elaborado al inicio del tramo o punto A situado en el centro del río y se toma el tiempo inicial t_1 , al pasar el flotador por el final del tramo o punto B se toma el tiempo final t_2 [21].

El cálculo de la velocidad superficial esta dado por:

$$v_s = \frac{d}{t} \quad (3.1)$$

Donde:

v_s = velocidad superficial, m/s

d = distancia recorrida por el flotador, m

t = tiempo, s

4.9. VELOCIDAD MEDIA

La relación ente la velocidad media v_m y la velocidad superficial v_s esta dada por:

$$v_m = K v_s \quad (3.2)$$

Donde

v_m = velocidad media, m/s

K = coeficiente de corrección, adimensional

v_s = velocidad superficial, m/s

El coeficiente K varía entre 0.8 a 0.96 según dispuesto en el Primer Seminario Latinoamericano Distribución de Velocidades en los Ríos de la zona Central de Chile.

Este coeficiente se basa en la distribución normal de la velocidad con la profundidad en donde la velocidad media se encuentra a una profundidad h de $0.6 h$ como se indica en la figura 4.11.

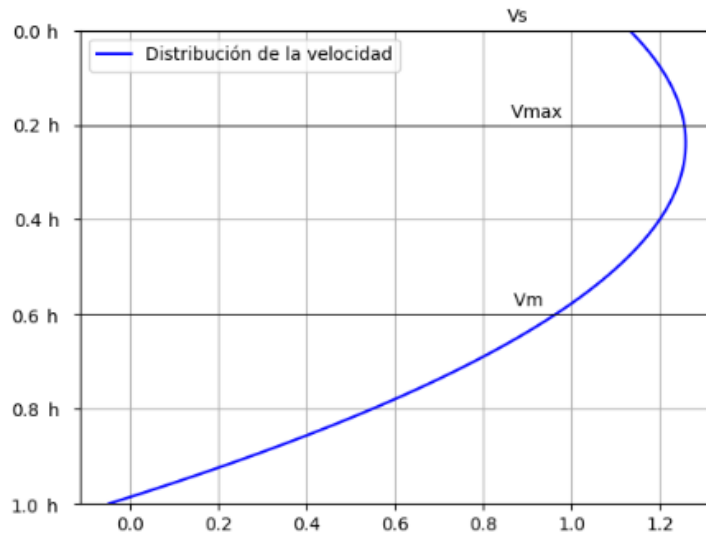


Figura 4.11. Distribución normal de la velocidad.

4.10. VELOCIDAD FÓRMULA DE MANNING

La ecuación de Manning es utilizada para calcular la velocidad del flujo en canales abiertos pudiendo aplicarse a causas naturales.

El radio hidráulico está dado por:

$$R = \frac{A_t}{P} \quad (3.3)$$

Donde:

R = radio hidráulico, m/s

A_t = área de la sección transversal, m^2

P = perímetro mojado, m

La fórmula de Manning está dado por:

$$v_m = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (3.4)$$

Donde:

v_m = velocidad media, m/s

S = pendiente del río, adimensional

R = radio hidráulico, m

n = coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional

Los resultados del artículo Sensibilidad del coeficiente de Manning en la estimación de los niveles de crecida para el mapeo de inundaciones en un río de la región interandina de Ecuador indican que el valor medio de Manning recomendado en la literatura es confiable para estimar mapas de peligro de inundación en ríos de montaña de la región interandina [22].

El coeficiente de rugosidad de Manning es un dato muy importante para poder determinar la velocidad de canales abiertos o naturales este coeficiente se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Coeficiente de Manning Límites superiores e inferiores y valores calibrados [22].

Rugosidad	Coeficiente de Manning		
	Valor inferior	Valor superior	Valor calibrado
Pasto	0,025	0,035	0,03
Cultivos	0,025	0,045	0,035
Matorral	0,07	0,16	0,1
Bosque	0,08	0,12	0,1
Suelo desnudo	0,02	0,04	0,03
Impermeable (pavimentado)	0,012	0,014	0,013
Cauce principal	0,03	0,05	0,035

La tabla 4.4 muestra los valores de variación en el coeficiente de Manning para los diferentes tipos de rugosidad enfocándonos en el coeficiente de rugosidad en canales principales de acuerdo con Chow en 1959 y los coeficientes de Manning calibrados en el estudio realizado por la SENAGUA [22].

4.11. ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO

El caudal está relacionado con el área de la sección transversal y la velocidad media siendo la cantidad de agua que pasa por la sección transversal en un tiempo determinado.

La fórmula para calcular el caudal está dado por:

$$Q_r = A_t v_m \quad (3.5)$$

Donde:

Q = caudal del río, m^3/s

A_t = área de la sección transversal, m^2

v_m = velocidad media, m/s

4.12. FUERZA DE LA CORRIENTE DEL AGUA CANALES ABIERTOS

A partir de la segunda ley de Newton aplicada a fluidos tenemos la siguiente fórmula:

$$F = \rho Q_r v_m \quad (3.6)$$

Donde:

F = fuerza de la corriente, N

ρ = densidad del Agua, kg/m^3

Q_r = caudal del río, m^3/s

v_m = velocidad media, m/s

4.13. FUERZA EJERCIDA POR EL AGUA SOBRE LAS PALETAS

La fuerza que se puede aprovechar de la corriente de un río está limitada por el agua que golpea en las paletas para accionar la rueda hidráulica. En consecuencia, la fuerza captada por las paletas depende de la profundidad en que se encuentren sumergidas.

Partiendo la fórmula (3.6) podemos llegar a la siguiente expresión:

$$F_p = \rho A v_m^2 \quad (3.7)$$

Donde:

F_p = fuerza ejercida en la paleta, N

ρ = densidad del Agua, kg/m^3

A = Área de la paleta sumergida, m^2

v_m = velocidad media, m/s

4.14. POTENCIA TEÓRICA RUEDA HIDRÁULICA

Para poder determinar la potencia generada por la rueda hidráulica partimos de la siguiente fórmula:

$$P = \frac{E}{t} = \frac{W}{t} = \frac{FD}{t} \quad (4.1)$$

Donde:

P = potencia, W

E = energía, J

W = trabajo, J

F = fuerza, N

D = Desplazamiento, m

t = tiempo, s

Dado que la rueda hidráulica se encuentra en una sección recta de un río no se tiene saltos de agua por lo tanto energía potencial lo tomaremos como despreciable por lo tanto la rueda hidráulica aprovecha principalmente la energía cinética del río.

La fórmula de la energía cinética está dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.2)$$

Reemplazando en la en fórmula (4.2) tenemos:

$$P = \frac{1}{2} \frac{mv^2}{t} \quad (4.3)$$

Al deducir la fórmula (4.3) con la Fuerza ejercida por el agua sobre las paletas tenemos:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v_m^3 \quad (4.4)$$

Donde:

P = potencia teórica, W

ρ = densidad del Agua, kg/m^3

A = Área de la paleta sumergida, m^2

v_m = velocidad media, m/s

4.15. POTENCIA REAL DE LA RUEDA HIDRÁULICA

Según el artículo en ingles *Performance Evaluation of an Undershot Water Wheel Turbine Using CFD* los resultados en su investigación se estimó que la eficiencia promedio de la rueda hidráulica era 34% [23].

Dicho esto, la potencia real de la rueda hidráulica esa dada por:

$$P_{re} = \eta P \quad (4.5)$$

Donde:

P_{re} = potencia real, W

η = eficiencia, adimensional

P = potencia teórica, W

4.16. TORQUE DE LA RUEDA HIDRÁULICA

Podemos calcular el torque generado por la rueda hidráulica τ a partir de la potencia real de la rueda hidráulica P_{re} y la velocidad angular ω con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{P_{re}}{\omega} \quad (4.6)$$

Donde:

τ = torque, Nm

P_{re} = potencia real, W

ω = velocidad angular, rad/s

4.17. CAUDAL VOLUMÉTRICO POR LA BOMBA DE DIAFRAGMA

El caudal volumétrico teórico de la bomba de diafragma esta dado por:

$$Q_T = 2V_d n \quad (4.7)$$

Donde:

Q_T = caudal volumétrico de la bomba de diafragma, m^3/s

n = número de ciclos por segundo, $Hz, \frac{1}{s}$

V_d = volumen desplazado, m^3

Los pulmones de frenos son identificados según el área ocupada por la cámara de freno y los números impresos en el pulmón de freno especifican el área efectiva del diafragma A_{Ef} por ejemplo al tener un pulmón de freno tipo 30 nos especifica que tenemos 30 pulgadas cuadradas de área efectiva para los cálculos trasformaremos esta área al SI.

El volumen desplazado por el conjunto de doble diafragma esta dado por:

$$V_d = A_{Ef} d \quad (4.8)$$

Donde:

V_d = volumen desplazado, m^3

A_{Ef} = área efectiva del diafragma, m^2

d = desplazamiento del diafragma, m

Rendimiento volumétrico

$$\eta = \frac{Q_{real}}{Q_T}$$

Donde:

η = rendimiento volumétrico, adimensional

Q_{real} = caudal real tomado en pruebas de campo, m^3/s

Q_T = caudal teórico, m^3/s

4.18. POTENCIA HIDRÁULICA BOBA DE DIAFRAGMA**Determinación de la resistencia en la tubería [24].**

$$R = \left(\sum \xi + \frac{\lambda L}{D} \right) \frac{8}{g\pi^2 D^4} \quad (5.2)$$

Donde:

R = resistencia en la tubería.

$\sum \xi$ = sumatoria de las pérdidas de descarga, adimensional

L = longitud de descarga, m

D = diámetro de la tubería de descarga, m

λ = coeficiente de fricción, adimensional

g = gravedad, m/s^2

Determinación la altura

$$H = \Delta z + RQ^2 \quad (5.1)$$

Donde:

Δz = altura, m

R = resistencia en la tubería.

Q = caudal volumétrico de la bomba de diafragma, m^3/s

La potencia hidráulica de la bomba de diafragma [25].

$$P_H = \rho g Q_d \Delta z \quad (5.3)$$

Donde:

P_H = potencia hidráulica, W

g = gravedad, m/s^2

ρ = densidad del Agua, kg/m^3

Q_d = caudal volumétrico de la bomba de diafragma, m^3/s

Δz = altura, m

4.19. EFICIENCIA DE LA BOMBA

La eficiencia del conjunto de bombas de diafragma lo podemos calcular con la relación entre la potencia hidráulica en la salida y la potencia mecánica en la entrada con la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{P_H}{P_M} \quad (5.4)$$

η = Eficiencia de la bomba, adimensional

P_H = potencia hidráulica, W

P_M = potencia mecánica, W

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LA VIGA CUADRADA

Como primer paso se elabora el diagrama de cuerpo libre en donde se especificarán las cargas que soportará la viga mostrada en a la figura 5.1.

Peso de la Guías 1 a 2,24 m $\rightarrow 17 \text{ kgf}$

Peso del mecanismo a 3,09m $\rightarrow 144 \text{ kgf}$

Peso de la Guías 2 a 3,95m $\rightarrow 17 \text{ kgf}$

Peso de la viga a 4,5 m $\rightarrow 105 \text{ kgf}$

Al sumar los momentos tomado como referencia el punto A determinamos la reacción en R_F , .

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &= 17(2,24) + 144(3,09) + 17(3,95) + 105(4,5) - R_F(9) \\ R_F &= \frac{[17(2,24) + 144(3,09) + 17(3,95) + 105(4,5)]kgfm}{9m} = 113,63 \text{ kgf} \end{aligned}$$

De la misma manera al sumar los momentos tomado como referencia el punto F determinamos la reacción en R_A , .

$$\sum M_F = 0 = 105(4.5) + 17(5,05) + 144(5,91) + 17(6,76) - R_A(9)$$

$$R_A = \frac{[105(4.5) + 17(5,05) + 144(5,91) + 17(6,76)]kgfm}{9m} = 169,37 kgf$$

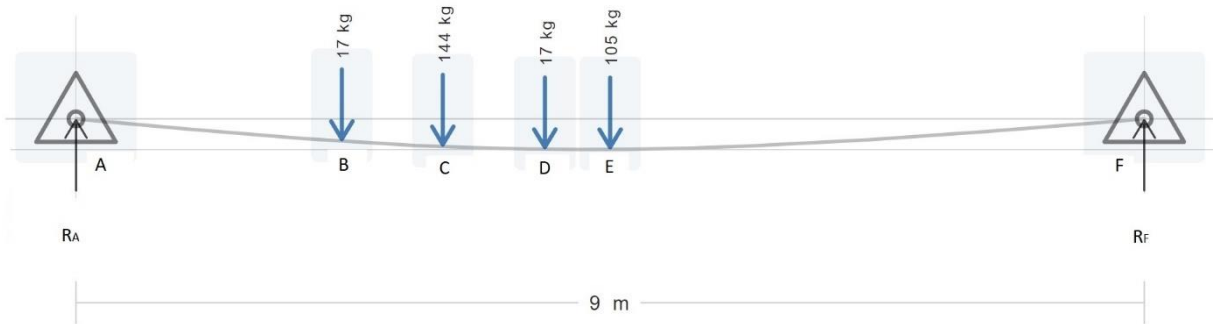


Figura 5.1. Diagrama de cuerpo libre.

El diagrama de cuerpo libre muestra una viga cuadrada simplemente apoyada en los puntos A, B, C, D, E y F, con una longitud de 9 metros. Se aplican cuatro cargas puntuales: 17 kg en el punto B y D, 144 kg en el punto C y 105 kg en el punto E, esta última carga representa el peso de la viga. Las reacciones en los apoyos \$R_A\$ es de 169,37 kgf y \$R_F\$ es de 113,63 kgf equilibran el sistema, generando fuerzas verticales en los extremos de la viga.

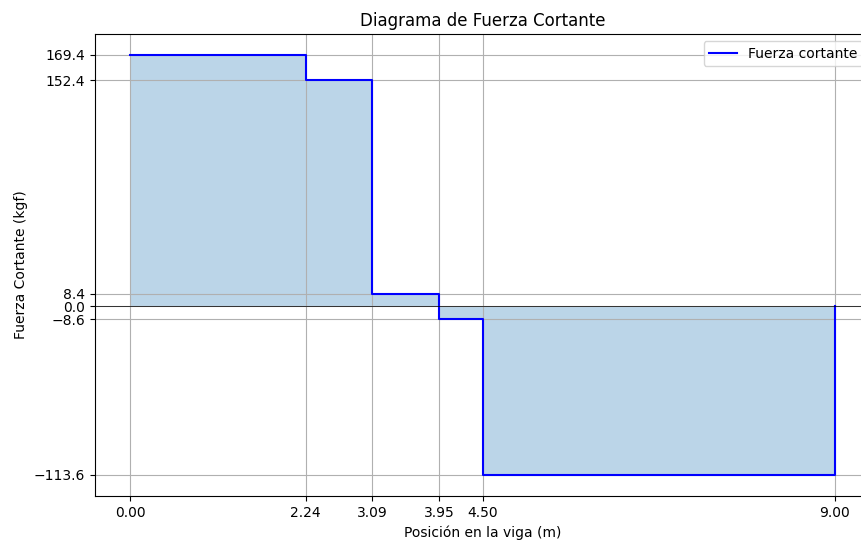


Figura 5.2. Diagrama de fuerza cortante.

En la figura 5.2 se muestra el diagrama de fuerza cortante realizado muestra las fuerzas que varían a lo largo de la viga. Inicia con una fuerza positiva de 169.37 kgf en el punto A y disminuye en cada punto según la carga aplicada.

