

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Diseño de una barcaza para una bomba sumergible  
Tsurumi Pump LH422 - 61- 30HP mediante boyas de  
acerogalvanizado en la unidad minera Antapaccay**

Walker Ronny Lacuta Chino

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# TSP - LACUTA CHINO WALKER RONNY

## INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
3	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://virtual.urbe.edu">virtual.urbe.edu</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://cybertesis.uach.cl">cybertesis.uach.cl</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://redi.unjbg.edu.pe">redi.unjbg.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.electrotaller.com.mx">www.electrotaller.com.mx</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1%

10	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://www.dspace.espol.edu.ec">www.dspace.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="https://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://talleres.ucf.edu.cu">talleres.ucf.edu.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://noesis.uis.edu.co">noesis.uis.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://nuevempleo.blogspot.com">nuevempleo.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.conacedrogas.cl">www.conacedrogas.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://catalogo.reduniv.edu.cu">catalogo.reduniv.edu.cu</a> Fuente de Internet	<1 %

22	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
23	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
24	Antonio García Barberá. "Study of the Degradation of New Lubricant Oil Formulations with the Design and Demands of Current and Future Engines", Universitat Politecnica de Valencia, 2022 Publicación	<1 %
25	Submitted to University of Witwatersrand Trabajo del estudiante	<1 %
26	es-static.z-dn.net Fuente de Internet	<1 %
27	epage.pub Fuente de Internet	<1 %
28	www.guajara.com Fuente de Internet	<1 %
29	ruidera.uclm.es Fuente de Internet	<1 %
30	www.tigre.gov.ar Fuente de Internet	<1 %
31	fdocumentos.tips Fuente de Internet	<1 %

www.inta.gov.ar

32

Fuente de Internet

<1 %

33

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

34

fdocuments.ec

Fuente de Internet

<1 %

35

ftp.um.es

Fuente de Internet

<1 %

36

hispagua.cedex.es

Fuente de Internet

<1 %

37

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

38

tesis.ipn.mx

Fuente de Internet

<1 %

39

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

40

repository.upb.edu.co:8080

Fuente de Internet

<1 %

41

www.iacom.com

Fuente de Internet

<1 %

42

CESEL S A. "EIA-SD del Proyecto Línea de Transmisión en 220 kV S.E. Carabayllo - S.E. Nueva Jicamarca-IGA0003081", R.D. N° 352-2013-MEM/AAE, 2020

Publicación

<1 %

43	<b>doku.pub</b> Fuente de Internet	<1 %
44	<b>futur.upc.edu</b> Fuente de Internet	<1 %
45	<b>moam.info</b> Fuente de Internet	<1 %
46	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
47	<b>www.dateas.com</b> Fuente de Internet	<1 %
48	<b>www.fireschool.com.ve</b> Fuente de Internet	<1 %
49	<b>www.inafed.gob.mx</b> Fuente de Internet	<1 %
50	<b>www.scipedia.com</b> Fuente de Internet	<1 %
51	<b>empleodehoy.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

# TSP - LACUTA CHINO WALKER RONNY

INFORME DE GRADEMARK

NOTA FINAL

COMENTARIOS GENERALES

/0

PÁGINA 1

PÁGINA 2

PÁGINA 3

PÁGINA 4

PÁGINA 5

PÁGINA 6

PÁGINA 7

PÁGINA 8

PÁGINA 9

PÁGINA 10

PÁGINA 11

PÁGINA 12

PÁGINA 13

PÁGINA 14

PÁGINA 15

PÁGINA 16

PÁGINA 17

PÁGINA 18

PÁGINA 19

PÁGINA 20

PÁGINA 21

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico el presente trabajo porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este; ustedes me motivaron para alcanzar siempre mis metas.

# ÍNDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>ii</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>viii</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>ix</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>x</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>11</b>
<b>Aspectos generales de la empresa</b> .....	<b>11</b>
1.1. Datos generales .....	11
1.2. Actividades principales.....	11
1.2.1. Obras civiles.....	12
1.2.2. Trabajos de metalmecánica .....	12
1.2.3. Trabajos eléctricos.....	12
1.2.4. Reseña histórica de la institución .....	12
1.3. Organigrama de la institución.....	13
1.4. Visión y misión .....	15
1.4.1. Visión .....	15
1.4.2. Misión .....	15
1.5. Bases legales o documentos administrativos.....	15
1.6. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales .....	18
1.7. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución .....	20
1.7.1. Descripción del puesto .....	20
1.7.2. Formación necesaria para el puesto.....	23
1.7.2.1. Habilidades prácticas .....	23
1.7.2.2. Habilidades blandas .....	23
1.7.3. Responsabilidades .....	23
<b>Capítulo II</b> .....	<b>24</b>
<b>Aspectos generales de las actividades</b> .....	<b>24</b>
2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional.....	24
2.2. Identificación de oportunidades o necesidad en el área de actividad profesional.....	24
2.3. Objetivos de la actividad profesional .....	25
2.3.1. Objetivo general .....	25
2.3.2. Objetivos específicos.....	25

2.4. Justificación de la actividad profesional .....	25
2.4.1. Justificación económica .....	25
2.4.2. Justificación práctica .....	25
2.4.3. Justificación metodológica .....	25
2.4.4. Justificación en seguridad .....	26
2.5. Resultados esperados .....	26
<b>Capítulo III .....</b>	<b>27</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>27</b>
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas .....	27
3.1.1. Antecedentes .....	27
3.1.2. Bases teóricas .....	28
3.1.2.1. Estación de bombeo flotante .....	28
3.1.2.2. Equipo de bombeo .....	29
3.1.2.3. Bombas rotodinámicas .....	29
3.1.2.4. Parámetros de operación de una bomba .....	30
3.1.2.5. Carga de aspiración .....	31
3.1.2.6. Carga de impulsión .....	31
3.1.2.7. Diseño de pontones o plataformas flotantes .....	32
3.1.2.8. Estabilidad .....	33
3.1.2.9. Parámetros de cálculo de flotabilidad .....	33
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>35</b>
<b>Descripción de las actividades profesionales .....</b>	<b>35</b>
4.1. Descripción de actividades profesionales .....	35
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales .....	35
4.1.2. Alcance de las actividades profesionales .....	35
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales .....	35
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional .....	36
4.2.1. Metodología .....	36
4.2.2. Técnicas .....	36
4.2.2.1. Diseño de ingeniería .....	36
4.2.2.2. Trazado .....	36
4.2.2.3. Proceso de corte .....	36
4.2.2.4. Soldadura .....	37
4.2.3. Instrumentos .....	37
4.2.3.1. Software SolidWorks .....	37
4.2.3.2. Trazado manual .....	37
4.2.3.3. Moladora .....	37

4.2.3.4. Máquina de soldar .....	37
4.2.4. Equipos y material utilizados en el desarrollo de las actividades .....	37
4.3. Ejecución de las actividades profesionales .....	37
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas .....	37
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales .....	38
4.3.2.1. Determinación de los parámetros de diseño.....	38
4.3.2.2. Análisis de los esfuerzos en la estructura de soporte .....	41
4.3.2.3. Diseño CAD de la barcaza .....	44
4.3.2.4. Fabricación.....	46
4.3.2.5. Inversión económica de la fabricación de la barcaza.....	50
<b>Capítulo V.....</b>	<b>52</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>52</b>
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas .....	52
5.2. Logros alcanzados .....	52
5.3. Dificultades encontradas.....	53
5.4. Planteamiento de mejoras .....	53
5.4.1. Metodologías propuestas.....	53
5.4.2. Descripción de la implementación .....	53
5.5. Análisis .....	54
5.6. Aporte del bachiller en la empresa .....	54
<b>Conclusiones.....</b>	<b>55</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>56</b>
<b>Lista de referencias.....</b>	<b>57</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de actividades.....	38
Tabla 2. Masas de los componentes.....	39
Tabla 3. Cálculo del momento de inercia del perfil.....	43
Tabla 4. Costos de la boya.....	50
Tabla 5. Costos de la plataforma.....	50
Tabla 6. Costos de la baranda.....	51
Tabla 7. Costo total.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de A&C Business Corporation S. A. ....	14
Figura 2. Política sobre el consumo de alcohol y drogas en el trabajo .....	16
Figura 3. Políticas de negativa al trabajo. ....	17
Figura 4. Excavación del canal con retroexcavadora.....	18
Figura 5. Trabajo de perfilado de la sección del canal.....	18
Figura 6. Perfilado manual de la sección del canal.....	19
Figura 7. Excavación de la poza con retroexcavadora.....	19
Figura 8. Izaje de las geomembranas para recubrir .....	19
Figura 9. Transporte de las geomembranas .....	20
Figura 10. Colocación de las geomembranas sobre el canal.....	20
Figura 11. Elaboración del plano del techo estructural de las oficinas de Hidrogeología .....	22
Figura 12. Barcaza de estación flotante de bombeo.....	24
Figura 13. Estructura de una estación de bombeo flotante .....	28
Figura 14. Estructura de una bomba centrífuga .....	30
Figura 15. Plataforma flotante de una bomba .....	32
Figura 16. Dimensiones del tubo del flotador.....	41
Figura 17. Distribución de las cargas en las vigas .....	42
Figura 18. Perfiles analizados como una viga apoyada en los extremos .....	42
Figura 19. Diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga .....	43
Figura 20. Sección transversal del perfil.....	43
Figura 21. Vistas del flotador: a) superior, b) frontal .....	44
Figura 22. Vista isométrica de la plataforma .....	45
Figura 23. Dimensiones del piso de Grating ARS-6A.....	45
Figura 24. Vista de las barandas de la estructura.....	46
Figura 25. Tubos y perfiles cortados.....	46
Figura 26. Armado de las barandas de la barcaza.....	47
Figura 27. Armado del soporte .....	47
Figura 28. Soldadura de las piezas del flotador .....	48
Figura 29. Soldadura de las barandas .....	48
Figura 30. Acabado de las barandas .....	48
Figura 31. Pintado de los componentes de la barcaza.....	49
Figura 32. Puesta en marcha de la barcaza .....	49

## RESUMEN

El presente informe de trabajo de suficiencia profesional tiene por objetivo el diseño y construcción de una barcaza para una bomba sumergible Tsurumi Pump LH422 61 mediante boyas de acero galvanizado para la unidad minera Antapaccay. La empresa A&C Business Corporation S. A., tiene un área encargada de los proyectos de hidrogeología, que ha realizado la construcción de una poza para la recolección del agua de lluvias, por tanto, se requiere una estación flotante de bombeo.