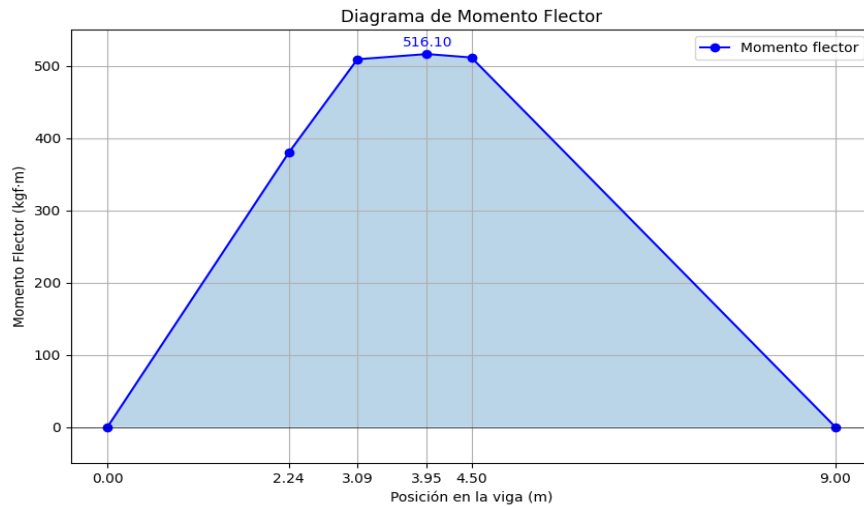


Figura 5.3. Diafragma de momento flector.

El la figura 5.3 se muestra el diagrama de momento flector comienza con cero puesto que está apoyada en el punto A y aumenta gradualmente hasta alcanzar el momento flector máximo de 516,10 kgfm entre los puntos C y D.

El esfuerzo a flexión se calcula con la fórmula (1.1) con el momento flector máximo de 516,10 kgfm previamente calculado y el dato de momento de inercia para la viga cuadrada de 100x100x4 se muestra en al ANEXO C es de 226.46 cm⁴ y distancia del eje centroidal a la superficie externa de la sección de interés es de 50 mm.

$$\sigma_f = \frac{516.10 \text{ kgfm}(50 \text{ mm})}{226.46 \text{ cm}^4} \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} \frac{1 \text{ cm}^4}{(10 \text{ mm})^4} \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ m}}$$

$$\sigma_f = 111.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 111.78 \text{ MPa}$$

Para los cálculos del factor de seguridad en la viga cuadrada tomamos el esfuerzo máximo del acero ASTM A36 especificado en el ANEXO G siendo 400 MPa y al utilizando la fórmula (1.2) tenemos:

$$f_s = \frac{400 \text{ MPa}}{111.78 \text{ MPa}} = 3.58$$

5.2. CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA DE APOYO

La columna de apoyo tendrá que soportar una fuerza $R_F = 113,63 \text{ kgf}$ con el área de la sección transversal la viga cuadrada de 100x100x4 especificado en el ANEXO C siendo 14,95 cm².

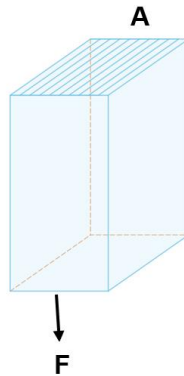


Figura 5.4. Diagrama de cuerpo libre de la columna de apoyo.

Utilizando la fórmula (1.3) tenemos:

$$\sigma_n = \frac{113,63 \text{ kgf} \cdot 9,81 \text{ N}}{14,95 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ kgf}} \frac{1 \text{ cm}^2}{(10 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_n = 7,4562 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 7,4562 \text{ MPa}$$

Para los cálculos del factor de seguridad en la columna de apoyo tomamos el esfuerzo máximo del acero ASTM A36 especificado en el ANEXO G siendo 400 MPa y al utilizando la fórmula (1.4) tenemos:

$$f_s = \frac{248 \text{ MPa}}{7,4562 \text{ MPa}} = 33,26$$

5.3. CONTUSIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA

Al iniciar la construcción de sistema de bombeo primero se implementó una bomba de diafragma adicional en la rueda hidráulica para poder duplicar el caudal de agua. Las modificaciones mostradas en la figura 5.5 son las siguientes reducciones de ancho de las paletas en 10 cm y un acople donde irá la biela-manivela para accionar la nueva bomba de diafragma.

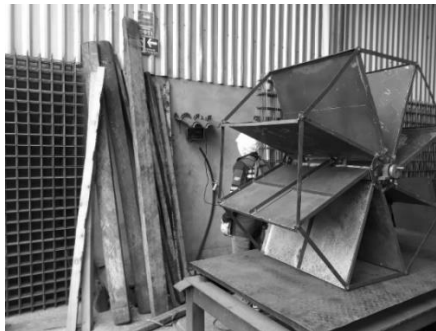


Figura 5.5 Rueda hidráulica modificada

Una vez terminado la construcción de la estructura del sistema del riobomba se instala los accesorios de succión y descarga a las bombas de diafragma como se muestra en la figura 5.6.



Figura 5.6, Bombas de diafragma y accesorio ensamblados en la rueda hidráulica.

Finalmente, al ensamblar todos los componentes del mecanismo se debe asegurar de que todos los componentes estén correctamente alineados. Los planos de diseño es una guía detallada de todos los componentes y cada pieza o elemento debe ir ensamblada de acuerdo a los planos de diseño en la figura 5.7 se muestra el sistema totalmente construido.



Figura 5.7. Sistema de bombeo mediante riobomba.

5.4. SIMULACIÓN CON EL USO DEL SOFTWARE AUTODESK FUSION 360.

5.4.1. Soporte horizontal de la riobomba Acero ASTM A36

Factor de seguridad

Como se observa en la siguiente figura, su FDS mínimo es de 4,27 y el análisis estático de la tubería estructural cuadrada interpreta que el diseño no se va a deformar exageradamente o se llegue a romper, esto gracias a sus propiedades constructivas con la cual fue fabricada esta tubería cuadrada.



Figura 5.8. Factor de Seguridad del soporte horizontal cuadrado.

Tensión de Von Mises

El soporte horizontal cuadrado estará sometido a una carga puntual de 1912,95 N que estará concentrada al lado del punto centro del soporte horizontal cuadrado. Este es un tubo estructural cuadrado de acero ASTM A36. En la siguiente figura se muestra que el soporte horizontal cuadrado será imperceptible a las vibraciones y a los esfuerzos.

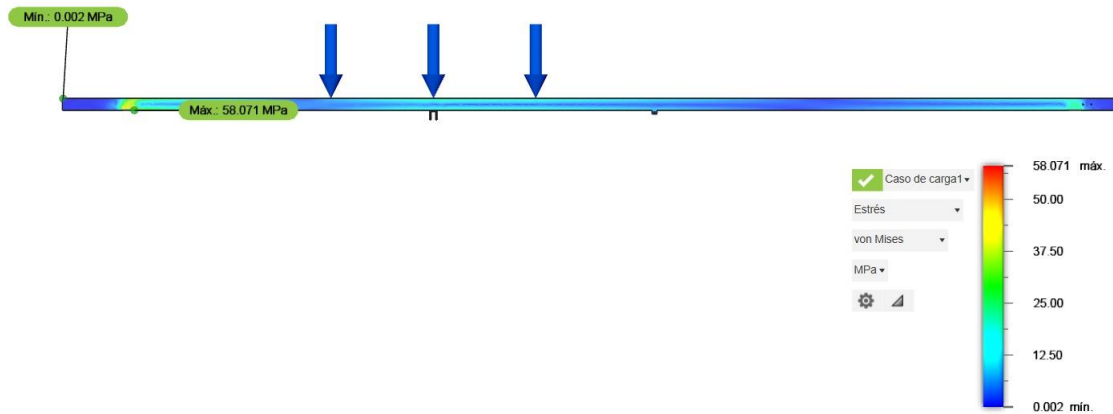


Figura 5.9. Tensión de Von Mises del soporte horizontal de la riobomba.

Desplazamiento

Una vez realizado el análisis al lado del centro de la viga estructural cuadrada, en el software nos detalla que el desplazamiento máximo va ser de 6.908 mm que es un resultado significativo y adecuado para soportar todo el sistema de la riobomba.

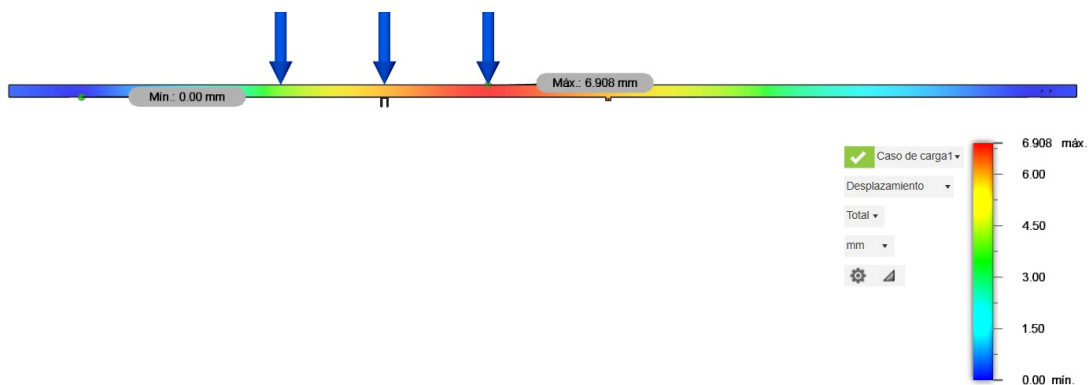


Figura 5.10. Desplazamiento del soporte horizontal mediante cargas puntuales.

Fuerza de reacción

Como se evidencia en la siguiente figura, el análisis arrojado por el software de Fusion 360, da como resultado máximo de 3832.266 N de reacción que se va ejercer en los soportes de la viga estructural cuadrada.

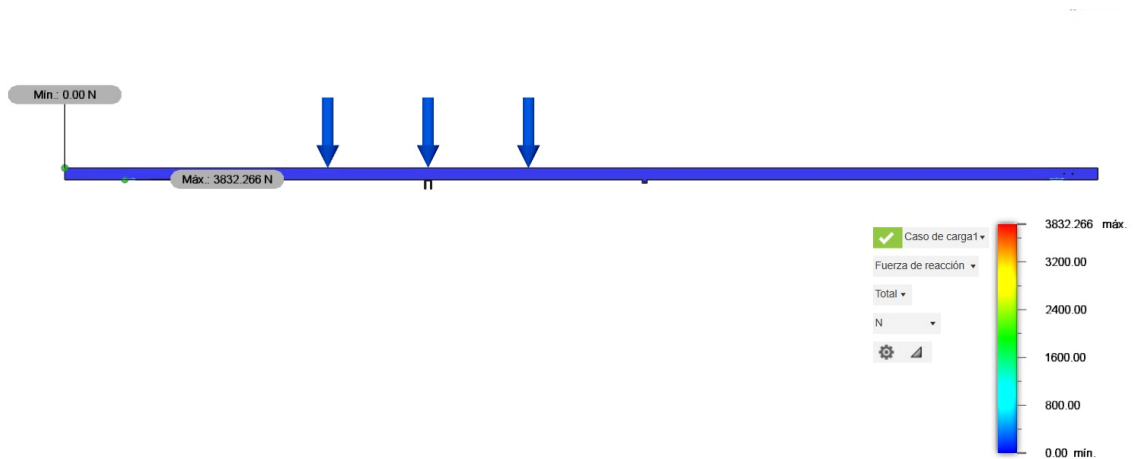


Figura 5.11. Fuerza de reacción.

Deformación

Con respecto al análisis de la deformación del soporte horizontal cuadrado, es un resultado adecuado que no va a interferir de mucho en el funcionamiento, ya que el sistema de elevación de la riobomba va a estar estable y funcional por la mínima deformación que se va a presentar en el soporte como se observa en la siguiente figura.

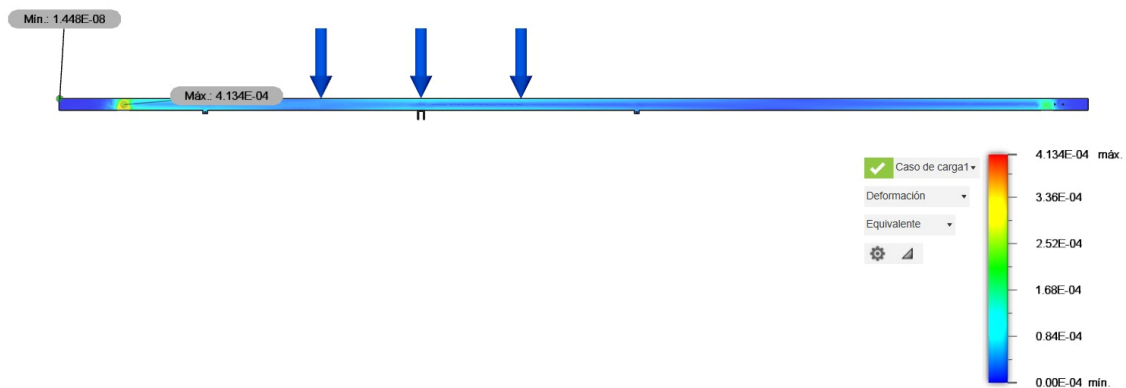


Figura 5.12. Deformación del soporte horizontal cuadrado.

5.4.2. Soporte vertical de la riobomba Acero ASTM A36

Pandeo

En el análisis de pandeo estructural con respecto a la columna de soporte vertical, el resultado arrojado por el software Fusion 360 es considerable para la estructura de la riobomba, ya que el primer modo de pandeo se va a encontrar a 407.713 veces la carga en Newtons que se marcó para realizar el estudio de pandeo como se observa en la figura.

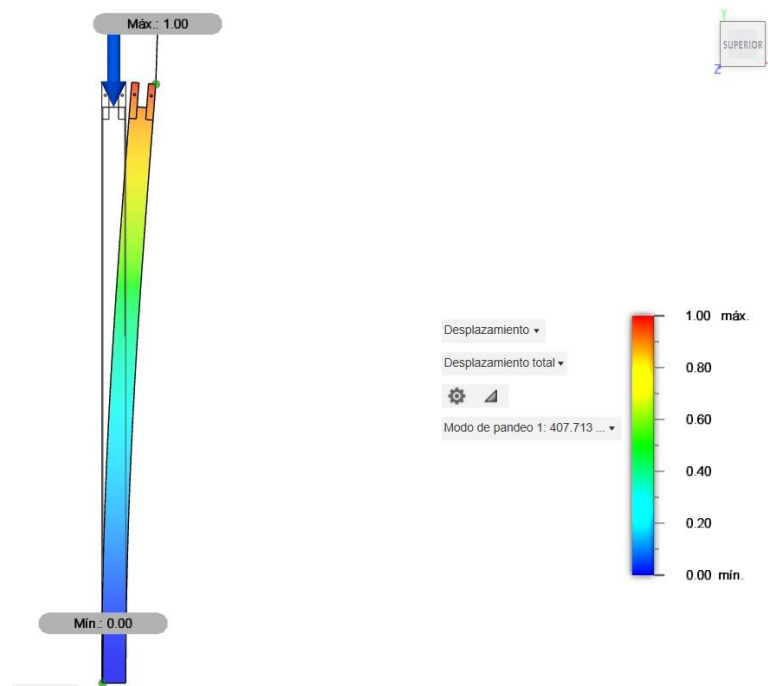


Figura 5.13. Análisis de Pandeo del soporte vertical de la estructura.

5.5. ÁREA TRASVERSAL DEL RÍO ILLUCHI

Con los datos tomados en campo se pudo determinar el área transversal del río Illuchi como se muestra en la figura 5.15.

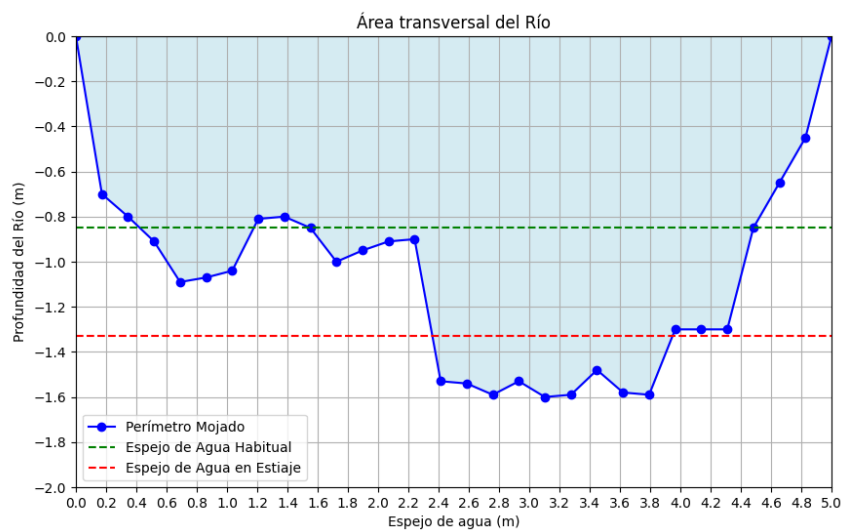


Figura 5.14. Área transversal el Río Illuchi.