Las barcasas son utilizadas para la construcción de estaciones flotantes en pozas de recolección de agua. Para el diseño y dimensionamiento del flotador se revisó información sobre flotabilidad, y se calculó el peso a cargar, obteniéndose las dimensiones del flotador de forma rectangular de 2 m de lado con un diámetro de 660 mm. Para el diseño de construcción de la plataforma se realizó con perfil estructural A36 de 3" × 3" × 1/4", y el esfuerzo máximo generado en los puntos donde se apoya la bomba es de 60.4795 GPa que es inferior al módulo de elasticidad del material que es de 210 GPa.

La fabricación de la barcaza consistió en el trazado y corte de las piezas, luego se armó las estructuras y se aplicó unión por soldadura, por último, se dio el acabado final para el pintado.

Los costos de fabricación de la barcaza se dividieron en costos de la boya, plataforma y barandas, y suman en total S/ 30 239.88.

**Palabras claves:** diseño de máquinas, estaciones flotantes de bombeo, flotadores

## INTRODUCCIÓN

En la unidad minera donde se está implementando este proyecto de sistema de bombeo por barcaza, así como en las empresas mineras peruanas en general, se requiere un adecuado diseño y selección de una bomba sumergible, que se encuentra diseñado para que trabaje en su conjunto de forma sumergida para lidiar en condiciones ambientales severas al encontrarse el agua de la mina altamente contaminada.

Por lo expuesto, presentada la importancia de las barcasas dentro de las operaciones de las unidades mineras se expone la experiencia profesional en el diseño de una barcaza para una bomba sumergible para la unidad minera Antapaccay, siendo aplicados los conocimientos en metodologías, conocimientos y técnicas. Para un mejor entendimiento del informe, se realizó la división por capítulos, como se muestra a continuación:

En el capítulo I se encuentran los aspectos generales de la empresa, donde se describen sus actividades, su organización y los trabajos que se realizan, tanto civiles, de metalmecánica y eléctricos.

En el capítulo II se exponen los aspectos generales de las actividades encargadas durante la actividad profesional, siendo descritos los objetivos que persigue la realización del presente trabajo, su respectiva justificación y los resultados que se esperan obtener al finalizar su documentación.

En el capítulo III se describe el marco teórico que sustenta el diseño de la propuesta de solución, siendo necesaria la revisión de teorías y presentación de fórmulas para un mejor entendimiento, así como, la presentación de trabajos previos.

En el capítulo IV se realiza una exhaustiva presentación de las actividades profesionales con respecto al diseño de la barcaza para una bomba sumergible destinada a la unidad minera Antapaccay mediante la descripción de actividades profesionales, técnicas y la ejecución de las actividades para lograr con éxito su implementación.

En el capítulo V se presentan los resultados obtenidos mediante la descripción del logro obtenido al finalizar las actividades realizadas, así como, las dificultades encontradas. Por otro lado, se plantea las posibles mejoras y el aporte del bachiller para la unidad minera en estudio.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA**

#### **1.1. Datos generales**

A&C Business Corporation S. A., es una empresa dedicada a la realización de servicios en diversos rubros como trabajos electromecánicos, obras civiles, trabajos de soldadura HDPE y actividades de mantenimiento aplicando tecnologías según los requerimientos del cliente. Además, cuenta con la certificación del SGS del Perú. La información de la empresa se muestra en la lista siguiente (1):

- Tipo de empresa: Sociedad anónima
- RUC: 20564095215
- Fecha de inicio de actividades: 11/septiembre/2013
- Estado del contribuyente: activo
- Fecha de actividades: 2013 - 2023
- Dirección de domicilio fiscal: Av. Pacífico n.º 57n barrio Santa Rosa (cerca del mercado Santa Rosa)
- Distrito: Espinar
- Provincia: Espinar
- Departamento: Cusco, Perú

#### **1.2. Actividades principales**

En este apartado, se describen las actividades principales realizadas por la empresa.

### **1.2.1. Obras civiles**

Para los servicios de obras civiles, la empresa realiza las actividades siguientes:

- Trazo, nivelación y replanteo del terreno
- Excavación y perfilado manual del terreno
- Excavación y perfilado con maquinaria del terreno
- Compactación
- Encofrado y desencofrado de obras de concreto

### **1.2.2. Trabajos de metalmecánica**

Para los trabajos de metalmecánica se brindan los servicios de:

- Armado y desarmado de andamios.
- Fabricación y reparación de estructuras metálicas, tuberías, etc.
- Montaje y desmontaje de estructuras metálicas, tuberías, etc.
- Instalación de cobertura y techado.
- Pintado de estructuras metálicas.

### **1.2.3. Trabajos eléctricos**

En los trabajos eléctricos, la empresa brinda los servicios de:

- Instalación de pozos a tierra.
- Instalación de tuberías Conduit y tendido de cable.
- Instalación de accesorios eléctricos y puntos de red.

### **1.2.4. Reseña histórica de la institución**

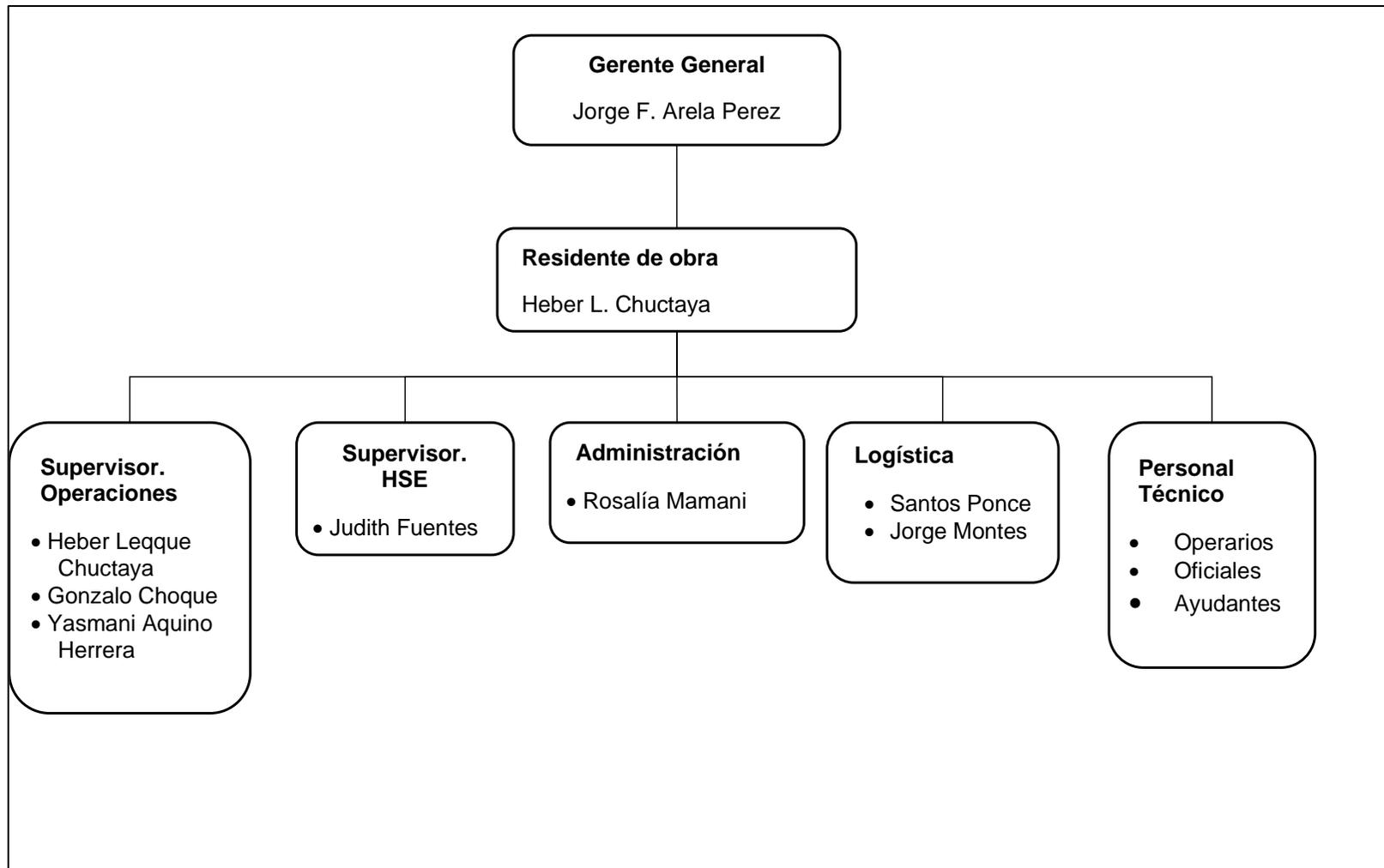
La empresa es fundada el 15 marzo del año 2013 por los socios Ángel Capa y Hugo Álvarez, donde, el mismo año, para ampliar su capital y equipos mecánicos deciden hacerse socios con la empresa Metal Mecánica siendo los dueños de esta empresa, Jorge Arela y Juan Cárdenas (2).

Desde julio del año 2013 la empresa A&C Business Corporation S. A. es conformada por cuatro socios, Ángel Capa, Hugo Álvarez, Jorge Arela y Juan Cárdenas, la primera licitación ganada se da con la compañía minera Hudbay ejecutando el proyecto de Remodelación de laboratorio metalúrgico, esto sirvió como una carta de presentación para poder ganar la primera licitación en Antapaccay, del

proyecto de Drenaje y construcción el año 2014, por el monto de S/ 3 400 000 soles, desde entonces la empresa fue ganando licitaciones dentro de las compañías mineras Antapaccay, Bambas, Hudbay, para el año 2022, y se obtuvo licitaciones dentro de la minera Marcobre (2).

### **1.3. Organigrama de la institución**

La empresa A&C Business S. A. se organiza internamente según lo mostrado en el organigrama de la figura 1.



*Figura 1. Organigrama de A&C Business Corporation S. A.  
Fuente: A&C Business S. A. (1)*

## **1.4. Visión y misión**

### **1.4.1. Visión**

Ser líderes en la prestación de servicios profesionales de mantenimiento, instalación e integración de proyectos para la industria en general a nivel regional y nacional (1).

### **1.4.2. Misión**

Ofrecer servicios profesionales de mantenimiento, instalación e integración de proyectos para la minería e industrias en general, apegados estrictamente a los estándares y normas de calidad de nuestros clientes, garantizando la confiabilidad de nuestra intervención en sus instalaciones, así mismo, respetar las normas de ecología y medio ambiente (1).

## **1.5. Bases legales o documentos administrativos**

La empresa A&C Business Corporation S. A. cumple y hace cumplir las normas legales a nivel nacional e internacional en los servicios que realizan mediante la política HSEC (1).

Las políticas de alcohol y drogas tienen como objetivo garantizar un ambiente de trabajo sin alcohol o drogas, con la intención de salvaguardar la integridad física y evitar accidentes por causa de estas sustancias. Los lineamientos de las políticas de alcohol y drogas se muestran en la figura 2.

La empresa también establece la política de negativa al trabajo, que contempla la prevención de situaciones de alto riesgo. Los lineamientos de la política de la negativa al trabajo se muestran en la figura 3.



## POLÍTICA DE ALCOHOL Y DROGAS

A&C ha establecido una política de Alcohol y Drogas para todas sus instalaciones, cuyo objetivo asegura un ambiente de trabajo libre de consumo de alcohol y drogas en beneficio de la seguridad, salud y bienestar de las personas, y la protección de los bienes de la empresa.

Esta política de Alcohol y Drogas es aplicable a todos los trabajadores de A&C que presten servicio en los sitios de trabajo, campamento e instalaciones de la empresa o fuera de ella en tanto se encuentren en cumplimiento de sus funciones.

En tal sentido los Lineamiento de la Política son los siguientes:

1. Asegurar las mejores prácticas empresariales, A&C manifiesta su política de TOLERANCIA CERO de Alcohol y Drogas.
2. Está totalmente prohibida la posesión, consumo, distribución y/o venta de alcohol o droga, así como el abuso en el uso de sustancias controladas dentro de las instalaciones de la compañía.
3. Desarrollar campañas de sensibilización para disuadir a los trabajadores del consumo de estas sustancias.
4. Realizar inspecciones inapropiadas de los ambientes de trabajo y/o recursos asignados (~~lockers~~, vehículos, mobiliario, entre otros) para asegurar el cumplimiento de la presente política.
5. La violencia de esta política, así como la oposición a las inspecciones o toma de muestras se considera falta grave y en consecuencia la Empresa puede adoptar medidas disciplinarias, inclusive dar por finalizado el contrato de trabajo por causa justa de acuerdo con lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Ley, según sea el caso.

A&C BUSINESS CORPORATION S.A.  
Jorge J. Arola Pérez  
GERENTE GENERAL

Espinar, Enero 2022

*Figura 2. Política sobre el consumo de alcohol y drogas en el trabajo  
Fuente. A&C Business S. A. (1)*



## POLÍTICA DE NEGATIVA AL TRABAJO

A&C establece una política de Negativa a trabajar en situaciones de alto riesgo para todas sus actividades, cuyo objetivo es prevenir la ocurrencia de incidentes y promover una cultura de seguridad y salud dentro de la empresa.

Esta política es aplicable a todos los trabajadores de A&C que presten servicio en los sitios de trabajo, instalaciones y equipos de la empresa o fuera de ella en tanto se encuentren en cumplimiento de sus funciones.

En tal sentido Lineamientos de la Política son los siguientes.

1. Los trabajadores tienen derecho a retirarse de cualquier área de trabajo al detectar un peligro de alto riesgo (equipos, instalaciones, herramientas) que atente contra su seguridad y salud, dando aviso inmediato a sus supervisores, hasta llegar a la solución del problema, sin ningún miedo a represalias por parte del supervisor.
2. El supervisor debe investigar inmediatamente en presencia del trabajador y de un supervisor de seguridad las condiciones reportadas.
3. Si la solución requiere de un análisis más profundo y especializado, el supervisor convocara a un equipo multidisciplinario para la evaluación del equipo o del lugar de trabajo.
4. Se promueve el ejercicio del Derecho a decir NO por parte de los trabajadores cuando no se den las condiciones para cumplimiento de protocolo COVID 19, cuando su estado de salud y/o condición física se encuentra mermada por causa de fatiga y somnolencia o consumo de medicamentos, situación que debe ser comunicada de inmediato al supervisor o su jefe inmediato.
5. El trabajador debe permanecer en un lugar seguro a menos que se le asigne otro trabajo adecuado o se le den otras órdenes mientras se realiza la investigación y se toma una decisión. Mientras que el equipo o lugar de trabajo reportado quedara paralizado.

A&C BUSINESS CORPORATION S.A.  
  
Jorge Araya Pérez  
GERENTE GENERAL

Espinar, Enero del 2022

*Figura 3. Políticas de negativa al trabajo.  
Fuente. A&C Business S. A. (1)*

### **1.6. Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales**

El área de Hidrogeología se encarga de realizar proyectos como la excavación de canales, perfilado con maquinaria y manual, instalación de maquinaria de bombeo y obras de drenaje de aguas subterráneas, realizando las actividades de montaje y desmontaje de tuberías, selección y montaje de motores eléctricos, soldadura, diseño de programas de mantenimiento preventivo y correctivo y el desarrollo de sistemas de drenaje y montaje de bombas horizontales y verticales.

Actualmente, el área de Hidrogeología se encuentra realizando la construcción de un canal de captación para las aguas de lluvia, que consta de las actividades siguientes:



*Figura 4. Excavación del canal con retroexcavadora*



*Figura 5. Trabajo de perfilado de la sección del canal*



*Figura 6. Perfilado manual de la sección del canal*



*Figura 7. Excavación de la poza con retroexcavadora*



*Figura 8. Izaje de las geomembranas para recubrir*



*Figura 9. Transporte de las geomembranas*



*Figura 10. Colocación de las geomembranas sobre el canal*

## **1.7. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución**

### **1.7.1. Descripción del puesto**

El puesto de asistente en la supervisión de proyectos consiste en dar asistencia en la investigación y recopilación de información necesaria para la elaboración de los proyectos aprobados. Realizar tareas administrativas que tengan relación con los proyectos, la gestión de los archivos de cada proyecto, elaborar documentos como cartas, oficios, etc. Asimismo, también debe asistir con la relación entre clientes y el resto de los servicios propios del proyecto en cuestión.

En la figura se puede observar un plano correspondiente a un techo estructural destinada como recinto de oficinas para el área de Hidrogeología. Las actividades realizadas correspondientes a mi cargo fueron las siguientes:

- Realizar los planos de fabricación a detalle de los componentes de la estructura del techo.
- Realizar la modelación de la estructura en 3D con el *software* SolidWorks.
- Realizar el metrado de los materiales a utilizar para la fabricación de la estructura del techo.
- Realizar el control de calidad de la fabricación de la estructura en fabricación.
- Realizar el plano de montaje de la estructura metálica.
- Supervisar el montaje de la estructura.
- Realizar un informe del proyecto

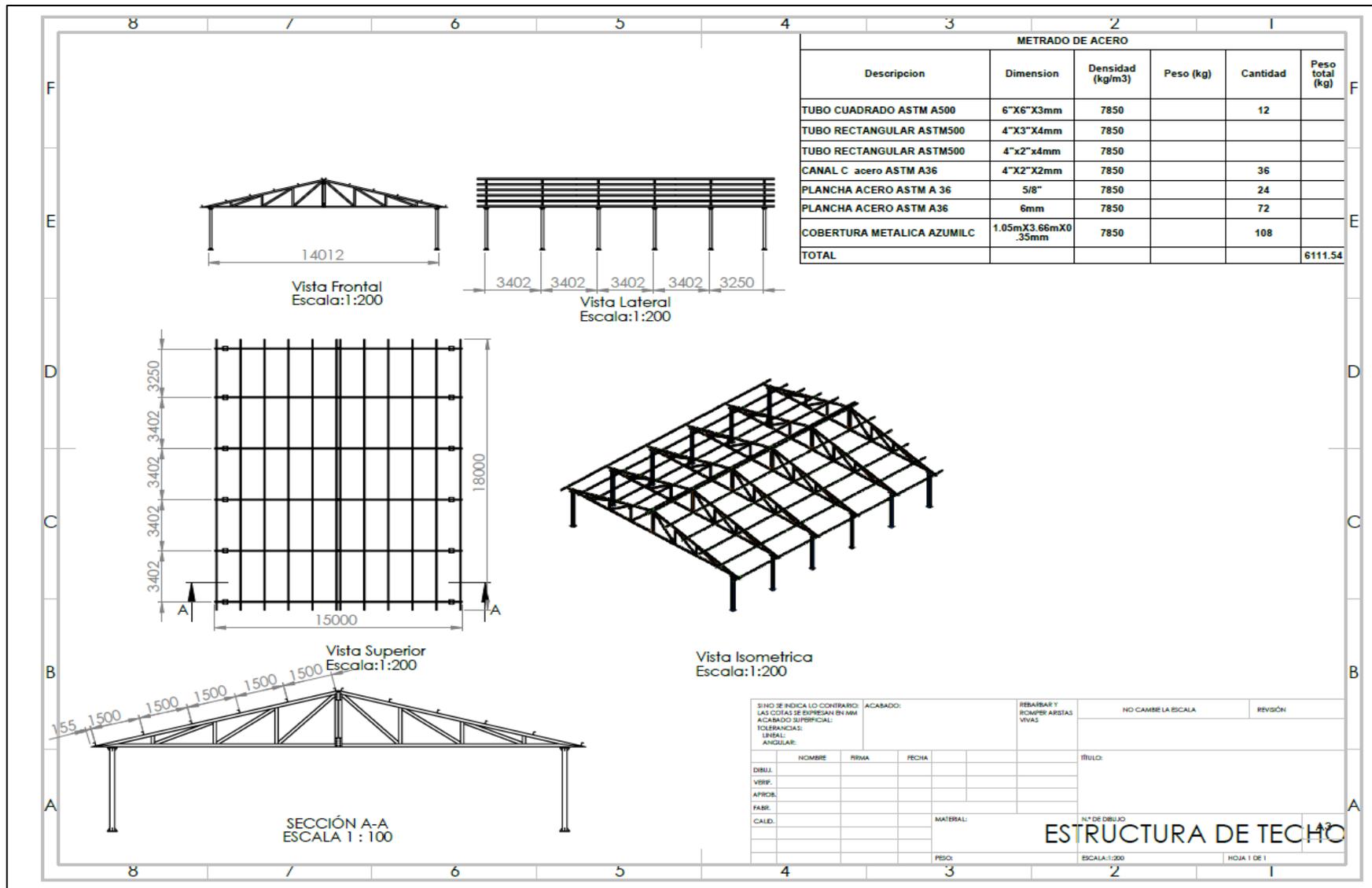


Figura 11. Elaboración del plano del techo estructural de las oficinas de Hidrogeología

### **1.7.2. Formación necesaria para el puesto**

Los requisitos para el puesto de asistente en la supervisión de proyectos son:

#### **1.7.2.1. Habilidades prácticas**

- Conocimiento de Excel y Word
- Dominio de programas de diseño computarizado
- Redacción de documentos

#### **1.7.2.2. Habilidades blandas**

- Creatividad
- Responsabilidad
- Puntualidad
- Adaptación
- Responsabilidad del puesto

### **1.7.3. Responsabilidades**

El puesto desempeñado por el investigador es de Asistente de supervisión de proyectos. Las competencias propias del puesto desempeñado consisten en la realización de las actividades siguientes:

- Realización de cálculos
- Elaboración de planos
- Redacción de documentos
- Elaboración de metrados

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES

#### 2.1. Antecedentes o diagnóstico situacional

Actualmente, se realiza la construcción de un canal y poza para la captación de agua de lluvia en la unidad minera Antapaccay, donde se utilizan sistemas flotantes de bombeo de agua.