En la figura 5.9 podemos observar que el ancho del río es de 5 m la cual está dividida en 29 secciones la distancia entre cada vertical es de 0.17 m, las profundidades tomadas en cada vertical se detalla en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Profundidades tomadas en cada vertical

Vertical	Profundidades (m)	Vertical	Profundidades (m)
1	0	16	1,54
2	0,7	17	1,59
3	0,8	18	1,53
4	0,91	19	1,6
5	1,09	20	1,59
6	1,07	21	1,48
7	1,04	22	1,58
8	0,81	23	1,59
9	0,8	24	1,3
10	0,85	25	1,3
11	1	26	1,3
12	0,95	27	0,85
13	0,91	28	0,65
14	0,9	29	0,45
15	1,53	30	0

Utilizando la fórmula (3.7) podemos calcular el área de la sección transversal cuando el espejo de agua se encuentra a diferente altura como se muestra en la figura 5.8.

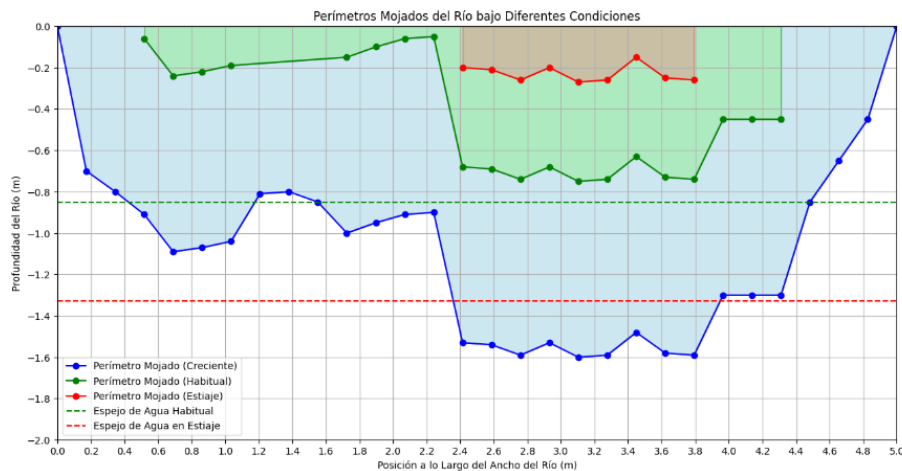


Figura 5.15 Área transversal el Río Illuchi a diferente caudal

La tabla 5.2 muestra el área transversal y su perímetro mojado a diferentes condiciones del Río Illuchi.

Tabla 5.2 Áreas y perímetros mojados a diferentes condiciones.

Condición	Área (m ²)	Perímetro Mojado (m)
Creciente	5.47	32.46
Habitual	1.55	9.82
Estiaje	0.33	2.59

La tabla 5.2 presenta el área transversal del río a diferentes condiciones en creciente, habitual y estiaje, con sus respectivas áreas y perímetros mojados. En la condición de creciente representando un espejo de agua máximo, el área es de 5.47 m² y el perímetro mojado es de 32.46 m. La condición habitual, representa el estado en el cual se encuentra el río la mayor parte de su tiempo el área es de 1.55 m² y el perímetro mojado es de 9.82 m. Finalmente, en la condición de Estiaje, el área se reduce a 0.33 m² y el perímetro mojado a 2.59 m, representando el flujo mínimo durante períodos de sequía.

5.6. CÁLCULO VELOCIDAD FÓRMULA DE MANNING

La pendiente del Río Illuchi es un dato muy importante para calcular la velocidad del río mediante el método de Manning se lo determinó con la herramienta Google Earth. La pendiente que se determinó qué tiene el río y luchi según Google Earth nos da 3.1% cómo se puede observar en la figura 5.9.

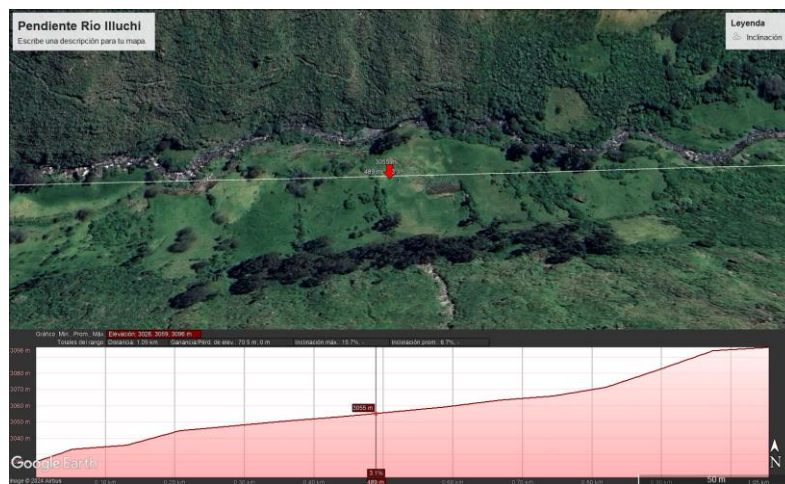


Figura 5.16 Pendiente Río Illuchi

En la tabla 5.2 se muestra los resultados de los cálculos realizados para velocidad Manning fórmula (3.4), velocidad superficial fórmula (3.1) y la velocidad media fórmula (3.2) calculados a diferentes condiciones.

Tabla 5.3 Velocidades del río a diferentes condiciones

Condición	Velocidad de Manning (m/s)	Velocidad Superficial (m/s)	Velocidad Media (m/s)
Creciente	0,72	1	0,8
Habitual	0,69	0,8	0,64
Estiaje	0,58	0,71	0,56

De la misma forma en la tabla 5.4 se presentan los resultados de los cálculos del caudal fórmula (3.5), y fuerza fórmula (3.6) del Río Illuchi en diferentes condiciones.

Tabla 5.4 Caudal y fuerza del Río Illuchi en diferentes condiciones método Manning

Condición	Área (m ²)	Velocidad de Manning (m/s)	Caudal con Velocidad de Manning (m ³ /s)	Fuerza (N)
Creciente	5,47	0,72	3,94	2836,8
Habitual	1,55	0,69	1,07	738,3
Estiaje	0,33	0,58	0,19	110,2

Tomado en cuenta el caudal del río con la velocidad Manning la tabla 5.4 presenta la fuerza proporcionada por el río a diferentes condiciones. Se debe centrar en la condición habitual porque esta será la condición en la que la riobomba estará trabajando la mayor parte del tiempo.

Tomando en cuenta la velocidad media de Manning determinaremos la fuerza ejercida del río en las paletas de la rueda hidráulica fórmula (3.7), adicionalmente se calculará el torque fórmula (4.5) y la potencia real fórmula (4.1) qué tendrá la rueda hidráulica los resultados se muestran en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Resultados de la fuerza potencia torque en función del área.

Área (m ²)	Velocidad (m/s)	Fuerza (N)	Potencia Real (W)	Torque (Nm)
0,08	0,69	38,09	12,41	9,12
0,12	0,69	57,14	18,62	13,68
0,16	0,69	76,18	24,83	18,24
0,2	0,69	95,22	31,03	22,8
0,24	0,69	114,26	37,24	27,36
0,28	0,69	133,31	43,45	31,92
0,32	0,69	152,35	49,66	36,48
0,36	0,69	171,4	55,87	41,04
0,4	0,69	190,44	62,08	45,6
0,44	0,69	209,48	68,29	50,16
0,48	0,69	228,53	74,49	54,72
0,52	0,69	247,57	80,7	59,28

Al graficar los resultados obtenidos en la tabla 5.5 podemos visualizar el comportamiento que tienen la fuerza la potencia y el torque en función del área sumergida de las paletas.

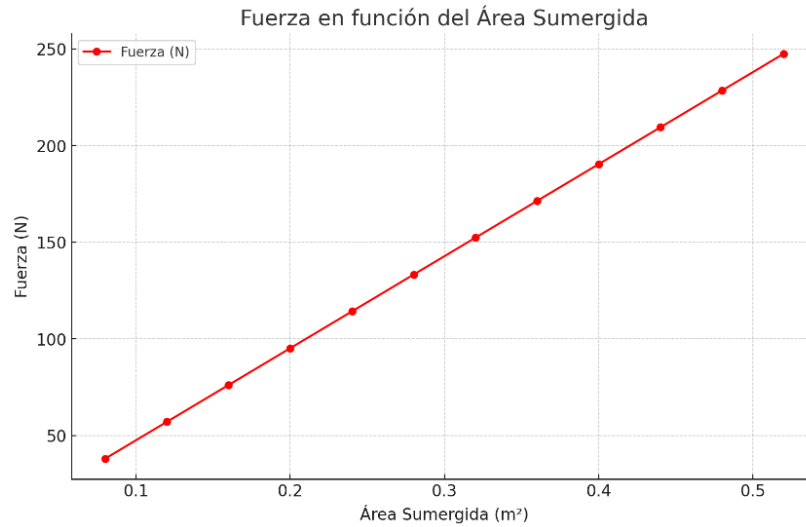


Figura 5.17. Comportamiento de la fuerza.

La gráfica de la fuerza en función del área sumergida muestra una relación directamente proporcional, donde la fuerza aumenta de manera lineal conforme incrementa el área.

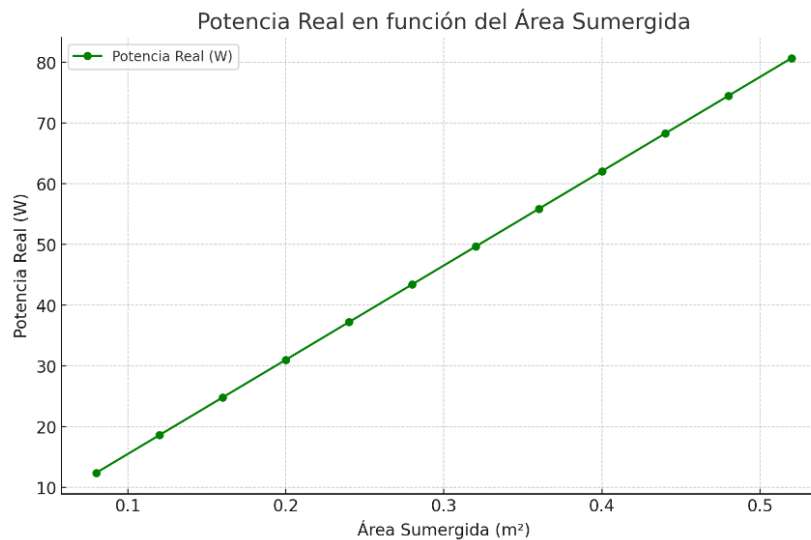


Figura 5.18. Comportamiento de la potencia

La gráfica de la potencia real en función del área sumergida muestra una relación creciente, donde la potencia aumenta de manera constante a medida que se incrementa el área sumergida de las paletas.

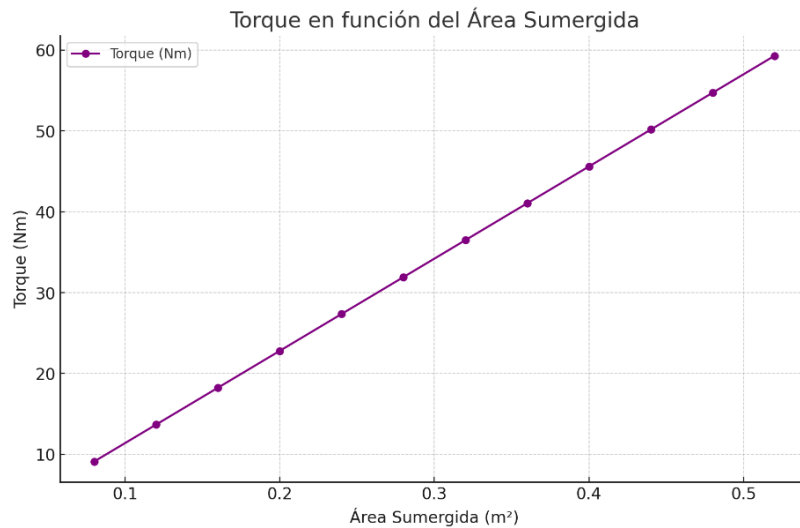


Figura 5.19. comportamiento del torque.

La gráfica del torque en función del área sumergida muestra una relación directamente proporcional, donde el torque aumenta de manera constante conforme se incrementa el área sumergida.

5.6.1. Cálculos del caudal volumétrico tercio de la bomba de diafragma

Siendo el área efectiva del pulmón de freno de 30 in^2 y el desplazamiento de la embrama de 2.87 cm el volumen desplazado según la fórmula 5.2 es:

$$V_d = 30 \text{ in}^2 \frac{(2,54 \text{ cm})^2}{\text{in}^2} 2,87 \text{ cm} = 555,48 \text{ cm}^3$$

Tomando en cuenta que la rueda hidráulica gira 10 rev/mim utilizando la fórmula 5.1 tenemos que el caudal teórico es:

$$Q_d = 2(555,48 \text{ cm}^3) \frac{10 \text{ rev}}{\text{mim}} = 11109 \frac{\text{cm}^3}{\text{mim}} = 11,1 \frac{\text{L}}{\text{mim}}$$

Rendimiento volumétrico

Con pruebas de campo realizados en el sistema de bombeo temeos que cuando la rueda hidráulica gira a 10 rev/mim llena un balde de 20 litros en un tiempo de $3,2 \text{ mim}$ temiendo un caudal de $6,25 \text{ L/mim}$.

Utilizando la fórmula (5.4) tenemos

$$\eta = \frac{6,25 \text{ L/mim}}{11,1 \text{ L/mim}} = 0,56$$

Al ajustar la fórmula del caudal teórico con el rendimiento volumétrico podemos graficar el caudal en función de los números de revoluciones.

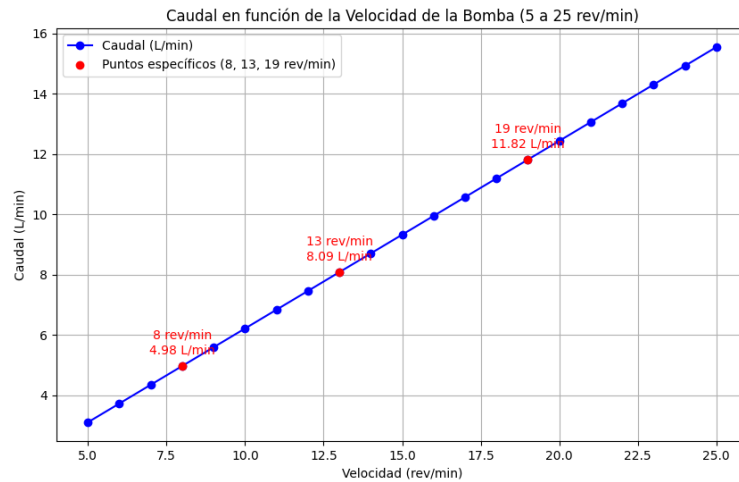


Figura 5.20. Caudal en función de las rev/mim.

En la figura 5.15 obtenemos el caudal del conjunto de bombas de diafragma en puntos específicos cuando el río está en estiaje el caudal es de 4,96 L/mim, en condiciones habituales del río el caudal es 8,09 L/mim y en crecientes cuando la rueda hidráulica gira a 19 rev/ mim obtenemos el caudal de 11,82 L/mim.

Potencia hidráulica boba de diafragma

Tomando en cuenta la velocidad habitual en el que se encontrará la rueda hidráulica siendo 13 revoluciones por minuto podemos determinar el comportamiento de la potencia de la bomba de diafragma fórmula (5.2) en función de su altura mostrados en la figura 5.11.

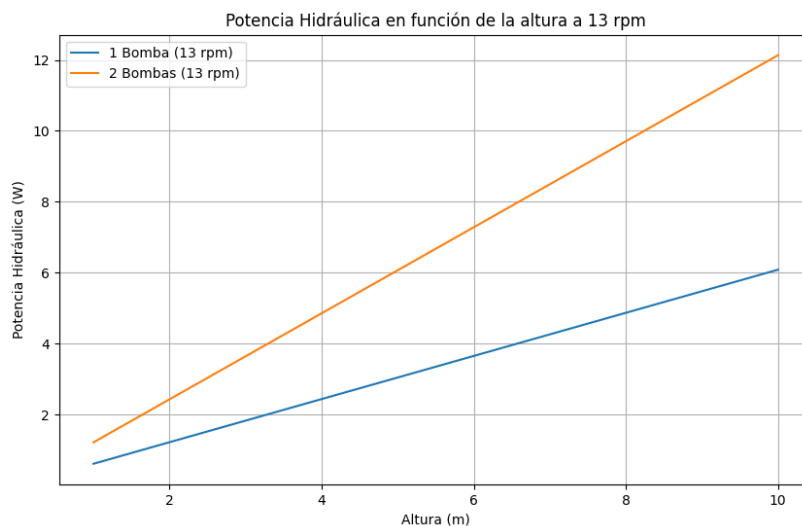


Figura 5.21 Comportamiento de la potencia en función de la altura.

La figura 5.16 se muestra una gráfica que compara la potencia hidráulica en función de la altura cuando se tiene una bomba y dos bombas de diafragma, ambas operando a 13 revoluciones por minuto (rpm). Al ser una bomba volumétrica cuando se tiene dos bombas la potencia se duplica permitiendo alcanzar alturas mayores o mover más fluido a la misma altura.

5.7. ANÁLISIS ECONÓMICO

Material para la construcción de la estructura de elevación y para todo el conglomerado del sistema de la riobomba.

Tabla 5.6 : Análisis económico de la construcción de la estructura y el sistema de la riobomba.

Material	Cantidad	Precio
Tubo estructural cuadrado LC 100x4	2	\$180,00
Tubo estructural cuadrado LC 80x2	1	\$32,00
Tubo estructural cuadrado LC 70x1.5	2	\$42,00
Tubo rectangular LC 25x50x2	1/2	\$7,00
Tubo rectangular LC 25x50x1.40	2	\$21,00
Ángulo de 40x4	1/2	\$7,15
Pulmón de freno	1	\$25,00
Galón de pintura esmalte verde mar	1	\$12,00
Funda de electrodo E6011 soldex	1	\$17,00
Litro de tiner	5	\$8,50
Plancha de tol galvanizado	1	\$21,50
Platina 1"x1/4	1	\$10,60
Ángulo 1"x3/16	1/2	\$6,50
Litro de bate piedra	2	\$10,00
Broca para hierro Irwin de 5/16	1	\$4,10
Broca para hierro Irwin de 1/2	1	\$11,30
Tubo redondo LC 1"x1.5	2	\$11,60
Ángulo de 20x2	1	\$4,50
Litro de pintura esmalte verde mar	1	\$4,00
Caja de autoperforantes 3/4	1	\$3,50
Litro desoxidante	1	\$3,50
Disco de corte de 7"	4	\$7,20
Varilla de hierro #12	1	\$8,00
Placa LC 20x20x5	2	\$3,80
Placa LC 20x20x4	2	\$3,00
Cepillo de acero	1	\$2,50
Brocha de 2"1/2	1	\$1,30
Lija de agua #100	2	\$1,30
Lustre #8	2	\$1,20
Placa LC 12x12x4	1	\$0,60
Tecla de cadena Century 1/2 T	1	\$45,00
Polea de 1 vía C/Gancho 3"	1	\$5,50
Perno galvanizado de 1"x5"	2	\$13,00
Pernos galvanizados de 5/16" completos	60	\$20,00
Pernos de 1/2"x3" completos	4	\$2,00
Mano de obra	n	\$250,00
Torneado, taladrado, suelda especial	n	\$130,00
TOTAL		\$937,15

La tabla 5.8 detallan todos los materiales, componentes, trabajo en la máquina herramienta y suelda especial que se llegó a ocupar en la construcción de la estructura de elevación, conjuntamente con la adaptación de una nueva bomba de diafragma para el sistema de bombeo de la riobomba.

Tabla 5.7 Análisis económico de los materiales para la instalación del sistema de bombeo.

Material	Cantidad	Precio
Válvula de pie 1"	2	\$16,00
Busing PVCR 1"	2	\$1,80
Codo PVCR 1/2"	2	\$1,04
Neplo corrido de 1/2"	4	\$0,82
Adaptador M. celula 40 de 1	2	\$1,40
Codo PVCR 1x90 polimex	2	\$3,12
Válvula check de 1/2"	2	\$12,50
Neplo PVCR 1x1m.	2	\$7,80
Neplo corrido PVCR de 1 polimex	1	\$1,10
Adaptador flex de 1/2"	1	\$0,25
Kalipega	1	\$1,20
Universal PVCR de 1/2"	1	\$1,20
Tee PVCR de 1/2"	1	\$0,60
Tubo PVCR de 1/2"	1	\$5,50
Teflon amarillo pequeño	3	\$0,87
Codo HG de 1/2x90	1	\$0,60
Unión HG de 1"	1	\$2,00
Enroscado del tubo	n	\$2,00
Abrazadera para manguera	5	\$0,20
Manguera flexible de 1/2"x12 m	n	\$6,60
TOTAL		\$67,40

En esta tabla 5.9 se detallan todos los accesorios que se ocupó para realizar el correcto proceso de adaptación de las tuberías con las bombas de diafragma, más que todo el completo ensamblaje del sistema de bombeo.

Tabla 5.8. Análisis económico de transporte.

Descripción	Precio
Transporte para llevar el material para la construcción	\$40,00
Flete para transportar la estructura terminada	\$20,00
TOTAL	\$60,00

En la tabla 5.10 se menciona el servicio de transporte de carga que se ocupó durante el tiempo que se estaba trabajando en la construcción de todo el sistema de la riobomba, además, se ocupó el transporte pesado para trasladar la estructura de elevación en conjunto con la riobomba hacia el sector donde se instalaría el sistema.

Tabla 5.9, Análisis económico de la cimentación en la base de la estructura de la río-bomba.

Materiales	Cantidad	Precio
Quintal de cemento	1	\$8,50
Quintal de granzón	6	\$9,00
Mano de obra	n	\$20,00
TOTAL		\$37,50

En la tabla 5.11 se detallan los materiales de construcción que se ocupó para la cimentación de las bases para que la estructura quede bien rígida y sea capaz de soportar el peso de todo el sistema de la riobomba e incluso resistir a la fuerza de la naturaleza que se presentan en el sector.

Costo total

Tabla 5.10 Análisis económico de la ejecución de la tesis de grado.

Descripción	Precio
Construcción de la estructura.	\$937,15
Elementos para la instalación del sistema de bombeo.	\$67,40
Transporte	\$60,00
Cimentación en la base de la estructura.	\$37,50
TOTAL	1102,05

6.CONCLUSIONES

El sistema de bombeo queda instalado en el mismo lugar donde se encontraba anteriormente con el mecanismo de elevación a una altura de 4,20 metros desde el fondo del río, y considerando que el río durante períodos de crecidas puede crecer hasta 1,60 metros, el sistema queda aislado a una distancia segura de 30 centímetros por encima del nivel máximo del agua. El mecanismo de elevación tarda 2 minutos en bajar la riobomba hasta su punto más bajo y 3.5 minutos en subirla hasta su punto más alto.

La potencia del conjunto de bombas de diafragma es de 12 W a 10 metros de altura teniendo en cuenta el promedio de caudal del Río Illuchi la rueda hidráulica gira a 13 revoluciones por minuto proporcionando un caudal de bombeo de 8.09 L/min.

Para concluir el sistema de bombeo tuvo un costo total en la construcción e instalación de \$1102,05. Este monto abarca todos los materiales utilizados, la mano de obra, el transporte y la cimentación necesaria para garantizar la estabilidad de la estructura los bajos costos operativos

del sistema lo hacen accesible para las comunidades rurales que podrían beneficiarse de este tipo de tecnología.

7.RECOMENDACIONES

Para incrementar la eficiencia del bombeo, se sugiere explorar la posibilidad de aumentar el área efectiva de las bombas de diafragma. Una mayor área permitiría desplazar un mayor volumen de agua por ciclo, mejorando así la capacidad de bombeo sin necesidad de incrementar la velocidad de la rueda hidráulica.

Es necesario en primera instancia inspeccionar el lugar adecuado donde se va a implementar todo el sistema de la riobomba, debido a que, para tener un óptimo funcionamiento y tener más revoluciones por minuto es necesario que el caudal de río tenga un caudal estable o lo suficiente como para impulsar las paletas de la rueda hidráulica.

Finalmente, se recomienda aumentar el número de paletas en la rueda hidráulica para mejorar la captación de energía cinética del río girando a la misma velocidad que el río.

8.REFERENCIAS

[1] «Proposed international standard nomenclature for fields of science and technology - UNESCO Biblioteca Digital». Accedido: 7 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000082946>

[2] «Universidad Técnica de Cotopaxi > INVESTIGACIÓN > Lineas Investigación». Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.utc.edu.ec/INVESTIGACI%C3%93N/Lineas-Investigaci%C3%B3n>

[3] «Aprovechamiento de energías renovables en el Ecuador - El Comercio». Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/cartas/cartas-lectores-opinion-energiasrenovables-ecuador.html>

[4] fbustos@yc.cl, «Una rueda hidráulica en el agua que revoluciona el riego de los cultivos», PortalFruticola.com. Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2016/05/19/una-rueda-hidraulica-en-el-agua-que-revoluciona-el-riego-de-los-cultivos/>

[5] «El invento que cambiará la agricultura: una bomba de agua para riego que funciona sin electricidad», El Español. Accedido: 25 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en:

https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20240203/invento-cambiara-agricultura-bomba-agua-riego-funciona-sin-electricidad/828917407_0.html

[6] A. L. Escobar Caluguillin y E. G. Vega Vega, «Diseño e implementación de Riobomba en el sector de santa lucia de Pusuchisi», bachelorThesis, Ecuador : Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), 2023. Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10347>

[7] S. D. Aguirre Buñay y J. J. Ríos Jiménez, «Diseño y fabricación de un prototipo de bomba diafragma de doble efecto, accionada por rueda hidráulica de ocho palas.», bachelorThesis, Ecuador :Latacunga : Universidad Tecnica de Cotopaxi (UTC), 2023. Accedido: 8 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11246>

[8] «Grúa de pórtico portátil móvil Grúa de pórtico A-Frame con 4 ruedas». Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.nybonlift.com/Light_Duty_Crane/Mobile_Portable_Gantry_Crane_A_Frame_Gantry_Crane_with_4_Wheels.html

[9] Csbeaver, «Diferencias entre los tecles de cable y los tecles de cadena - CS Beaver», CSBeaver Tecnología en izaje. Accedido: 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://csbeaver.com/blog/tecles-de-cable-tecles-de-cadena/>

[10] D. Fernández, «Tipos de sistemas de elevación más comunes en el sector industrial», Novedades Automatización. Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://novedadesautomatizacion.com/tipos-de-sistemas-de-elevacion/>

[11] S. A. de las Heras Jiménez, *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Iniciativa Digital Politècnica. Oficina de Publicacions Acadèmiques Digitals de la UPC, 2018. doi: 10.5821/ebook-9788498807288.

[12] R. Salcedo Díaz y I. Martin-Gullon, «Materiales de la asignatura Mecánica de Fluidos (curso 2011-2012)», ene. 2012, Accedido: 19 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/20299>

[13] «Diagrama Del Proceso De Trabajo De La Bomba De Diafragma O Membrana, Ejemplo De Dibujo Ilustración del Vector - Ilustración de vector, maquinaria: 169878278», Dreamstime. Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.dreamstime.com/diagrama-del-proceso-de-trabajo-la-bomba-diafragma-o->

membrana-ejemplo-dibujo-técnico-con-principio-flujo-líquido-cómo-funciona-
image169878278

- [14] «P2-OEF-2008.pdf». Accedido: 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://rsef.es/images/Problemas/OEF2008/P2-OEF-2008.pdf>
- [15] R. L. Mott y R. Navarro Salas, *Resistencia de Materiales*, 5a ed. México: Pearson, 2009.
- [16] Z. Chan, «Clasificación de electrodos de la A.W.S. | British Federal México». Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bfmx.com/mejora-continua/clasificacion-de-electrodos-aws/>
- [17] «Clasificaciones AWS». Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lincolnelectric.com/es-mx/welding-and-cutting-resource-center/process-and-theory/aws-classifications>
- [18] «1528394720476631349.pdf». Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://grupoinfra.com/librerias/descargas/1528394720476631349.pdf>
- [19] B. A. Davila Sepulveda, «Diseño de una grúa pórtico con capacidad de 5 toneladas para la empresa de mantenimiento industrial Heros s.a.s.», <https://catalogobiblioteca.ufps.edu.co/descargas/tesis/1121679.pdf>, 2022, Accedido: 12 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7163>
- [20] A. M, «Fusion 360: todo lo que necesitas saber sobre el software 3D», 3Dnatives. Accedido: 15 de agosto de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/fusion-360-software-290420202/>
- [21] J. M. Franquet i Bernis, *El Caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río Ebro*. Tortosa: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2009.
- [22] M. C. Rodas Bustamante, L. M. Timbe Castro, y L. V. Campozano Parra, «Sensibilidad del coeficiente de Manning en la estimación de los niveles de crecida para el mapeo de inundaciones en un río de la región interandina de Ecuador», *Cuad. Geogr. Rev. Colomb. Geogr.*, vol. 32, n.º 1, pp. 35-49, ene. 2023, doi: 10.15446/rcdg.v32n1.94764.
- [23] P. K. Sanjeevaiah, R. K. Donga, y A. Karn, «Performance Evaluation of an Undershot Water Wheel Turbine Using CFD», en *Proceedings from the International Conference on Hydro and Renewable Energy*, B.-M. Hodge y S. K. Prajapati, Eds., Singapore: Springer Nature, 2024, pp. 343-350. doi: 10.1007/978-981-99-6616-5_39.

- [24] A. Falconi, H. Laurencio, y E. Torres, «Model of pressure losses in pipes during the transport of heavy oil with 11 API gravity», *Int. J. Mech.*, vol. 12, n.º 1, pp. 8-13, 2018.
- [25] H. L. Laurencio Alfonso *et al.*, «Modelo para simulación de la potencia de flujo en tuberías conductoras de petróleo pesado con comportamientoseudoplástico», *Ingeniare Rev. Chil. Ing.*, vol. 30, n.º 1, pp. 171-179, mar. 2022, doi: 10.4067/S0718-33052022000100171.

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DEL INFORME SE SIMILITUD

CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el tema: “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante una riobomba en el sector de Illuchi”, de Arequipa Cando Mario Simon y Lamingo Yauli Wladimir Stalyn, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 7 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.

turnitin Página 2 of 36 - Descripción general de integridad Identificador de la entrega: 601129881008

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para un...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

7%	🌐 Fuentes de Internet
0%	📖 Publicaciones
1%	👤 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

Nº de alertas de integridad para revisión

No se han detectado marcas puntuales de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar coincidencias que permitan distinguir de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarse. Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problema. Sin embargo, recomendamos que revise alertas y los textos.

Particular que comunico que a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, agosto del 2024

Ing. MSc. Cristian-Fabián Gallardo Molina

C.I. 050284769-2

TUTOR

ANEXO B: AVAL DE TRADUCCIÓN



CENTRO
DE IDIOMAS

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 al idioma Inglés de la Propuesta Tecnológica cuyo título versa: **“DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO MEDIANTE UNA RIOBOMBA EN EL SECTOR DE ILLUCHI”**, presentado por: **Arequipa Cando Mario Simón** y **Lamingo Yauli Wladimir Stalyn**, egresados de la Carrera de: Ingeniería en 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 aval para los fines académicos legales.