#### 2.2. Identificación de oportunidades o necesidad en el área de actividad profesional

Las dimensiones de la poza para la recolección de agua de lluvia son de 7 m × 5 m, por lo que se requiere del diseño de una estación de bombeo con las dimensiones necesarias para la extracción del agua de la poza. En la figura se muestra la estación flotante sobre la barcaza.



*Figura 12. Barcaza de estación flotante de bombeo*

## **2.3. Objetivos de la actividad profesional**

### **2.3.1. Objetivo general**

Diseñar una barcaza para una bomba sumergible Tsurumi Pump LH422 – 61-30 hp mediante boyas de acero galvanizado en la unidad minera Antapaccay en el año 2022.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos planteados en el presente trabajo son:

- Determinar los parámetros de diseño de la barcaza.
- Diseñar los elementos de la barcaza mediante SolidWorks.
- Fabricar los elementos que conforman la barcaza.
- Determinar la inversión económica de la fabricación de la barcaza.

## **2.4. Justificación de la actividad profesional**

### **2.4.1. Justificación económica**

Según Arias y Covinos (3), la realización de una investigación se justifica económicamente si soluciona un problema monetario en una empresa. El empozamiento de las aguas subterráneas representa la interrupción de las operaciones programadas en la producción diaria, generando pérdidas económicas cuantiosas. Por tanto, el diseño de una estación de bombeo puede reducir las paradas de las operaciones en el tajo de la mina Antapaccay.

### **2.4.2. Justificación práctica**

La realización de este trabajo pretende solucionar el problema de sobredimensionamiento en barcazas de estaciones de bombeo flotantes aplicando la teoría del diseño mecánico, los principios de flotabilidad y sistemas de bombeo.

### **2.4.3. Justificación metodológica**

El trabajo presente desarrolla una metodología para la optimización del diseño de barcazas para bombas para la reducción de costos en su fabricación, aplicando la teoría del diseño mecánico de ingeniería y principios de flotabilidad, que puede ser aplicado a otras investigaciones que aborden la misma problemática.

#### **2.4.4. Justificación en seguridad**

El diseño de las barcazas anteriores fue sin las barandas de seguridad, que se añadió luego al diseño actual con el fin de salvaguardar la seguridad de los operarios de la bomba, asimismo, el cálculo considera un sobredimensionamiento del 10 % para garantizar estabilidad de la barcaza.

#### **2.5. Resultados esperados**

Se espera que la construcción de la barcaza cumpla con los requisitos para su funcionamiento en la poza de captación de agua de lluvia, asimismo, cumpla con los requisitos de seguridad para los trabajadores y represente un ahorro económico en su construcción en comparación a las barcazas compradas. Específicamente, los resultados que se esperan son:

- Se espera determinar el peso total de los componentes como la bomba, la baranda y la estructura de la plataforma que el flotador debe soportar.
- Se espera diseñar la barcaza conforme a los parámetros de diseño como la flotabilidad, volumen del flotador, estabilidad de la estructura, resistencia ante los esfuerzos.
- Se espera obtener los planos de la barcaza mediante el *software* SolidWorks.
- Se espera que se fabrique cada uno de los componentes que conforman la estructura total de la barcaza como barandas, plataforma y flotador.
- Se espera que la evaluación económica de la barcaza resulte ser económica en su fabricación.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas**

##### **3.1.1. Antecedentes**

Parte de la investigación realizada se centra en la búsqueda de investigaciones elaboradas anteriormente por otros autores, que servirán de refuerzo al presente trabajo, las que se describen a continuación:

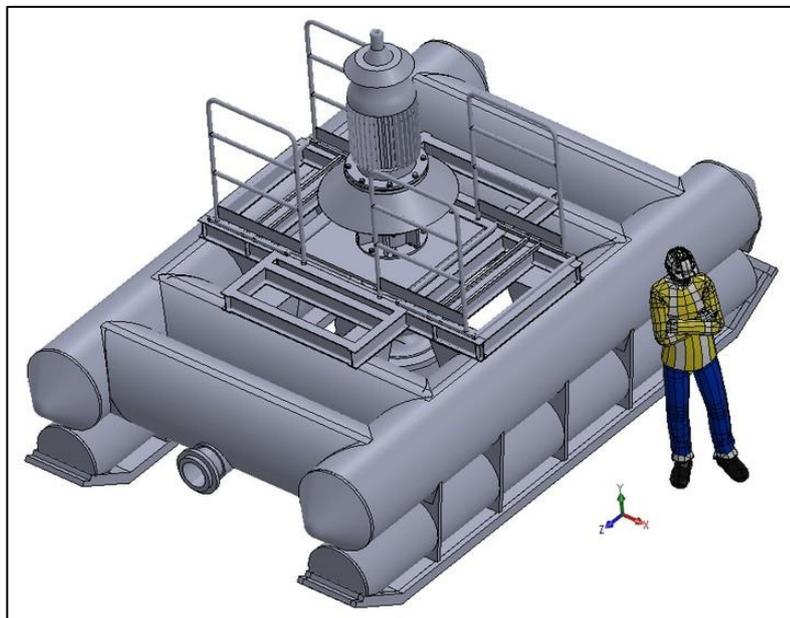
Ventura (4) diseñó un sistema nuevo para el bombeo de las aguas subterráneas de la mina Islay, para un mejor desarrollo de la producción de la mina, aplicando una investigación del tipo cuantitativo y diseño no experimental. Como resultado, se obtuvo que es necesario instalar dos estaciones de bombeo, cada una con una potencia de 1440 HP, obteniendo una mejora de 150 l/s a 200 l/s. Se concluyó que la empresa obtendrá un ahorro en energía del 24 % en comparación con el sistema actual.

Manchego (5) diseñó una estación de bombeo automatizada para mejorar la explotación de los recursos, utilizando una metodología de investigación de tipo aplicado y diseño no experimental. Los resultados de la investigación, se tuvo que el sistema automatizado de bombeo tuvo un caudal máximo de 30 l/s de agua subterránea, con un volumen de 2 592 000 litros de agua para uso de la población. Se concluyó que el beneficio económico del proyecto es de S/ 2 294 211.39.

### 3.1.2. Bases teóricas

#### 3.1.2.1. Estación de bombeo flotante

Una estación de bombeo es un sistema hidráulico para el transporte de fluidos y se utilizan en diversas industrias como sistemas de refrigeración, transporte de agua en edificios, transporte de agua residuales y sistemas contra incendios (6). Las estaciones flotantes de bombeo son estructuras navales que utilizan boyas o flotadores metálicos, que mantienen a flote una plataforma donde se halla el sistema de bombeo, y se utilizan para el bombeo en pozos de recolección de agua, que se destina para diversos usos. En la figura 13 se muestra una estación de bombeo flotante.



*Figura 13. Estructura de una estación de bombeo flotante  
Fuente: Tomado de MAHA ICMI (7)*

Una estación de bombeo se conforma de los elementos siguientes: unidad de apoyo técnico para el saneamiento básico del área rural (UNATSABAR) (8).

- Caseta de bombeo
- Cisterna de bombeo
- Tubería de succión
- Tubería de impulsión
- Válvulas de regulación
- Etcétera

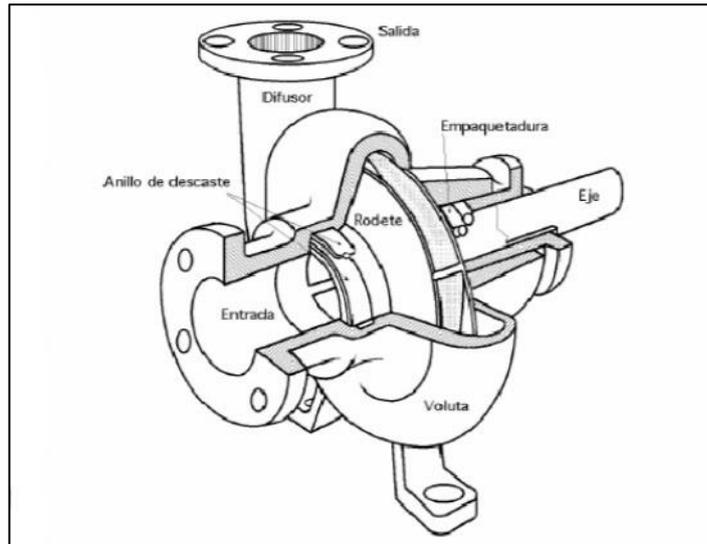
### **3.1.2.2. Equipo de bombeo**

Dentro de las turbomáquinas, se clasifican los equipos que añaden energía a un fluido (gas o líquido) generando un aumento en su presión, por lo que se conoce a estos dispositivos como absorbedores de energía a diferencia de las turbinas que son turbomáquinas que generan energía (9). Dentro de estos dispositivos tenemos a las bombas, que son máquinas hidráulicas que sirven para mover líquidos, incrementando su presión. Las bombas se pueden clasificar en:

- Las bombas de desplazamiento positivo agrupan a las bombas reciprocantes, rotorias, de engrane, tornillo, paletas, etc.
- Las bombas rotodinámicas agrupan a las bombas axiales y centrífugas.
- Las bombas de chorro

### **3.1.2.3. Bombas rotodinámicas**

Según Jiménez (9) son el tipo de bomba que han conseguido mayor relevancia por sus amplias variedades de aplicación, ofreciendo mayor velocidad de funcionamiento y mínimos elementos de desgaste. Las bombas rotodinámicas se conforman de un rodete impulsor con álabes, que por medio del accionamiento del motor transmite la energía al fluido, que fluye a través del cuerpo o voluta dirigiéndolo al exterior. La figura 14 muestra la estructura de una bomba centrífuga, donde se puede observar la entrada donde se recibe al fluido (en dirección axial), para luego llevarse al rodete impulsor, donde se transmite la energía al fluido, que recorre el canal de la voluta para despedirse al exterior en la salida (dirección radial).



**Figura 14. Estructura de una bomba centrífuga**  
Fuente: Seguas (10)

### 3.1.2.4. Parámetros de operación de una bomba

a) **Caudal Q:** se define como la cantidad de fluido entregado por unidad de tiempo.

$$Q = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

**Donde**

Q: caudal en m<sup>3</sup>/s

m: flujo másico en kg/s

$\rho$ : densidad en kg/m<sup>3</sup>

b) **Altura o carga neta H:** se determina mediante la diferencia de la carga de Bernoulli en la entrada y salida:

$$H = \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{salida} - \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_{entrada} \quad (2)$$

c) **Trabajo hecho por el fluido W<sub>fluido</sub>:** se expresa matemáticamente como:

$$W_{fluido} = \rho g Q H \quad (3)$$

d) **Potencia de freno  $P_{freno}$ :** se expresa como:

$$P_{freno} = \omega \times T \quad (4)$$

e) **Eficiencia de la bomba:** se define como el cociente entre la potencia consumida y la potencia disponible, tal como se expresa en la ecuación siguiente:

$$\eta = \frac{\rho g Q H}{\omega \cdot T} \quad (5)$$

**Donde**

$\eta$ : eficiencia de la bomba

$\rho$ : densidad en  $\text{kg/m}^3$

T: Torque en N.m

g: aceleración de la gravedad en  $\text{m/s}^2$

Q: caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

$\omega$ : velocidad angular en rad/s

### 3.1.2.5. Carga de aspiración

Es el valor de la energía que posee el fluido al llegar a la boca de succión de la bomba hidráulica, expresada en metros de líquido. Se define como la suma de la carga de presión, la carga cinética y la altura geográfica o cota en la boca de succión de la bomba.

$$Ha = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \sum h_a \quad (6)$$

**Donde**

Ha: es la carga de succión o aspiración

$\Sigma h_a$ : son las pérdidas por fricción

### 3.1.2.6. Carga de impulsión

Es la energía cinética que posee el fluido en el punto de salida de la bomba, y se expresa en metros de líquido. Se define como la suma de la carga de presión, la carga cinética y la altura geométrica en la boca de impulsión de la bomba. Se calcula mediante la ecuación.

$$H_i = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_i \quad (7)$$

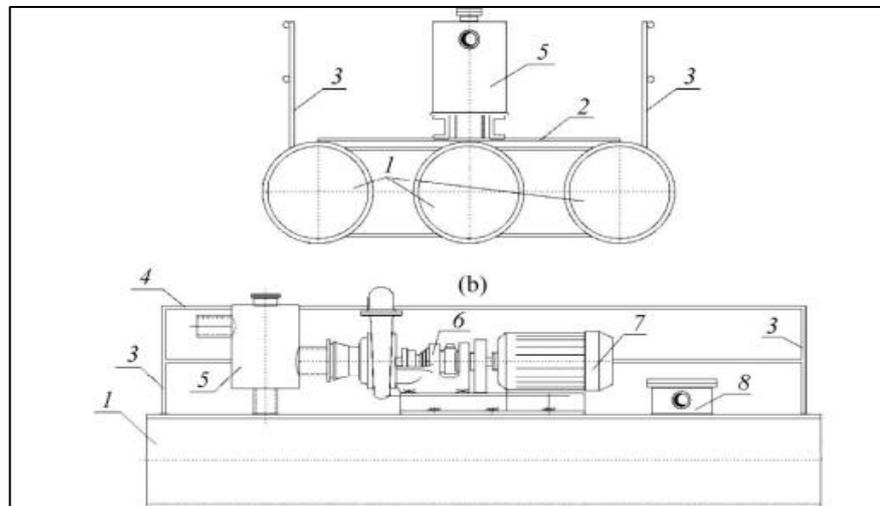
**Donde**

Hi: es la altura de impulsión

Σhi: son las pérdidas por fricción

**3.1.2.7. Diseño de pontones o plataformas flotantes**

La minería a cielo abierto requiere de un sumidero para evitar la inundación de la mina en cielo abierto. El bombeo se realiza mediante estaciones de bombeo flotantes los que se ubican en los sumideros (11). Existen dos tipos de diseño de estas plataformas: el primero son pontones de tubos flotadores soldados y colocados de forma paralela entre sí, sosteniendo la plataforma donde se coloca la bomba, y se suele usar un número impar de flotadores (entre 3 y 5), tal como se muestra en la figura 15. El segundo tipo de pontón pone tubos en forma rectangular de la estructura y sobre estos se instala la plataforma junto al resto de equipos.



**Figura 15. Plataforma flotante de una bomba**  
Fuente: Cherdantsev (11)

La teoría correspondiente al diseño de la estructura flotante suele ser el cálculo de flotabilidad de los flotadores y su capacidad de mantener la estabilidad en el agua.

### 3.1.2.8. Estabilidad

Es un parámetro importante para que la estructura se mantenga a flote frente a olas sin volcarse. Para que un cuerpo sea estable debe cumplir el principio de Arquímedes, expresa que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un fluido recibe un empuje vertical, hacia arriba, igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo. Además, es necesario que se cumplan ciertas condiciones:

1. Primera condición: el cuerpo sumergido debe permanecer en equilibrio, es decir, que el peso del cuerpo debe ser igual al empuje que recibe por parte del fluido.
2. Segunda condición: indica que existe un punto llamado centro de empuje, y para que exista el equilibrio, se debe cumplir la primera condición y que el centro de gravedad de la parte sumergida debe estar alineado con el centro de flotación.

### 3.1.2.9. Parámetros de cálculo de flotabilidad

Los parámetros de flotabilidad del flotador que sostiene la estructura suelen incluir el peso total que soportará la estructura:

- a) Peso del pontón o flotador: el flotador se ve afectado por su propio peso, así como el peso de la bomba, la estructura y el personal del servicio (11). El peso de la estructura se puede hallar mediante la ecuación:

$$W = mg \quad (8)$$

#### Donde

W: es el peso total en N

m: es la masa total de la estructura en kg

g: es la aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

- b) Centro de gravedad: este parámetro sirve para determinar la estabilidad de la barcaza. Se determina mediante las ecuaciones siguientes:

$$x = \frac{1}{m} \sum m_i \cdot x_i \quad (9)$$

$$y = \frac{1}{m} \sum m_i \cdot y_i \quad (10)$$

$$z = \frac{1}{m} \sum m_i \cdot z_i \quad (11)$$

c) Fuerza de flotabilidad: se halla mediante el producto del volumen del flotador, la densidad del fluido y la gravedad. Se expresa mediante las ecuaciones:

$$W = mg \quad (12)$$

$$F_{flot.} = V \times \rho \times g \quad (13)$$

## **CAPÍTULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES**

#### **4.1. Descripción de actividades profesionales**

##### **4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales**

El proyecto de la barcaza para la bomba sumergible Tsurumi Pump - LH422 – 30 HP, describe los procedimientos técnicos para el diseño de la barcaza, como recursos, cronogramas y entregables. Los procesos del proyecto deben proporcionar un enfoque consistente para llevar a cabo la fabricación de la barcaza.

##### **4.1.2. Alcance de las actividades profesionales**

En las etapas del desarrollo de la barcaza es necesario disponer de la metodología que se seguirá para concluir el proyecto, así como también, debe describir el seguimiento de las actividades, con el objetivo de evitar incidentes no deseados en el trayecto.

##### **4.1.3. Entregables de las actividades profesionales**

Parte de los resultados de las actividades profesionales realizadas son los entregables con la información técnica del proyecto:

- Entregable 1: memoria de cálculo de la estructura de la barcaza
- Entregable 2: planos de la estructura de la barcaza
- Entregable 3: metrado de la estructura

## 4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

### 4.2.1. Metodología

La metodología llevada a cabo para lograr el objetivo principal es:

- **Determinación de los parámetros de diseño:** consistió en calcular las variables principales que influyen en el diseño de la barcaza, las que son el peso total sobre la barcaza, las dimensiones del flotador y los esfuerzos producidos.
- **Diseño:** consistió en el dimensionamiento de la estructura en base a los parámetros calculados.
- **Fabricación:** la fabricación de la estructura de la barcaza se realizó en base a los planos obtenidos.
- **Evaluación técnico-económica:** se realizó la obtención de los costos de mano de obra y materiales para la construcción de la barcaza.
- **Puesta en marcha:** se puso en operatividad la barcaza de la estación de bombeo sumergible en la poza para la extracción de agua.

### 4.2.2. Técnicas

Las técnicas aplicadas en el proyecto de la barcaza fueron las siguientes:

#### 4.2.2.1. Diseño de ingeniería

Consiste en la realización de los cálculos ingenieriles para dimensionar la estructura y el diseño CAD mediante el *software* SolidWorks de la estructura de la barcaza.

#### 4.2.2.2. Trazado

Se realiza el trazado sobre las planchas de acero galvanizado para la construcción de las boyas, y en los segmentos de las barandas.

#### 4.2.2.3. Proceso de corte

Se cortan las piezas previamente trazadas en el metal para luego ser soldadas. También se corta la plancha para cubrir la tarima de la plataforma.

#### **4.2.2.4. Soldadura**

Se sueldan las piezas de la boya, las barandas y la estructura de soporte de la plataforma mediante la técnica de soldadura por arco eléctrico.

### **4.2.3. Instrumentos**

#### **4.2.3.1. Software SolidWorks**

SolidWorks es un *software* usado para el diseño asistido por computadora para la elaboración de piezas, ensamblajes, simulaciones y elaboración de planos en ingeniería (12). Este programa CAD fue utilizado para la elaboración de las piezas y planos de la barcaza.

#### **4.2.3.2. Trazado manual**

El trazado de las piezas es realizado de manera manual sobre la plancha, trazando las líneas de construcción de las piezas de la barcaza, como la estructura de soporte, las barandas y la boya.