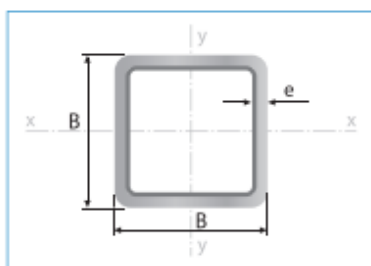
Latacunga, agosto del 2024

Atentamente,


MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0501801252



ANEXO C: TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
JIS G 3132, ASTM A 36 y ASTM
A572 Gr 50
Norma de Fabricación:
ASTM A 500/ NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,40 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

Aplicaciones

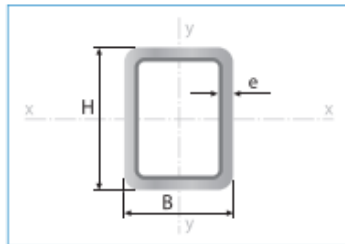
- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
- Agroganadera: maquinaria e implementos industriales, agrícolas, avícolas y ganaderos.
- Señalización y vialidad: soportes.
- Aparatos de gimnasia y fitness.
- Construcción: columnas.
- Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.

INEN



Designaciones	Área	Peso	Propiedades Estáticas			
			Eje x-x' = y-y'			
B	e	A	P	I	W	i
mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
20	1,40	0,99	0,78	0,56	0,56	0,75
	1,50	1,05	0,83	0,58	0,58	0,75
	1,80	1,23	0,96	0,66	0,66	0,73
	2,00	1,34	1,05	0,70	0,70	0,72
25	1,40	1,27	1,00	1,16	0,93	0,95
	1,50	1,35	1,06	1,22	0,97	0,95
	1,80	1,59	1,25	1,39	1,11	0,94
	2,00	1,74	1,36	1,49	1,19	0,93
30	1,40	1,55	1,22	2,08	1,39	1,16
	1,50	1,65	1,30	2,20	1,47	1,15
	1,80	1,95	1,53	2,53	1,68	1,14
	2,00	2,14	1,68	2,73	1,82	1,13
40	1,40	2,11	1,66	5,18	2,59	1,57
	1,50	2,25	1,77	5,49	2,75	1,56
	1,80	2,67	2,09	6,39	3,19	1,55
	2,00	2,94	2,31	6,95	3,47	1,54
	2,50	3,59	2,82	8,23	4,12	1,51
	3,00	4,21	3,30	9,36	4,68	1,49
	4,00	5,35	4,20	11,18	5,59	1,45
50	1,40	2,67	2,10	10,42	4,17	1,97
	1,50	2,85	2,24	11,07	4,43	1,97
	1,80	3,39	2,66	12,95	5,18	1,96
	2,00	3,74	2,93	14,15	5,66	1,95
	2,50	4,59	3,60	16,96	6,78	1,92
	3,00	5,41	4,25	19,50	7,80	1,90
	4,00	6,95	5,45	23,84	9,54	1,85
60	1,50	3,45	2,71	19,52	6,51	2,38
	1,80	4,11	3,22	22,95	7,65	2,36
	2,00	4,54	3,56	25,15	8,38	2,35
	2,50	5,59	4,39	30,36	10,12	2,33
	3,00	6,61	5,19	35,17	11,72	2,31
	4,00	8,55	6,71	43,65	14,55	2,26
70	1,50	4,05	3,18	31,46	8,99	2,79
	1,80	4,83	3,79	37,09	10,60	2,77
	2,00	5,34	4,19	40,73	11,64	2,76
	2,50	6,59	5,17	49,43	14,12	2,74
	3,00	7,81	6,13	57,56	16,45	2,72
	4,00	10,15	7,97	72,22	20,64	2,67
75	1,50	4,35	3,42	38,92	10,38	2,99
	1,80	5,19	4,07	45,95	12,25	2,98
	2,00	5,74	4,50	50,50	13,47	2,97
	2,50	7,09	5,56	61,40	16,37	2,94
	3,00	8,41	6,60	71,65	19,11	2,92
	4,00	10,95	8,59	90,29	24,08	2,87
90	1,80	6,27	4,92	80,71	17,94	3,59
	2,00	6,94	5,45	88,87	19,75	3,58
	2,50	8,59	6,74	108,57	24,13	3,56
	3,00	10,21	8,01	127,32	28,29	3,53
	4,00	13,35	10,48	162,02	36,01	3,48
100	1,80	6,99	5,48	111,62	22,32	4,00
	2,00	7,74	6,07	123,01	24,60	3,99
	2,50	9,59	7,53	150,65	30,13	3,96
	3,00	11,41	8,96	177,08	35,42	3,94
	4,00	14,95	11,73	226,46	45,29	3,89
	5,00	18,36	14,41	271,36	54,27	3,84
	6,00	21,63	16,98	312,00	62,40	3,80
125	3,00	14,41	11,31	354,53	56,73	4,96
	4,00	18,95	14,87	457,33	73,17	4,91
	5,00	23,36	18,33	552,87	88,46	4,87
	6,00	27,63	21,69	641,41	102,63	4,82
135	3,00	15,61	12,25	449,88	66,65	5,37
	4,00	20,55	16,13	581,80	86,19	5,32
	5,00	25,36	19,90	705,16	104,47	5,27
	6,00	30,03	23,58	820,25	121,52	5,23
150	3,00	17,41	13,67	622,76	83,03	5,98
	4,00	22,95	18,01	807,92	107,72	5,93
	5,00	28,36	22,26	982,37	130,98	5,89
	6,00	33,63	26,40	1146,43	152,86	5,84

ANEXO D: TUBERÍA ESTRUCTURAL RECTANGULAR



Largo Normal:
6 metros
Recubrimiento:
Negro o Galvanizado
Norma de Calidad:
JIS G 3132, ASTM A 36 y ASTM
A572 Gr 50
Norma de Fabricación:
ASTM A 500/ NTE INEN 2415
Espesores:
Desde 1,40 a 6,00 mm
Observaciones:
Otras dimensiones y largos,
previa consulta

Aplicaciones

- Automotriz y de autopartes: carrocería y remolques.
- Agroganadera: maquinaria e implementos agrícolas, avícolas y ganaderos.
- Señalización y vialidad: soportes.
- Aparatos de gimnasia y fitness.
- Construcción: columnas.
- Estructuras: galpones y naves industriales, edificios, soporte de techos.



Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas					
					Eje x-x			Eje y-y		
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
20	30	1,50	1,35	1,06	1,59	1,06	1,08	0,84	0,84	0,79
		2,00	1,74	1,36	1,94	1,30	1,06	1,02	1,02	0,77
20	40	1,40	1,55	1,22	3,09	1,55	1,41	1,04	1,04	0,82
		1,50	1,65	1,30	3,27	1,63	1,41	1,10	1,10	0,82
		1,80	1,95	1,53	3,76	1,88	1,39	1,26	1,26	0,80
		2,00	2,14	1,68	4,06	2,03	1,38	1,35	1,35	0,79
25	50	1,40	1,97	1,55	6,28	2,51	1,79	2,13	1,71	1,04
		1,50	2,10	1,65	6,66	2,66	1,78	2,26	1,80	1,04
		1,80	2,49	1,95	7,72	3,09	1,76	2,60	2,08	1,02
		2,00	2,74	2,15	8,39	3,36	1,75	2,82	2,25	1,01
		2,50	3,34	2,62	9,90	3,96	1,72	3,29	2,64	0,99
		3,00	3,91	3,07	11,20	4,48	1,69	3,70	2,96	0,97
30	50	1,40	2,11	1,66	7,11	2,84	1,83	3,23	2,15	1,24
		1,50	2,25	1,77	7,54	3,02	1,83	3,42	2,28	1,23
		1,80	2,67	2,09	8,77	3,51	1,81	3,96	2,64	1,22
		2,00	2,94	2,31	9,54	3,82	1,80	4,30	2,87	1,21
		2,50	3,59	2,82	11,31	4,53	1,78	5,07	3,38	1,19
		3,00	4,21	3,30	12,86	5,15	1,75	5,73	3,82	1,17
40	60	1,40	2,67	2,10	13,54	4,51	2,25	7,27	3,63	1,65
		1,50	2,85	2,24	14,39	4,80	2,25	7,72	3,86	1,64
		1,80	3,39	2,66	16,85	5,62	2,23	9,01	4,51	1,63
		2,00	3,74	2,93	18,42	6,14	2,22	9,84	4,92	1,62
		2,50	4,59	3,60	22,09	7,36	2,19	11,75	5,88	1,60
		3,00	5,41	4,25	25,41	8,47	2,17	13,47	6,74	1,58
30	70	1,40	2,67	2,10	16,36	4,67	2,47	4,37	2,92	1,28
		1,50	2,85	2,24	17,38	4,97	2,47	4,64	3,09	1,28
		1,80	3,39	2,66	20,35	5,81	2,45	5,39	3,60	1,26
		2,00	3,74	2,93	22,23	6,35	2,44	5,87	3,91	1,25
		2,50	4,59	3,60	26,63	7,61	2,41	6,96	4,64	1,23
		3,00	5,41	4,25	30,61	8,74	2,38	7,93	5,29	1,21
40	80	1,50	3,45	2,71	28,99	7,25	2,90	9,94	4,97	1,70
		1,80	4,11	3,22	34,09	8,52	2,88	11,64	5,82	1,68
		2,00	4,54	3,56	37,96	9,34	2,87	12,73	6,36	1,67
		2,50	5,59	4,39	45,12	11,28	2,84	15,27	7,64	1,65
		3,00	6,61	5,19	52,28	13,07	2,81	17,59	8,79	1,63
		4,00	8,65	6,71	64,90	16,22	2,76	21,59	10,79	1,59
50	90	1,50	4,05	3,18	44,68	9,93	3,32	18,13	7,25	2,12
		1,80	4,83	3,79	52,70	11,71	3,30	21,32	8,53	2,10
		2,00	5,24	4,19	57,88	12,86	3,29	23,37	9,35	2,09
		2,50	6,59	5,17	70,28	15,62	3,27	28,25	11,30	2,07
		3,00	7,81	6,13	81,88	18,20	3,24	32,77	13,11	2,05
		4,00	10,15	7,97	102,81	22,85	3,18	40,61	16,32	2,01
50	100	1,50	4,35	3,42	57,77	11,95	3,64	19,89	7,96	2,14
		1,80	5,19	4,07	69,22	13,64	3,63	23,41	9,37	2,12
		2,00	5,74	4,50	74,99	15,00	3,62	25,68	10,27	2,12
		2,50	7,09	5,56	91,22	18,24	3,58	31,07	12,43	2,09
		3,00	8,41	6,60	106,49	21,30	3,56	36,09	14,44	2,07
		4,00	10,95	8,59	134,24	26,85	3,50	45,05	18,02	2,03
50	150	1,80	6,99	5,48	188,33	25,11	5,19	33,87	13,55	2,20
		2,00	7,74	6,07	207,64	27,67	5,18	37,21	14,88	2,19
		2,50	9,59	7,53	254,09	33,88	5,15	45,19	18,08	2,17
		3,00	11,41	8,96	298,58	39,81	5,12	52,68	21,07	2,15
		4,00	14,95	11,73	381,49	50,87	5,05	66,27	26,51	2,11
		5,00	18,36	14,41	456,54	60,87	4,99	78,12	31,25	2,06
60	120	1,80	6,27	4,92	119,80	19,97	4,37	41,25	13,75	2,57
		2,00	6,94	5,45	131,93	21,99	4,36	45,34	15,11	2,56
		2,50	8,59	6,74	161,25	26,87	4,33	56,17	18,39	2,53
		3,00	10,21	8,01	189,15	31,53	4,30	64,44	21,48	2,51
		4,00	13,35	10,48	240,84	40,14	4,25	81,35	27,12	2,47
		5,00	16,36	12,84	287,23	47,87	4,19	96,25	32,08	2,43
70	200	3,00	15,61	12,25	749,71	74,97	6,93	145,15	41,47	3,05
		4,00	20,55	16,13	969,28	96,93	6,87	185,62	53,03	3,01
		5,00	25,36	19,90	1,174,26	117,43	6,81	222,47	63,56	2,96
		6,00	30,03	23,58	1,365,00	136,50	6,74	255,91	73,12	2,92
75	125	1,80	6,99	5,48	152,92	24,47	4,68	70,08	18,68	3,17
		2,00	7,74	6,07	168,56	26,97	4,67	77,15	20,57	3,16
		2,50	9,59	7,53	206,53	33,04	4,64	94,26	25,14	3,14
		3,00	11,41	8,96	242,88	38,86	4,61	110,55	29,48	3,11
		4,00	14,95	11,73	310,87	49,74	4,56	140,75	37,53	3,07
		5,00	18,36	14,41	372,77	59,64	4,51	167,93	44,78	3,02
75	175	3,00	14,41	11,31	556,71	63,62	6,22	149,46	39,86	3,22
		4,00	18,95	14,87	718,30	82,09	6,16	191,22	50,99	3,18
		5,00	23,36	18,33	868,40	99,25	6,10	229,29	61,14	3,13
		6,00	27,63	21,69	1,007,36	115,13	6,04	263,88	70,37	3,09
100	150	3,00	14,41	11,31	460,67	61,42	5,65	247,67	49,53	4,15
		4,00	18,95	14,87	594,71	79,29	5,60	318,67	63,73	4,10
		5,00	23,36	18,33	719,46	95,93	5,55	384,27	76,85	4,06
		6,00	27,63	21,69	835,21	111,36	5,50	444,72	88,94	4,01
100	200	3,00	17,41	13,67	924,37	92,44	7,29	318,26	63,65	4,28
		4,00	22,95	18,01	1,199,81	119,98	7,23	410,88	82,18	4,23
		5,00	28,36	22,26	1,459,51	145,95	7,17	497,19	99,44	4,19
		6,00	33,63	26,40	1,703,83	170,38	7,12	577,44	115,49	4,14

ANEXO E: PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES.

A-16 Propiedades de aceros estructurales.

Material ASTM núm. y productos	Resistencia máxima, s_u *		Resistencia a la cadencia, s_y *		Porcentaje de alargamiento, en 2 in
	ksi	MPa	ksi	MPa	
A36-Perfiles, placas y barras de acero al carbón	58	400	36	248	21
A 53-Tubo grado B	60	414	35	240	—
A242—Perfiles, placas y barras HSLA resistentes a la corrosión					
≤ $\frac{3}{4}$ in de espesor	70	483	50	345	21
$\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{2}$ in de espesor	67	462	46	317	21
$1\frac{1}{2}$ a 4 in de espesor	63	434	42	290	21
A500—Tubería estructural formada en frío					
Redonda, grado B	58	400	42	290	23
Redonda, grado C	62	427	46	317	21
Perfilada, grado B	58	400	46	317	23
Perfilada, grado C	62	427	50	345	21
A501—Tubería estructural formada en caliente, redonda o perfilada	58	400	36	248	23
A514—Acero aleado templado y enfriado en aceite; placa					
≤ $2\frac{1}{2}$ in de espesor	110	758	100	690	18
$2\frac{1}{2}$ a 6 in de espesor	100	690	90	620	16
A572—Acero al vanadio-columbio HSLA: perfiles, placas y barras					
Grado 42	60	414	42	290	24
Grado 50	65	448	50	345	21
Grado 60	75	517	60	414	18
Grado 65	80	552	65	448	17
A913—HSLA, grado 65: perfiles	80	552	65	448	17
A992—HSLA: sólo perfiles W	65	448	50	345	21

*Valores mínimos; pueden ser más elevados

HSLA-Baja aleación y alta resistencia

El American Institute of Steel Construction especifica $E = 29 \times 10^6 \text{ lb/in}^2$ (200 GPa) para acero estructural.