#### **4.2.3.3. Moladora**

Las piezas de metal se cortaron utilizando una máquina moladora.

#### **4.2.3.4. Máquina de soldar**

La soldadura de las piezas se realizó utilizando una máquina de soldadura por arco eléctrico.

### **4.2.4. Equipos y material utilizados en el desarrollo de las actividades**

Los equipos complementarios utilizados para el desarrollo del proyecto son:

- Laptop
- Computadoras de escritorio
- Impresoras
- Microsoft Excel

## **4.3. Ejecución de las actividades profesionales**

### **4.3.1. Cronograma de actividades realizadas**

En este punto se presenta el cronograma de las actividades programadas para la elaboración del diseño de la barcaza para la bomba sumergible. La tabla muestra el cronograma de las actividades.

**Tabla 1. Cronograma de actividades**

Ítem	Actividad	Semanas							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	Realizar cálculos para el dimensionamiento de estructura de la boya								
2	Entregable 1								
3	Diseño CAD de las piezas de la barcaza								
4	Generación de planos de la estructura de la barcaza								
5	Entregable 2								
6	Realización de los metrados de la barcaza								
7	Entregable 3								
8	Trazado de las piezas para la boya								
9	Trazado de los perfiles de soporte								
10	Trazado de los tubos de la baranda								
11	Corte de las piezas la boya								
12	Corte de los perfiles de la estructura de soporte								
13	Corte de los tubos de la baranda								
14	Soldadura de la boya								
15	Soldadura de la baranda								
16	Soldadura del soporte								
17	Armado de la barcaza								

#### 4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

En este apartado, se desarrolla la secuencia llevada a cabo para el diseño y construcción de la barcaza, para la estación flotante de bombeo. El proceso y secuencia sigue el orden siguiente:

##### 4.3.2.1. Determinación de los parámetros de diseño

En este apartado se determinan los parámetros de diseño para el dimensionamiento del flotador, que es la parte más importante de la estructura, ya que sostiene sobre sí todo el peso de la plataforma, asimismo, su volumen genera la fuerza de flotación necesaria para mantener a flote la estación de bombeo.

**a) Peso de la estructura sobre la boya:** Para el dimensionamiento de la boya, primero se determina el peso de que debe soportar el flotador mediante la expresión.

$$P = Mg$$

**Donde**

P: peso de toda la estructura en N

g: aceleración de la gravedad en  $m/s^2$

M: masa total de todas los componentes de la estructura en kg

La masa total M se determina con la ecuación siguiente:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i$$

En la tabla 2 se muestran los valores de las masas de los componentes que debe soportar el flotador o boya.

**Tabla 2. Masas de los componentes**

Masas	Símbolo	Valor	Unidad
Masa de operarios	$m_1$	160	kg
Masa de la bomba	$m_2$	1000	kg
Masa de barandas	$m_3$	100	kg
Masa de grating	$m_4$	13 5	kg
Masa de plataforma	$m_5$	200	kg
<b>Masa total <math>\Sigma m_i</math></b>	<b>M</b>	<b>1595</b>	<b>kg</b>

Con el valor total de la masa M, se determina el peso P que actúa sobre la boya aplicando la ecuación, obteniendo:

$$P = 1595 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 15646.95 \text{ N}$$

Considerando un factor de seguridad del 10 %, el valor del peso para el diseño es:

$$P = 1.10 \times 15646.95 \text{ N}$$

$$P = 17211.645 \text{ N}$$

**b) Dimensiones de la boya:** la fuerza de flotabilidad se calculó aplicando el principio de Arquímedes, que se expresa en la ecuación:

$$Q = \rho g V_1$$

Para que la estructura se halle en equilibrio, la suma de las fuerzas de flotabilidad y peso deben ser cero:

$$P - Q = 0$$

$$P = Q$$

$$P = \rho g V_1$$

De la ecuación podemos determinar el volumen sumergido  $V_1$ . Despejando se tiene que:

$$V_1 = \frac{P}{\rho g}$$

$$V_1 = \frac{17211.645 \text{ N}}{\left(997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \times \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)}$$

$$V_1 = 1.750 \text{ m}^3$$

El volumen total  $V_0$  se determinó mediante la fórmula que lo relaciona con el volumen sumergido  $V_1$ . El factor de flotabilidad de  $k_f$  según Cherdantsev, tiene un valor de 0.3:

$$V_0 = V_1 + V_i$$

$$V_0 = (1 + k_f) \times V_1$$

$$V_0 = (1 + 0.3) \times 1.750 \text{ m}^3$$

$$V_0 = 2.275 \text{ m}^3$$

El volumen total  $V_0$  también se expresa mediante la ecuación que sigue a continuación. Donde  $j$  es el número de flotadores,  $R$  es el radio del flotador y  $L$  es su longitud. La longitud de los lados de la boya se determinó en 2 m.

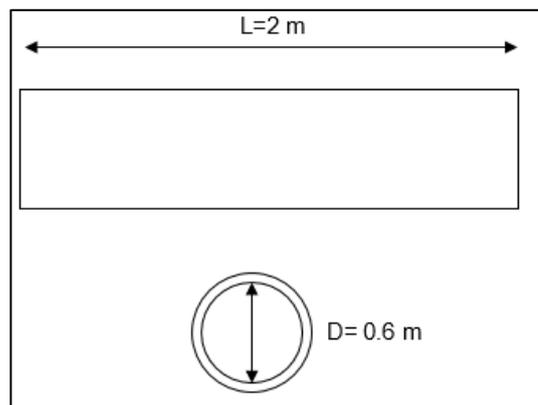
$$V_0 = j\pi R^2 L$$

$$\frac{2.275 m^3}{4 \times \pi \times 2 m} = R^2$$

$$R^2 = 0.091 m^2$$

$$R = 0.3 m$$

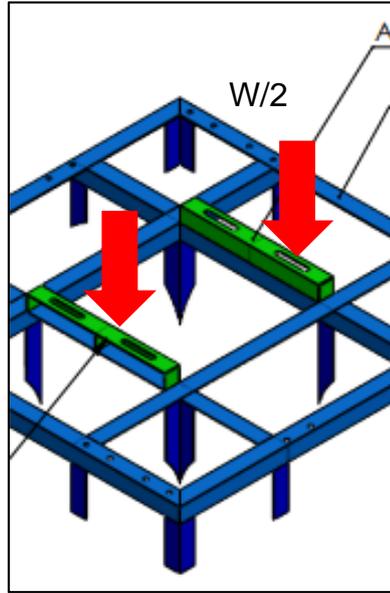
La forma de la boya se conforma de cuatro flotadores cilíndricos con las dimensiones siguientes:



*Figura 16. Dimensiones del tubo del flotador*

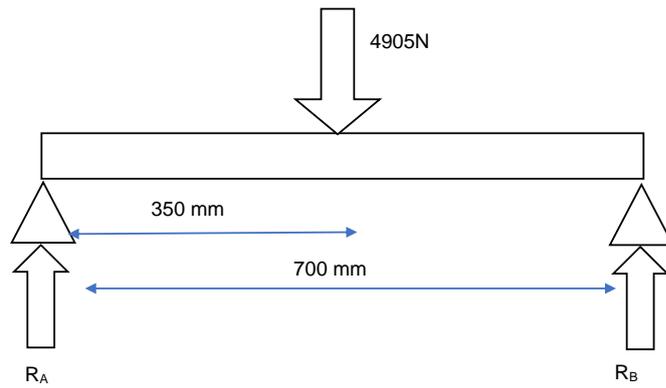
#### 4.3.2.2. Análisis de los esfuerzos en la estructura de soporte

Se realizó el análisis de los esfuerzos en los puntos críticos de la estructura de soporte. El análisis se realizó en las vigas donde descansa todo el peso de la bomba sumergible como se observa en la figura 17. El peso de la bomba se distribuye en ambas vigas con un valor de 4905 N en cada viga. Las vigas son perfiles de acero estructural de  $3'' \times 3'' \times 1/4''$  A 36.



*Figura 17. Distribución de las cargas en las vigas*

Los perfiles se analizaron como una viga apoyada en los extremos como en la imagen:



*Figura 18. Perfiles analizados como una viga apoyada en los extremos*

Del análisis de momentos se obtiene que:

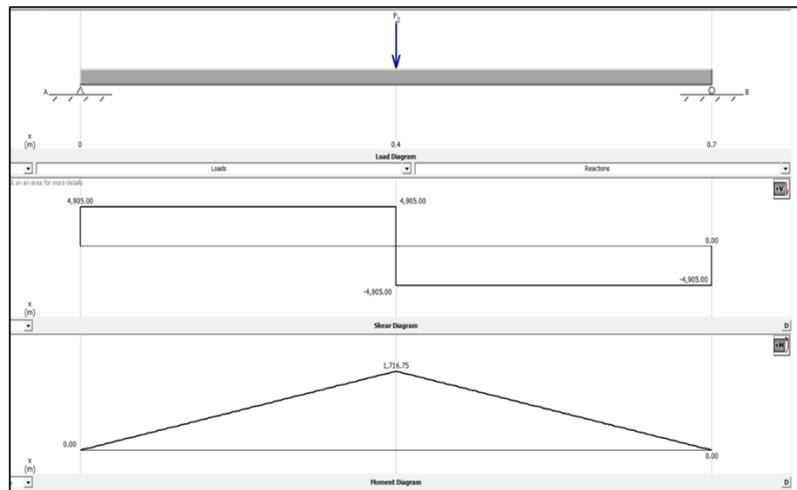
$$\sum M = R_B \times 0.7 - 1716.75 =$$

$$R_B = 2452.50\text{ N}$$

Del análisis de fuerzas se obtiene que:

$$R_a = 2452.50\text{ N}$$

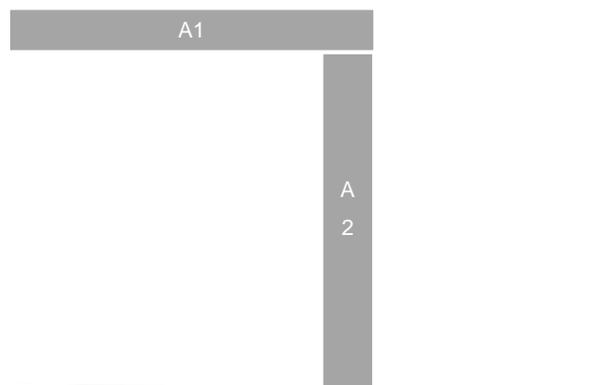
En la figura 19 se muestran los diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga.



**Figura 19. Diagramas de fuerza cortante y momento flector de la viga**

Del diagrama se obtuvo el momento flector máximo que es igual a 1716.75 N.m.

Como se mencionó anteriormente, la viga es un perfil de acero estructural A36 3'' × 3'' × ¼''. El área transversal del perfil se representó como la suma de dos rectángulos como se muestra en la figura 20.



**Figura 20. Sección transversal del perfil**

El cálculo del centroide y momento de inercia se observa en la tabla 3.

**Tabla 3. Cálculo del momento de inercia del perfil**

Figura	Base b	Altura h	$A_i$	$Y_i$	$A_i \times Y_i$	$I_i$	$d_i$	$A_i \times d_i^2$	$I_i + A_i \times d_i^2$
1	3	0.25	0.75	2.875	2.156	0.00390625	0.717	0.38598771	0.38989396
2	0.25	2.75	0.6875	1.375	0.945	0.43326823	0.783	0.4210775	0.85434573
$\Sigma$			1.4375		3.102				1.244

Pasando el valor del momento de inercia de  $\text{in}^4$  a  $\text{m}^4$ , tenemos que el momento de inercia  $I$  es  $5.1789166 \times 10^{-7} \text{ m}^4$ . Asimismo, el centroide calculado es de  $0.05481 \text{ m}$ . El esfuerzo sobre los perfiles se calculó con la ecuación siguiente:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{1716.75 \text{ N.m}}{5.178916 \times 10^{10} \text{ m}^4 \times 0.05481 \text{ m}} = 60.47952 \text{ GPa}$$

El módulo de elasticidad del acero estructural A36, es  $210 \text{ GPa}$ , que es un valor muy superior al esfuerzo generado por el peso de la bomba, por tanto, la pieza no falla.

#### 4.3.2.3. Diseño CAD de la barcaza

Con las dimensiones principales del flotador se procedió a realizar el diseño mediante el *software* para diseño mecánico SolidWorks. Asimismo, se obtuvo los planos correspondientes para la posterior elaboración de cada pieza.

**a) Flotador:** El flotador o boya tiene forma rectangular y se conforma de cuatro tubos cilíndricos de  $2 \text{ m}$  de lado exterior y un diámetro de  $660 \text{ mm}$ , con cortes en las esquinas de los tubos a  $45$  grados, y se construyeron con plancha galvanizada de acero de  $1/8''$ . La figura 21 muestra la vista superior y frontal de la boya.

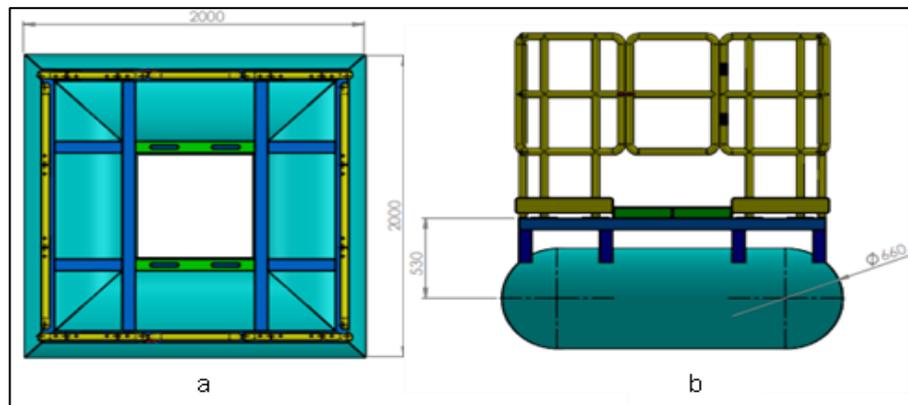
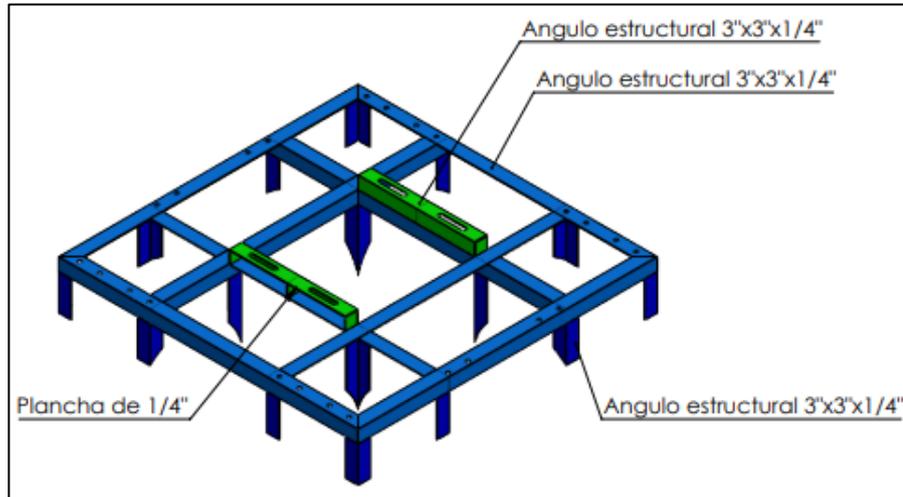


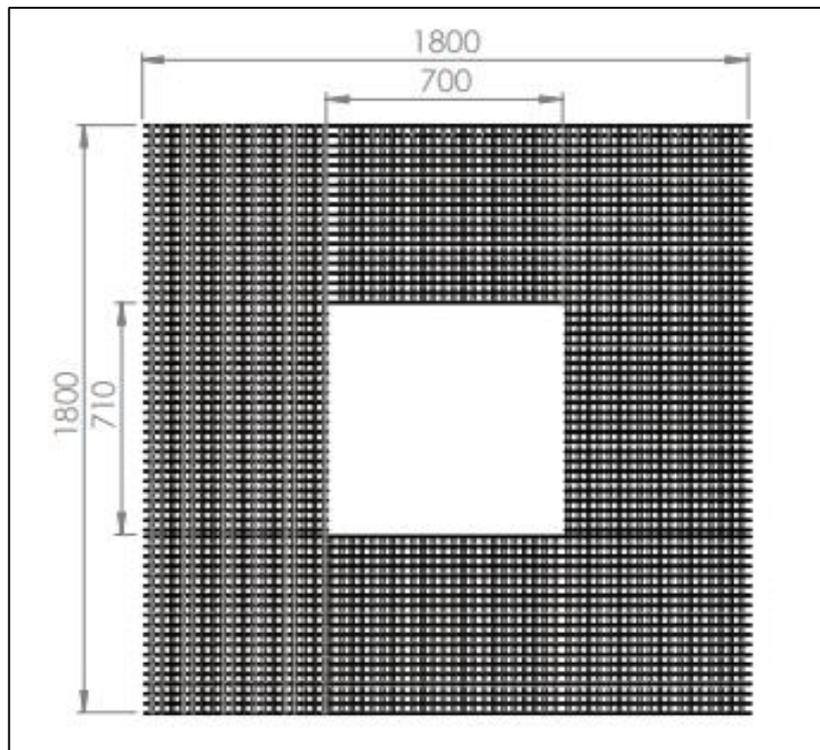
Figura 21. Vistas del flotador: a) superior, b) frontal

- b) **Plataforma:** tiene como dimensiones 1800 mm de lado, de forma cuadrada. Se utilizó ángulos estructurales de 3" × 3" × 1/4", plancha de 1/4". La forma de la plataforma se observa en la figura 22.



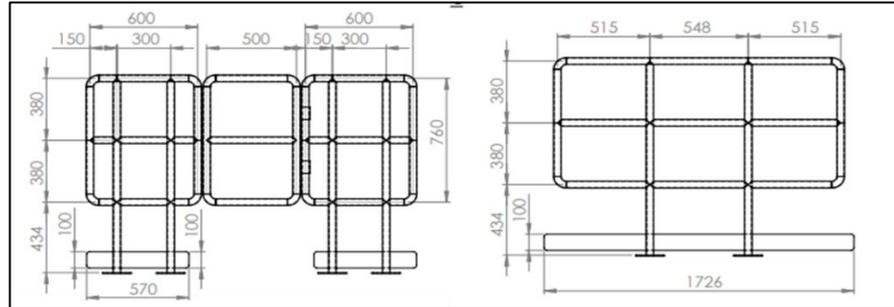
*Figura 22. Vista isométrica de la plataforma*

- c) **Grating antideslizante ARS-6A:** el piso o rejilla metálica se monta sobre la plataforma, y forma el piso de la estructura. Sus dimensiones son de 1800 mm de cada lado con un peso de 135 kg. En la figura 23 se muestra la estructura del piso de rejilla.



*Figura 23. Dimensiones del piso de Grating ARS-6A*

**d) Baranda:** se diseñó con tubo redondo LAC ASTM-A500 de  $1\frac{1}{4}'' \times 2$  mm, y para la placa base se utilizó una plancha estructural de  $\frac{1}{4}''$  y plancha de  $\frac{1}{6}''$ . Las medidas de la baranda son las que se muestran en la figura 24.



*Figura 24. Vista de las barandas de la estructura*

#### 4.3.2.4. Fabricación

La fabricación de la barcaza para la estación flotante se realizó mediante los procedimientos que se describen a continuación:

**a) Habilitación del material:** Se realizó la adquisición de los materiales como las planchas galvanizadas, se realizó el corte de las planchas, perfiles y tubos tal como se muestra en la figura 25. Luego se realizó el rolado de las planchas y tubos.



*Figura 25. Tubos y perfiles cortados*

b) **Armado de la estructura:** El armado de la estructura se realizó apuntalando las piezas para las barandas, estructura de soporte y el flotador. Las figuras 26 y 27 muestran las barandas y el soporte con armados mediante puntales para su posterior soldadura.



*Figura 26. Armado de las barandas de la barcaza*



*Figura 27. Armado del soporte*

c) **Soldeo:** Las piezas armadas se sueldan aplicando soldadura de raíz como se muestra en la figura, donde se observa la estructura del flotador ya terminado.



*Figura 28. Soldadura de las piezas del flotador*



*Figura 29. Soldadura de las barandas*

d) **Limpieza mecánica:** Este procedimiento de acabado consiste en el retiro de escoria y salpicadura producidas por la soldadura para luego pintarse cada pieza. En la figura 30 se observan las barandas ya pulidas después del soldeo.