ANEXO F: CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS



Clasificación de electrodos según la AWS para proceso SMAW

Para aceros al carbono



Para aceros de baja aleación

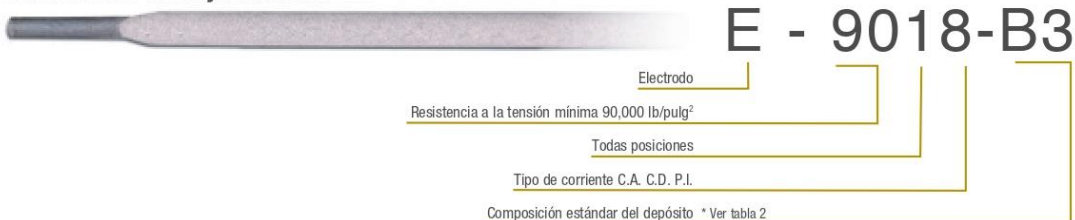


Tabla 1. Tipos de recubrimiento y corriente

Digito	Tipo de recubrimiento	Corriente para soldar
0	Sodio celulosa	CDPI
1	Potasio celulosa	CA o CDPI
2	Sodio titanio	CA o CDPD
3	Potasio titanio	CA o CD ambas polaridades
4	Titanio polvo fierro	CA o CD ambas polaridades
5	Sodio bajo hidrógeno	CDPI
6	Potasio bajo hidrógeno	CA o CDPI
7	Óxido de fierro polvo Fe	CA o CDPD
8	Bajo hidrógeno polvo Fe	CA o CDPI

Posición
1. Toda posición
2. Plano y filete horizontal
4. Toda posición más vertical descendente

CA = Corriente alterna
 CDPI = Corriente directa polaridad invertida (electrodo positivo)
 CDPD = Corriente directa polaridad directa (electrodo negativo)

Tabla 2. Composición química de electrodos de acero de baja aleación para proceso SMAW (AWS A5.5) electrodo revestido

Electrodo	C Carbono	Mn Manganeso	Si Silicio	P Fósforo	S Azufre	Cr Cromo	Mo Molibdeno	Ni Níquel
9016 B3	0.05 a 0.12	0.9	0.6	0.03	0.03	2.00 a 2.50	0.90 a 1.20	----
9018 B3	0.05 a 0.12	0.9	0.8	0.03	0.03	2.00 a 2.50	0.90 a 1.20	----
7018 A1	0.12	0.9	0.8	0.03	0.03	----	0.40 a 0.65	----
8018 B2	0.05 a 0.12	0.9	0.8	0.03	0.03	1.00 a 1.50	0.40 a 0.65	----
8018 D3	0.12	1.0 a 1.8	0.8	0.03	0.03	----	0.40 a 0.65	0.9
8018 B6	0.05 a 0.10	1.0	0.9	0.03	0.03	4.0 a 6.0	0.45 a 0.65	0.40

- A Electrodo para aceros al Carbono-Molibdeno.
- B Electrodo para aceros al Cromo-Molibdeno.
- C Electrodo para aceros al Níquel.
- D Electrodo para aceros al Manganeso-Molibdeno.
- NM Electrodo para aceros al Níquel-Molibdeno.
- G Electrodo generales de acero de baja aleación.
- M Electrodo similares a las especificaciones militares.
- P1 Electrodo para líneas de tubería de petróleo y derivados.
- W Electrodo para aceros climatológicos.

ANEXO G: ESPECIFICACIONES ACERO ASTM A36

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Espesores:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Espesores:	2mm a 12mm
Rollos:	Ancho 1000, 1220, 1500mm
Planchas:	4 x 8 pies y medidas especiales
Acabado:	Acero Negro



Calidad Comercial

Calidad	Composición Química							Propiedades Mecánicas			Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%AL	%CU	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alargamiento %	Doblado 180°	
JIS G3131 SPHC	0,08 0,13	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,05 max	0,02 0,08	0,2 max	270 min	29 min	0= Oe	SAE 1010 ASTM A-569
SAE 1008	0,03 0,1	0,25 0,5	0,02 max	0,025 max	0,04 max	0,02 0,08	0,2 max				JIS G3132 SPHT1
SAE 1012	0,1 0,15	0,3 0,6	0,02 max	0,025 max	0,03 max	0,02 0,08	0,2 max				ASTM A-635 ASTM A-570 GRADO 33

Calidad Estructural

Norma	Composición Química							Propiedades Mecánicas					Norma Equivalente
	% C	%MN	%P	%S	%SI	%CU	OTROS	Fluencia (Mpa)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Alarga- miento %	Doblado 180°		
ASTM A-588M Grado A	0,19 max	0,8 1,25	0,04 max	0,05 max	0,3 0,6	0,25 0,40	Ni Cr V	0,15-0,35 0,40-0,65 0,02-0,10	345 min	485 min	18 min		
ASTM A-283 Grado C	0,12 0,18	0,3 0,6	0,025 max	0,03 max	0,04 max	0,2 max			205 min	380 516 max	25 min	0=1,5e	SAE 1015
JIS G-3101 5541 M	0,17 0,23	0,3 0,6	0,025 max	0,025 max	0,04 max	0,25 max			250 min	400 min 550 max	21 min		SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36
A 36	0,25 0,29	0,80 1,2	0,04 max	0,05 max	0,4 max	0,20 max			250 min	400 min 550 max	20 min		
A570-GR50	0,25	1,35 max	0,035 max	0,04 max					340 min	450 min 550 max	17 min	1-1/2e	

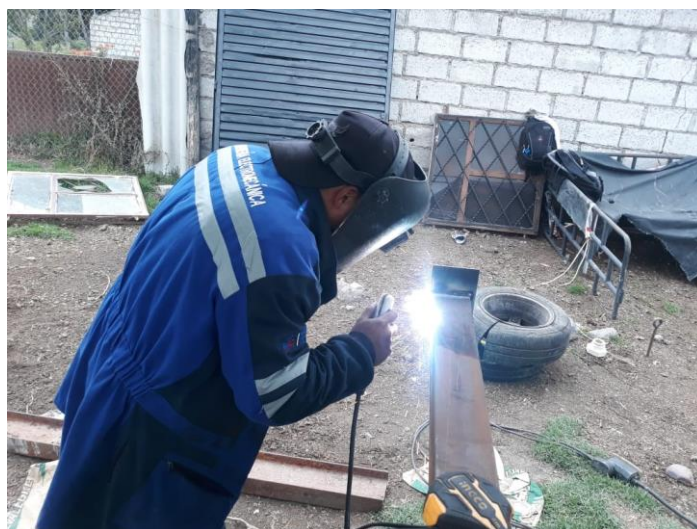
ANEXO H: LIMPIEZA DE TODA LA MALEZA EN LA PEÑA, JUSTO EN EL PUNTO EXACTO DONDE SE CIMENTÓ EL UN EXTREMO DE LA VIGA ESTRUCTURAL CUADRADA PARA EL SISTEMA DEL RIOBOMBA.



ANEXO I: TOMA DE DATOS Y MEDIDAS EN EL RÍO ILLUCHI PARA EL POSTERIOR DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TODA LA ESTRUCTURA PARA EL SISTEMA DE LA RIOBOMBA.



ANEXO J: CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN PARA EL SISTEMA DE LA RIOBOMBA.









ANEXO K: TRABAJO EN EL TALLER DE TORNO DE DESBASTADO, ALINEADO, Y PERFORACIÓN DE AGUJEROS PARA LA ADAPTACIÓN CORRECTA DE LA BOMBA DE DIAFRAGMA.



ANEXO L: ADQUISICIÓN DE UN PULMÓN DE FRENO PARA PARA LA POSTERIOR MODIFICACIÓN Y CREACIÓN DE UN COMPONENTE TIPO BOMBA DE DIAFRAGMA.



ANEXO M: CIMENTACIÓN DE LAS BASES PRINCIPALES EN DONDE VA IR COLOCADA LA ESTRUCTURA QUE SOPORTARÁ TODO EL SISTEMA DE LA RIOBOMBA.







ANEXO N: ENSAMBLE DE LA ESTRUCTURA DE ELEVACIÓN PARA EL SISTEMA DE RIOBOMBA.







ANEXO M: ADAPTACIÓN A LA RIOBOMBA DE LOS COMPONENTES DE RIEGO Y PARA SU POSTERIOR FUNCIONAMIENTO



1 2 3 4 5 6 7 8

A

B

C

D

E

F

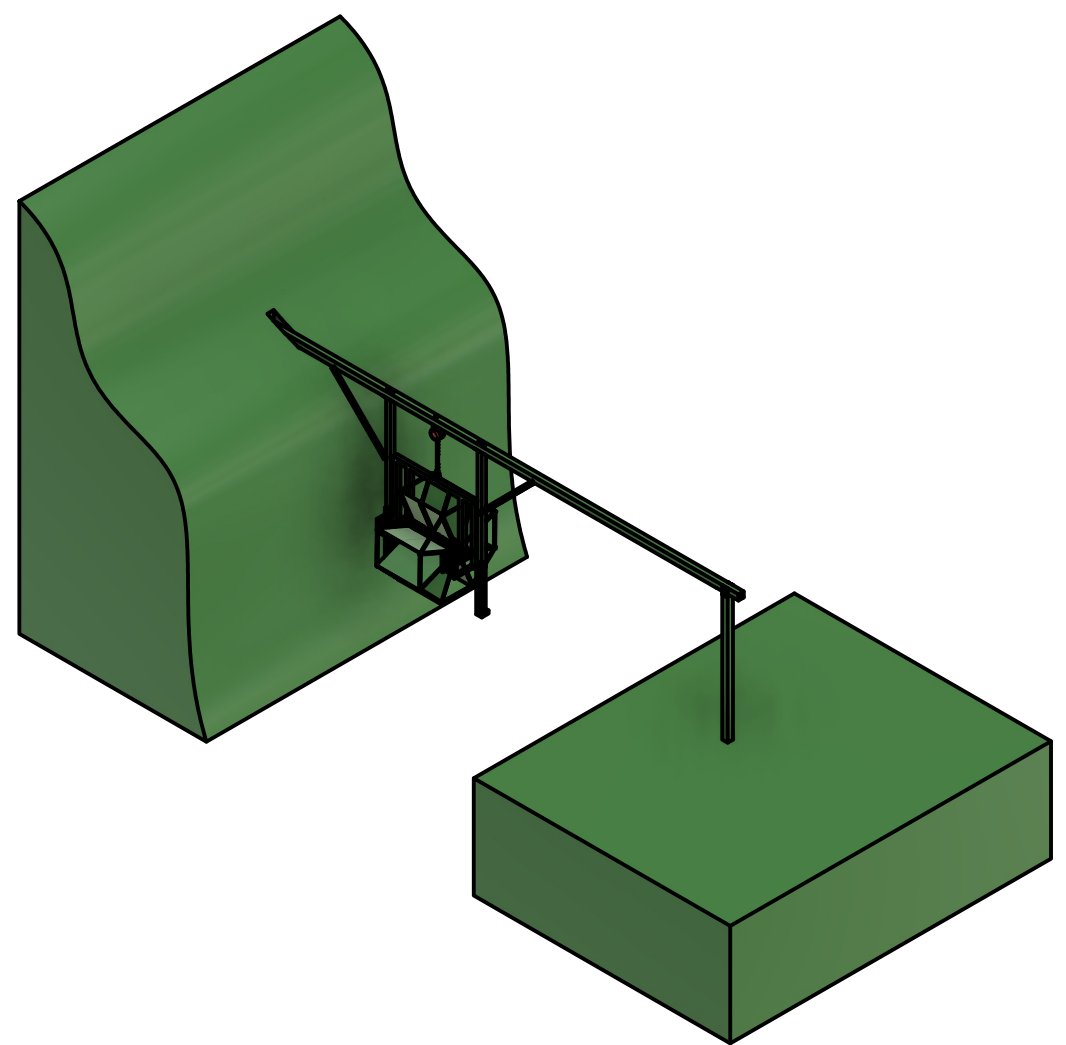
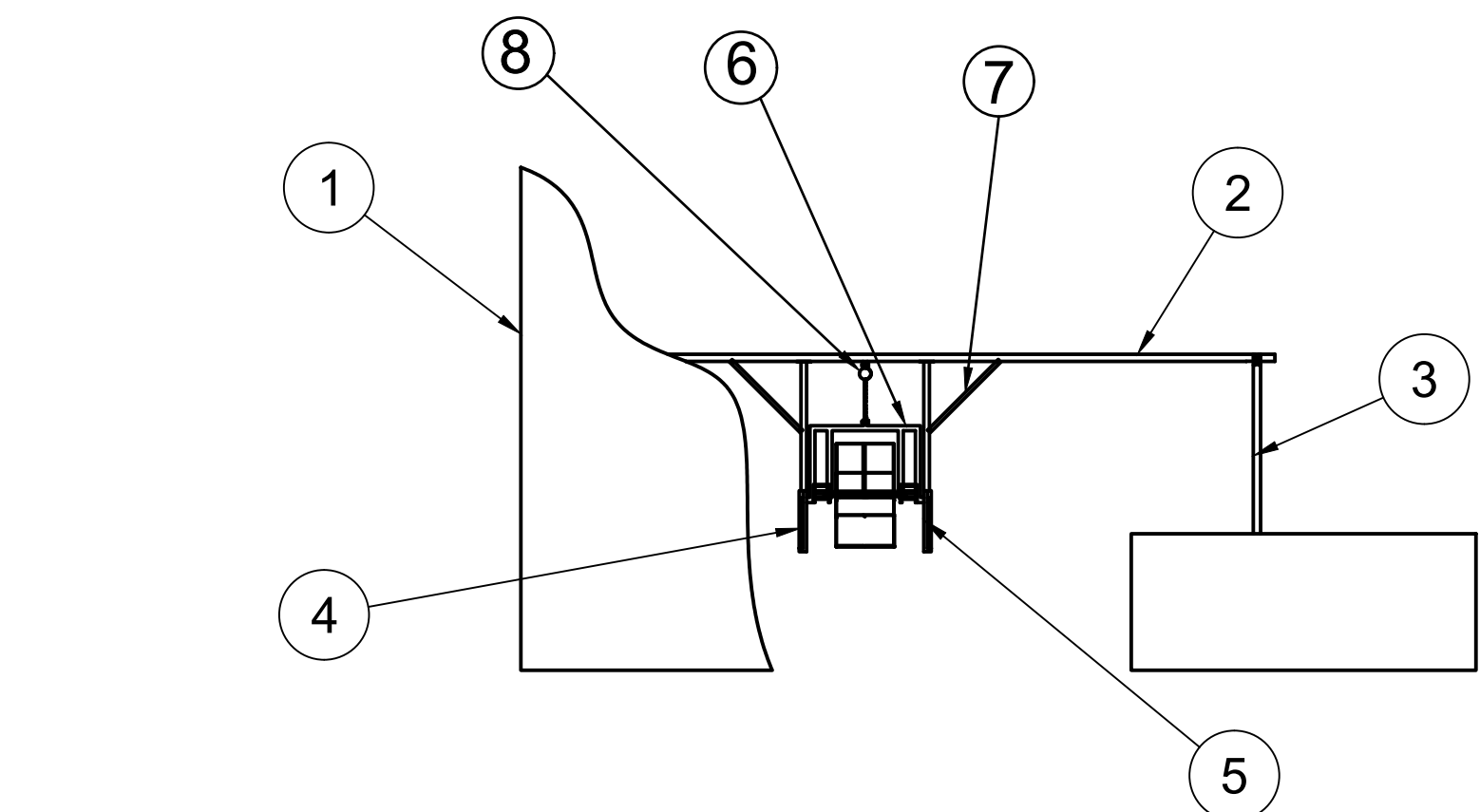
A

B

C

D

E

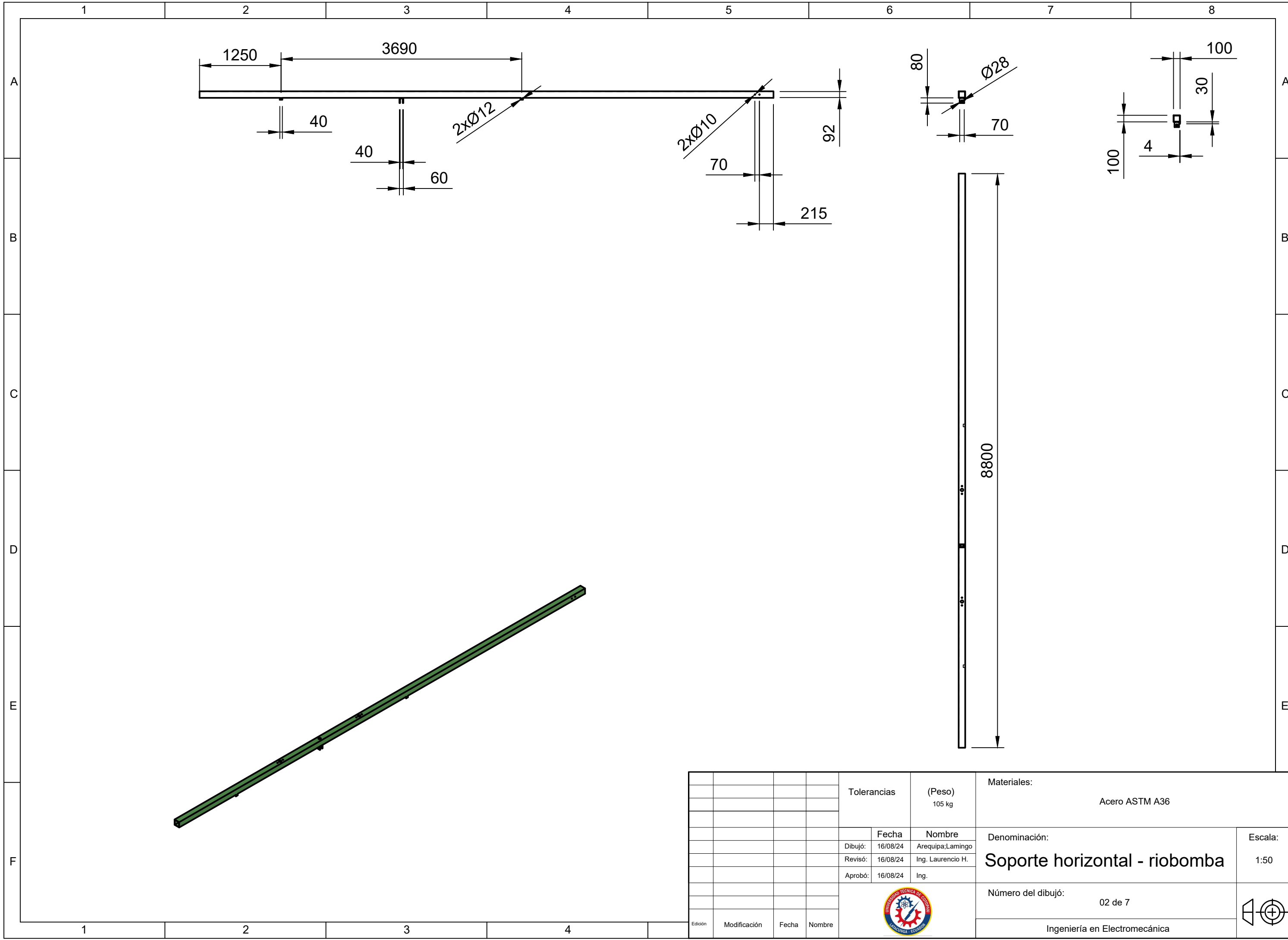


Lista de piezas

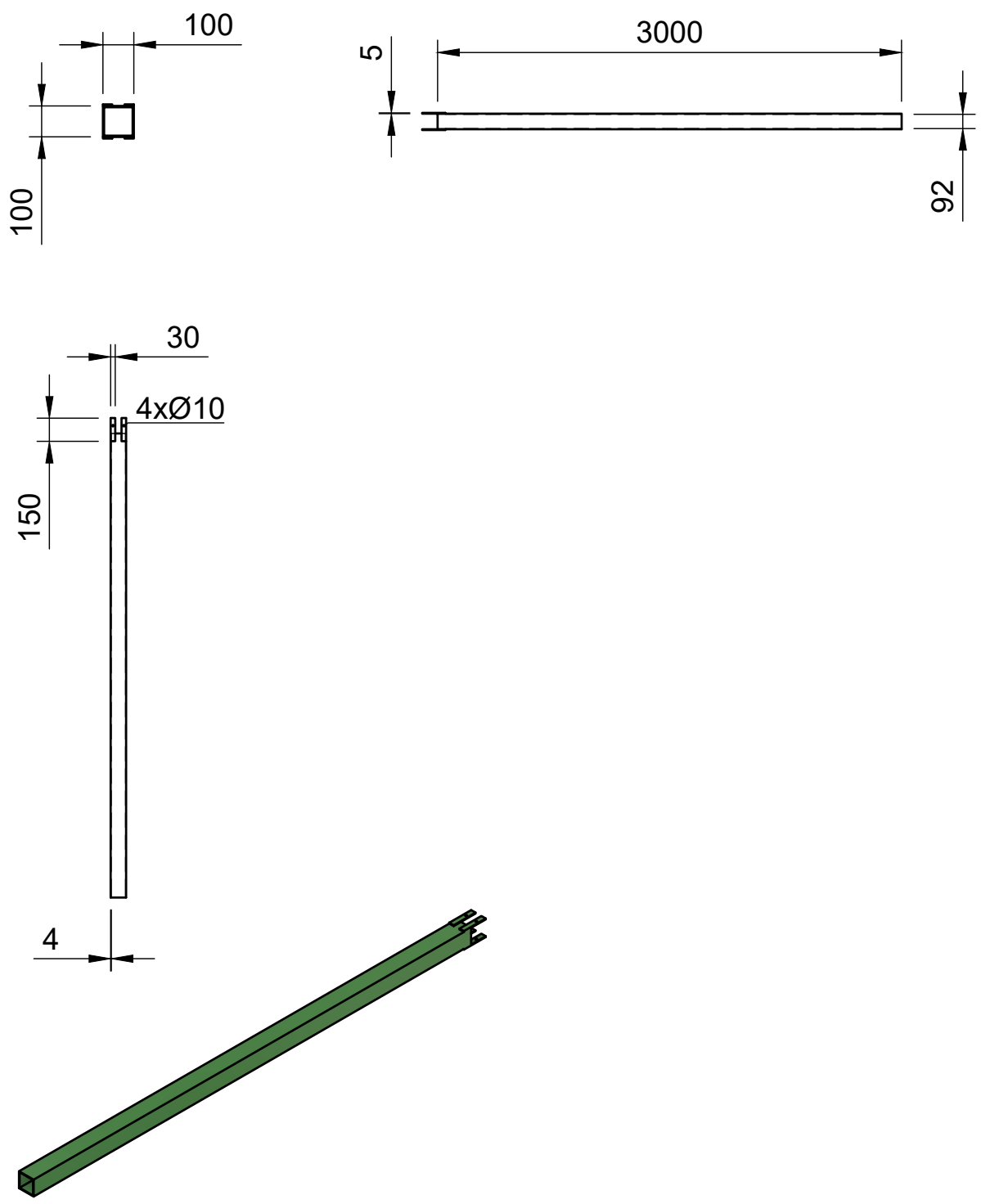
Elemento	Cant.	Nombre de pieza	Material	Peso
1	1	Peña	Rocas	
2	1	Soporte horizontal	Acero ASTM A36	105 kg
3	1	Soporte vertical	Acero ASTM A36	35,10 kg
4	1	Guía corredera izquierda	Acero ASTM A36	17 kg
5	1	Guía corredera derecha	Acero ASTM A36	17 kg
6	1	Base de rueda hidráulica	Acero ASTM A36	41 kg
7	2	Apoyo de correderas	Acero ASTM A36	7 kg
8	1	Tecele de cadena	Hierro y metal	10 kg

				Tolerancias	(Peso) 232,1 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 16/08/24	Arequipa, Lamingo	Estructura de elevación - Riobomba	
				Revisó: 16/08/24	Ing. Laurencio H.	Escala: 1:100	
				Aprobó: 16/08/24	Ing.	Número del dibujo: 01 de 7	
						Ingeniería en Electromecánica	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

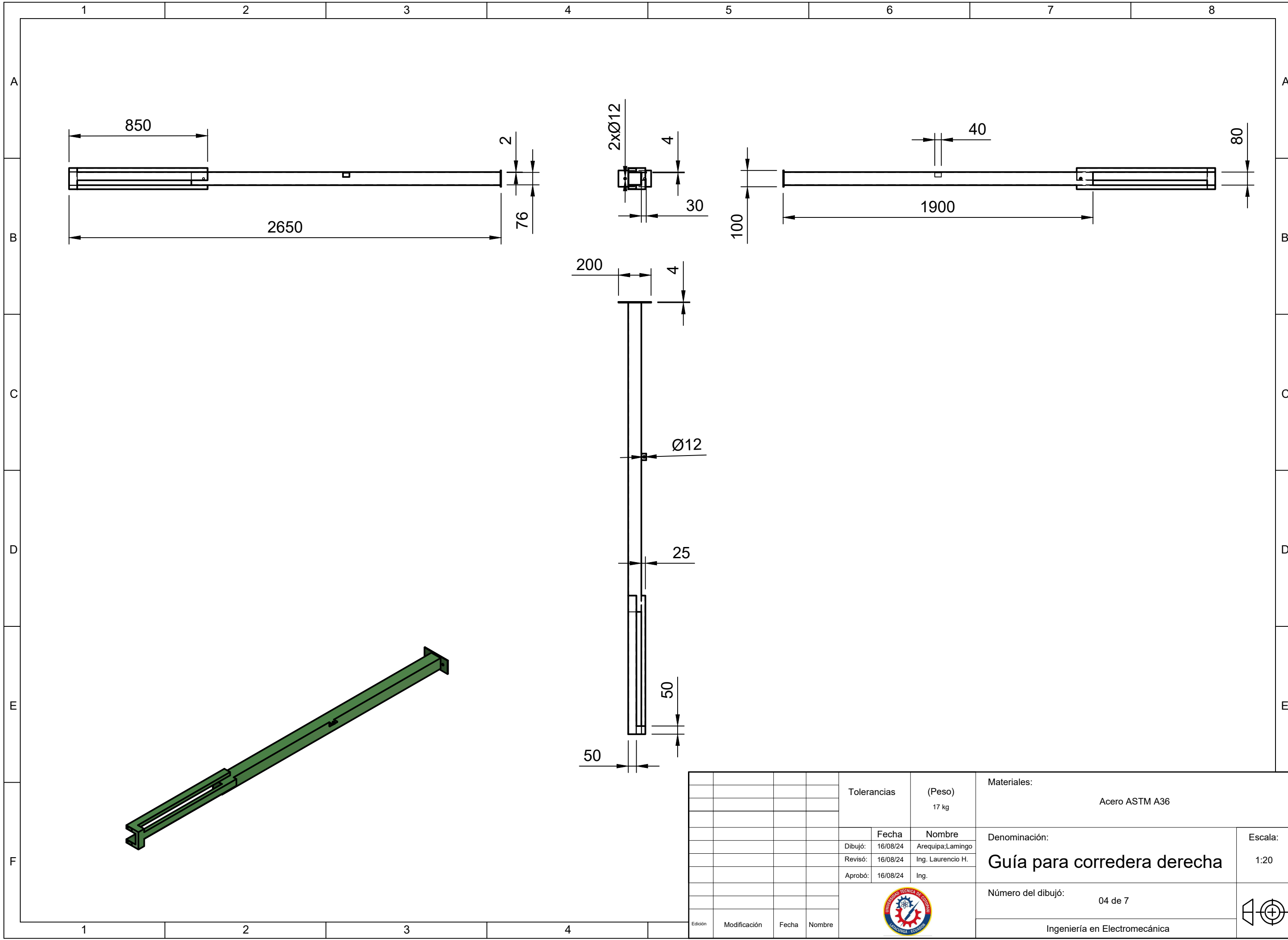
1 2 3 4



				Tolerancias	(Peso) 105 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 16/08/24	Arequipa, Lamingo	Soporte horizontal - riobomba	
				Revisó: 16/08/24	Ing. Laurencio H.	Escala: 1:50	
				Aprobó: 16/08/24	Ing.	Número del dibujo: 02 de 7	
						Ingeniería en Electromecánica	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



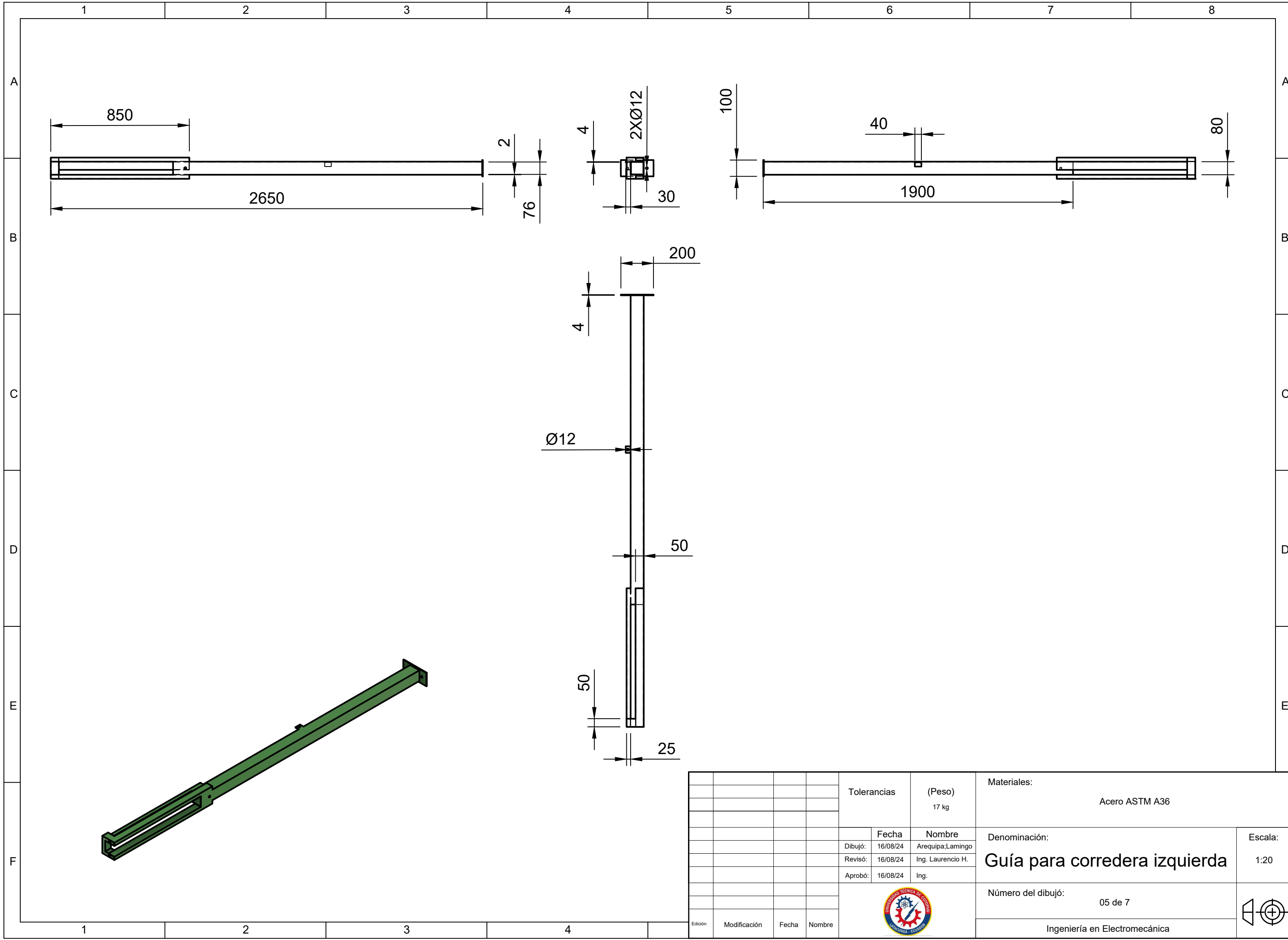
				Tolerancias	(Peso) 35.10 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación: Columna de soporte vertical	Escala: 1:40
				Dibujó: 16/08/24	Arequipa;Lamingo		
				Revisó: 16/08/24	Ing.Laurencio H.		
				Aprobó: 16/08/24	Ing.	Número del dibujo: 03 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				




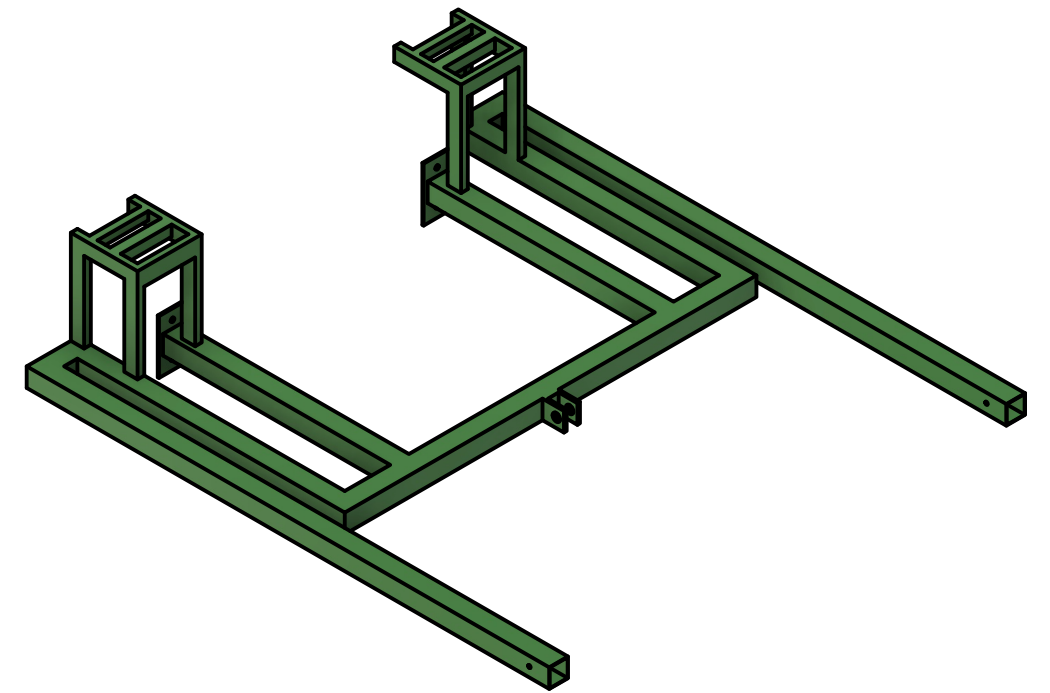
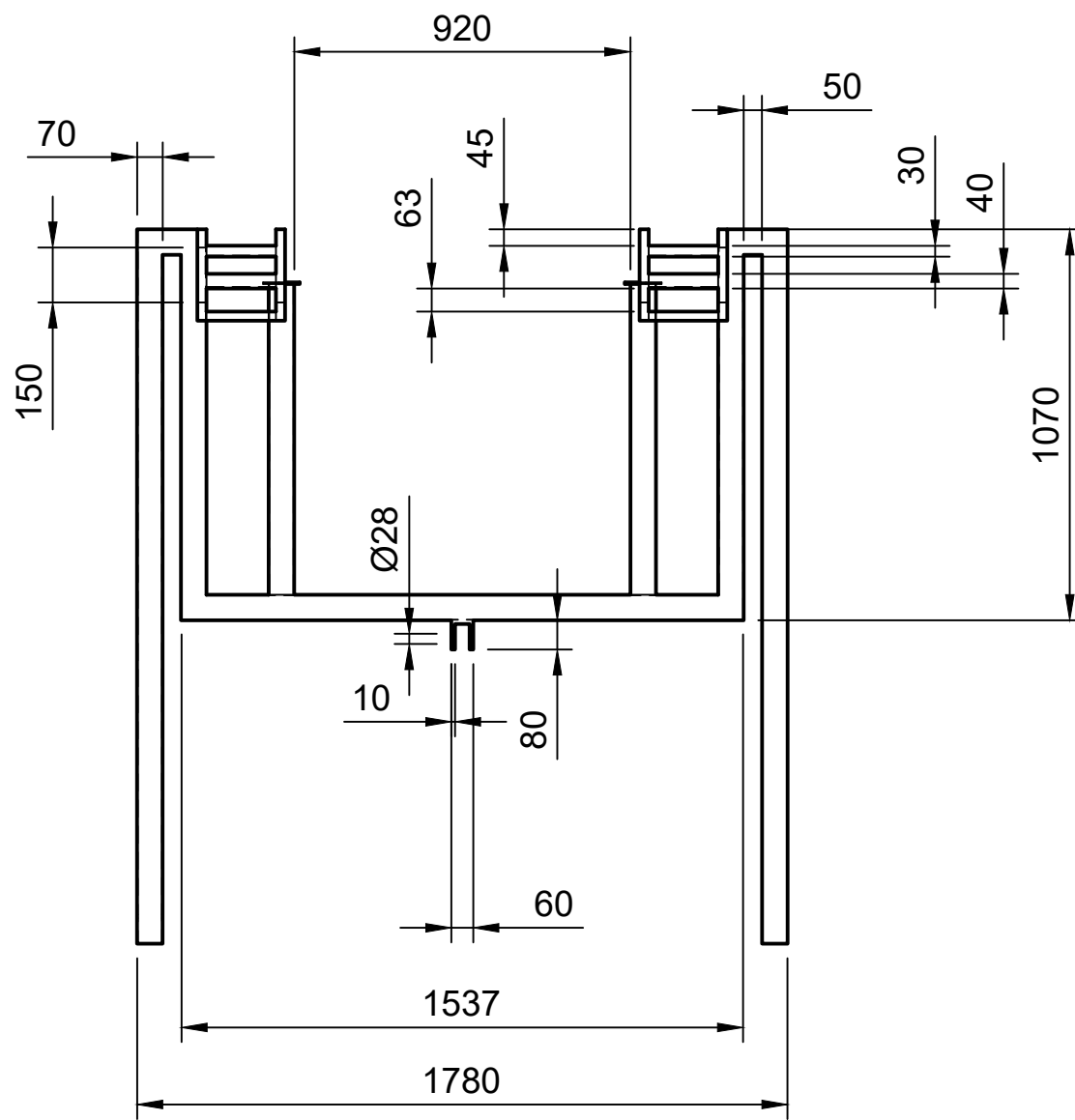
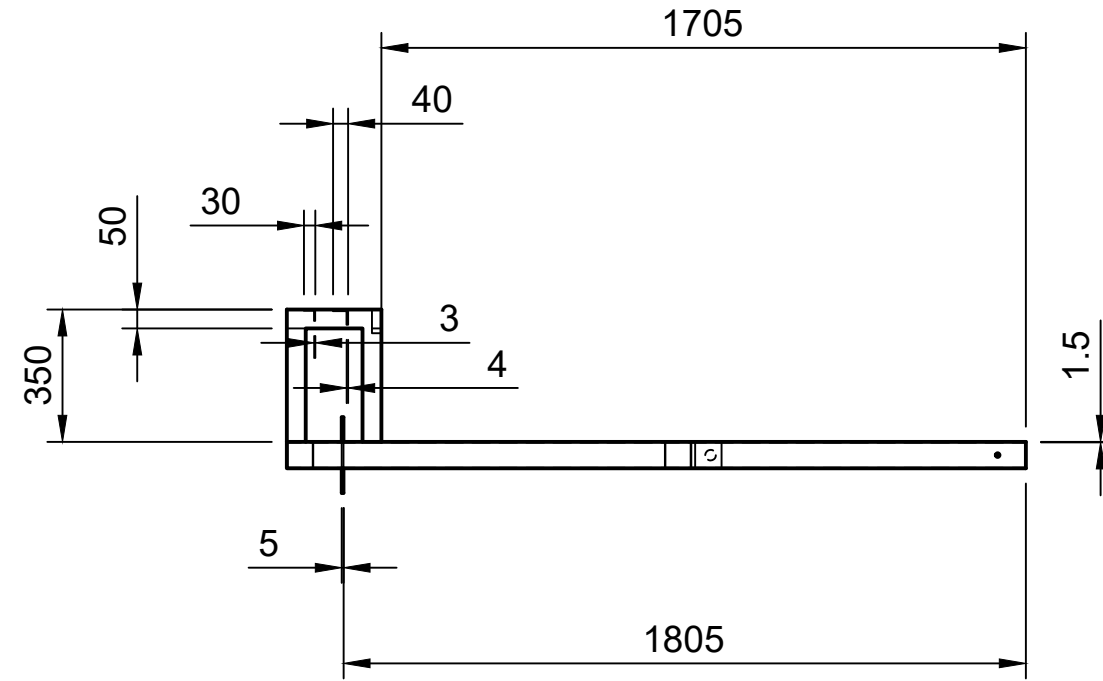
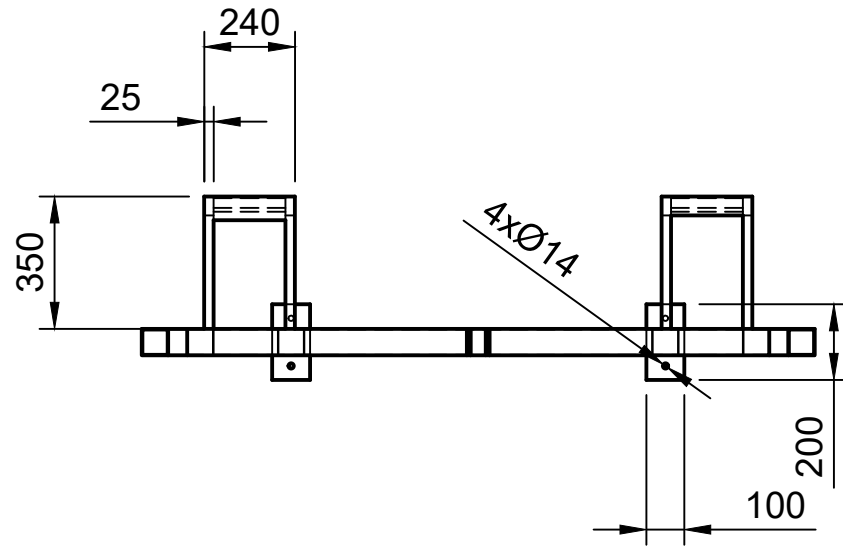
				Tolerancias	(Peso) 17 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
					Fecha	Nombre	Denominación:
				Dibujó:	16/08/24	Arequipa, Lamingo	Guía para corredera derecha
				Revisó:	16/08/24	Ing. Laurencio H.	
				Aprobó:	16/08/24	Ing.	
						Número del dibujo:	04 de 7
						Ingeniería en Electromecánica	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				


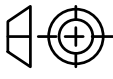
Escala:
1:20

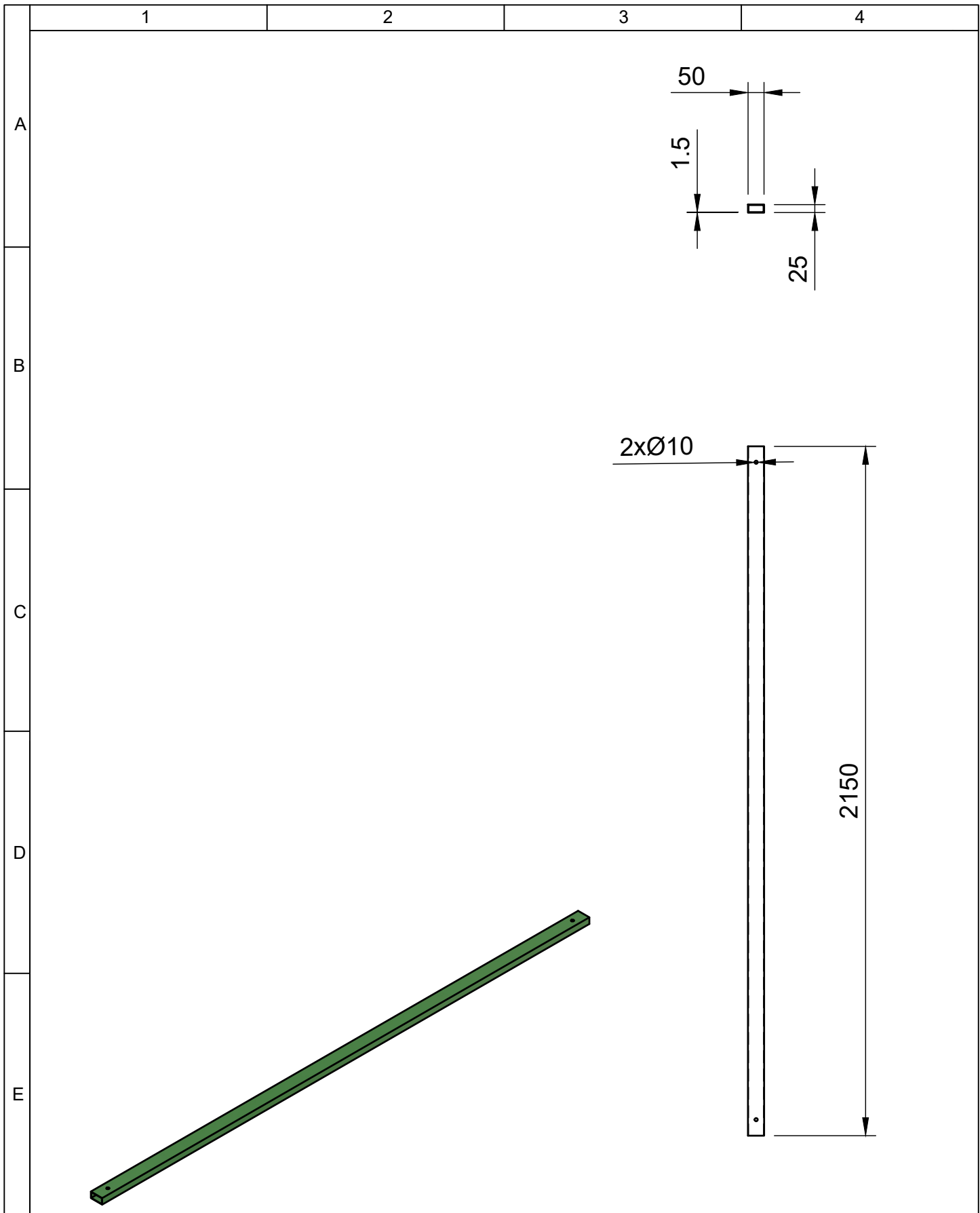




				Tolerancias	(Peso) 17 kg	Materiales: Acero ASTM A36		
					Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó:	16/08/24	Arequipa, Lamingo	Guía para corredera izquierda	
				Revisó:	16/08/24	Ing. Laurencio H.		
				Aprobó:	16/08/24	Ing.		
							Número del dibujo: 05 de 7	Escala: 1:20
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Ingeniería en Electromecánica	



				Tolerancias	(Peso) 41 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
				Fecha	Nombre	Denominación:	
				Dibujó: 16/08/24	Arequipa, Lamingo	Base de rueda hidráulica	
				Revisó: 16/08/24	Ing. Laurencio H.	Escala: 1:20	
				Aprobó: 16/08/24	Ing.	Número del dibujo: 06 de 7	
						Ingeniería en Electromecánica	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				



				Tolerancias	(Peso) kg3.5 kg	Materiales: Acero ASTM A36	
						Denominación: Apoyo para corredera	Escala: 1:16
				Fecha	Nombre		
				Dibujó: 16/08/24	Arequipa;Lamingo		
				Revisó: 16/08/24	Ing.Laurencio H.		
				Aprobó: 16/08/24	Ing.	Número del dibujó: 07 de 7	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Ingeniería en Electromecánica	