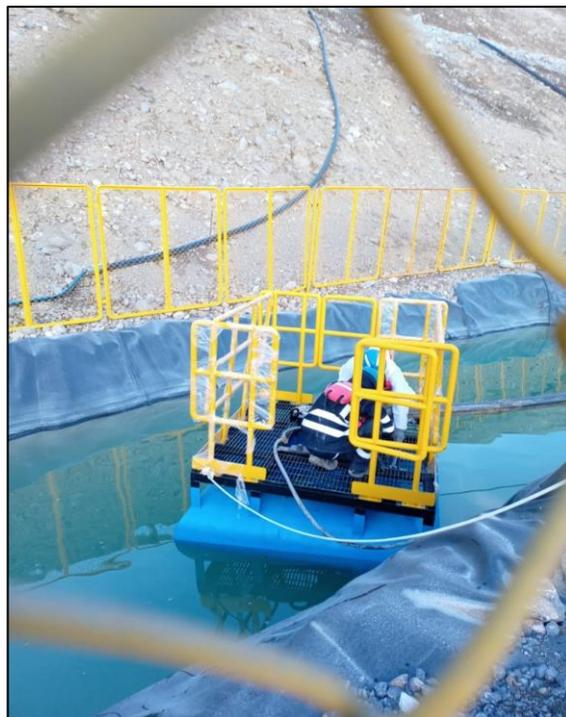
*Figura 30. Acabado de las barandas*

- e) **Pintado de la estructura:** Después de la limpieza mecánica, se procede con el pintado de todas las partes que conforman la estructura.



*Figura 31. Pintado de los componentes de la barcaza*

- f) **Puesta en marcha:** La estructura se puso en funcionamiento luego de su construcción. La barcaza logró mantenerse operativa en la poza para la recolección de agua de lluvias. Asimismo, se demostró que es capaz de soportar el peso de los operarios, soporte y de la bomba sin perder estabilidad. En la figura 32 se ve la barcaza en operación.



*Figura 32. Puesta en marcha de la barcaza*

#### 4.3.2.5. Inversión económica de la fabricación de la barcaza

En este apartado se realiza el presupuesto económico del diseño y fabricación de la investigación. Para la realización del presupuesto económico se consideraron los costos en materiales y los respectivos a la mano de obra de cada una de las estructuras que conforman la pieza en general.

a) **Costos de la construcción de la boya:** los costos de la construcción se detallan a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4. Costos de la boya**

Descripción	Unidad	Metrado	Precio (S/)	Total (S/)
Movilización de materiales	kg	550.00	0.82	451.00
Trazo y corte de material (acero pesado)	kg	550.00	4.67	2568.50
Acero estructural A-653 (acero pesado)	kg	550.00	9.96	5478.00
Acabado superficial (limpieza mecánica)	m <sup>2</sup>	22.24	5.80	128.99
Pintado de estructuras metálicas (1 mano anticorrosivo + 2 mano tráfico)	m <sup>2</sup>	44.48	37.98	1689.35
<b>Total (A)</b>				<b>10 315.84</b>

b) **Costos de la construcción de plataforma:** los costos de la plataforma se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5. Costos de la plataforma**

Descripción	Unidad	Metrado	Precio (S/)	Total (S/)
Movilización de materiales	kg	514.00	1.31	673.34
Trazo y corte de material (acero pesado)	kg	514.00	4.67	2400.38
Acero estructural A-36 (acero pesado)	kg	514.00	9.96	5119.44
Acabado superficial (limpieza mecánica)	m <sup>2</sup>	10.40	5.80	60.32
Pintado de estructuras metálicas (1 mano anticorrosivo + 2 mano tráfico)	m <sup>2</sup>	20.80	37.98	789.98
<b>Total (B)</b>				<b>9043.46</b>

c) **Costos de la construcción de las barandas:** el costo de la baranda se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6. Costos de la baranda**

Descripción	Unidad	Metrado	Precio (S/)	Total (S/)
Movilización de materiales	kg	255.00	0.08	20.40
Trazo y corte de material (acero pesado)	kg	255.00	4.67	1190.85
Acero estructural A-36 (acero pesado)	kg	255.00	9.96	2539.80
Acabado superficial (limpieza mecánica)	m <sup>2</sup>	10.88	5.80	63.10
Pintado de estructuras metálicas (1 mano anticorrosivo + 2 mano tráfico)	m <sup>2</sup>	21.76	37.98	826.44
<b>Total (C)</b>				<b>4640.60</b>

El precio total de la construcción de la barcaza se calcula de la siguiente manera:

**Tabla 7. Costo total**

Descripción	Costo (S/)
Total (A)	10 315.84
Total (B)	9043.46
Total (C)	4640.60
Subtotal	23 999.91
Gastos generales (16 %)	3839.98
Utilidad (10 %)	2399.99
<b>Presupuesto total</b>	<b>30 239.88</b>

El costo total de la construcción de la barcaza resulta ser de S/ 30 239.88.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Resultados finales de las actividades realizadas**

- Se determinó los parámetros de diseño para el dimensionamiento de la barcaza. Los parámetros principales que intervinieron en el cálculo fueron el peso total que descansa sobre el flotador y la fuerza de flotabilidad. Las dimensiones principales de la barcaza son de 4 m<sup>2</sup>, con un perímetro de 8 m. El flotador tiene forma rectangular, y se conforma de cuatro tubos cilíndricos de 2 m de longitud, con un diámetro externo de 660 mm.
  
- Se realizaron los planos de cada uno de los elementos que conforman la barcaza mediante el *software* SolidWorks. Los planos obtenidos corresponden al flotador, barandas, piso *grating* y soporte metálico.
  
- La fabricación de la barcaza se realizó siguiendo el procedimiento siguiente: primero se realizó la **actividad 1**, luego, se procedió con la **actividad 2**.
  
- El costo de la barcaza se divide en costos de la boya, costos de plataforma y costo de barandas. Los costos totales ascienden a S/ 30 239.88.

#### **5.2. Logros alcanzados**

Se logró diseñar y construir una barcaza con las dimensiones óptimas requeridas para la poza de recolección de agua de lluvias, ya que el espacio disponible no permite el uso de las barcazas disponibles que tiene mayores dimensiones. Los logros específicos alcanzados son:

- Se logró realizar el dimensionamiento de la barcaza en función de los parámetros principales como el peso que debe soportar la estructura y el volumen del flotador.
- Mediante el *software* SolidWorks se logró hacer las piezas y obtener los planos de la estructura.
- Se logró hacer los procesos de fabricación de la pieza como el armado de la estructura, soldeo, limpieza de la escoria y pintado.
- Se realizó el presupuesto de la fabricación de la barcaza. Se dividieron los costos en costos materiales y costos de mano de obra.

### **5.3. Dificultades encontradas**

La dificultad principal para el diseño de la barcaza fue las escasas referencias, antecedentes e información académica que hable específicamente sobre el diseño y construcción de estaciones flotantes de bombeo. La única fuente hallada que abordó el tema sobre el diseño de estaciones flotantes de bombeo fue el trabajo del autor Cherdantsev (11), donde plasma una base teórica para el cálculo de pontones de flotadores de tubos paralelos. Por tanto, para lograr dimensionar el flotador se recurrió a distintas fuentes que aborden los cálculos de flotabilidad de embarcaciones en general.

### **5.4. Planteamiento de mejoras**

#### **5.4.1. Metodologías propuestas**

Se propuso una base teórica para el cálculo de flotadores de estaciones flotantes de bombeo que consiste en:

- Determinación del peso de la carga
- Determinación del volumen necesario para mantener a flote la carga útil que ha de sostener el flotador.

#### **5.4.2. Descripción de la implementación**

La barcaza será utilizada como estación flotante de bombeo para el pozo de recolección del agua de lluvias, transportando una bomba sumergible de la marca Tsurumi Pump modelo LH422 – 61.

### **5.5. Análisis**

El proyecto partió con el diseño y dimensionamiento de las estructuras de la barcaza, para luego pasar por los procesos de fabricación. Para el diseño se consultó diversas fuentes, no obstante, la información es escasa sobre el tema. Para la construcción de la barcaza se siguió ciertos procedimientos, como el trazado y corte, armado, soldeo y pintado de la barcaza. La estación de bombeo fue puesta en operación, logrando bombear el agua de la poza para distintos usos dentro de la unidad minera.

### **5.6. Aporte del bachiller en la empresa**

En mi labor en el puesto de Asistente de supervisión de proyectos en la empresa, mis aportes al área son los siguientes:

Se aportó una metodología de cálculo propio para el diseño de flotadores para estaciones de bombeo flotantes.

Se obtuvo los planos para la construcción de la barcaza que pueden ser consultados para la fabricación de nuevas unidades de ser necesario.

## CONCLUSIONES

- Se determinó los parámetros principales para el diseño de la barcaza, como el peso de la total de la estructura con un valor de 15646.95 N. El volumen necesario de la boya o flotador se calculó en 2.275 m<sup>3</sup>.
- Con el volumen necesario para producir la fuerza de flotación que mantenga a flote la estructura, se calcularon las dimensiones del flotador, cuya geometría es rectangular con lados de 2 m, compuesto de tubos cilíndricos soldados a 45°, con un diámetro de 660 mm, también se diseñó la estructura de soporte con 1.8 m en cada lado, de igual manera se diseñaron las barandas de seguridad con las dimensiones de 1.194 m de alto y 1.70 m de largo.
- La fabricación de la barcaza se hizo por partes, construyendo el flotador, las barandas y la plataforma por separado. La fabricación de las piezas de la barcaza consistió en los pasos siguientes: la habilitación del material, el armado de las piezas, el soldeo, la limpieza y pintado de las estructuras. Los materiales usados en la construcción fueron planchas de acero estructural ASTM-A653 de 1/8", perfiles estructurales de ASTM-A63, *grating* antideslizante ARS-6A.
- El presupuesto económico del diseño y construcción de la barcaza resulto ser de S/ 10 315.84 en la boya, S/ 9043.46 en la plataforma y S/ 4640.60 en la baranda, lo que representa un costo total de S/ 30,239.88.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda ahondar en el desarrollo de la teoría sobre estructuras flotantes para estaciones de bombeo en unidades mineras, debido a que la información es escasa.
- Se recomienda iterar las dimensiones del flotador y la fuerza de flotación considerando su peso y la carga.
- Se recomienda reforzar los perfiles que sostienen el peso de bomba para evitar una falla estática.

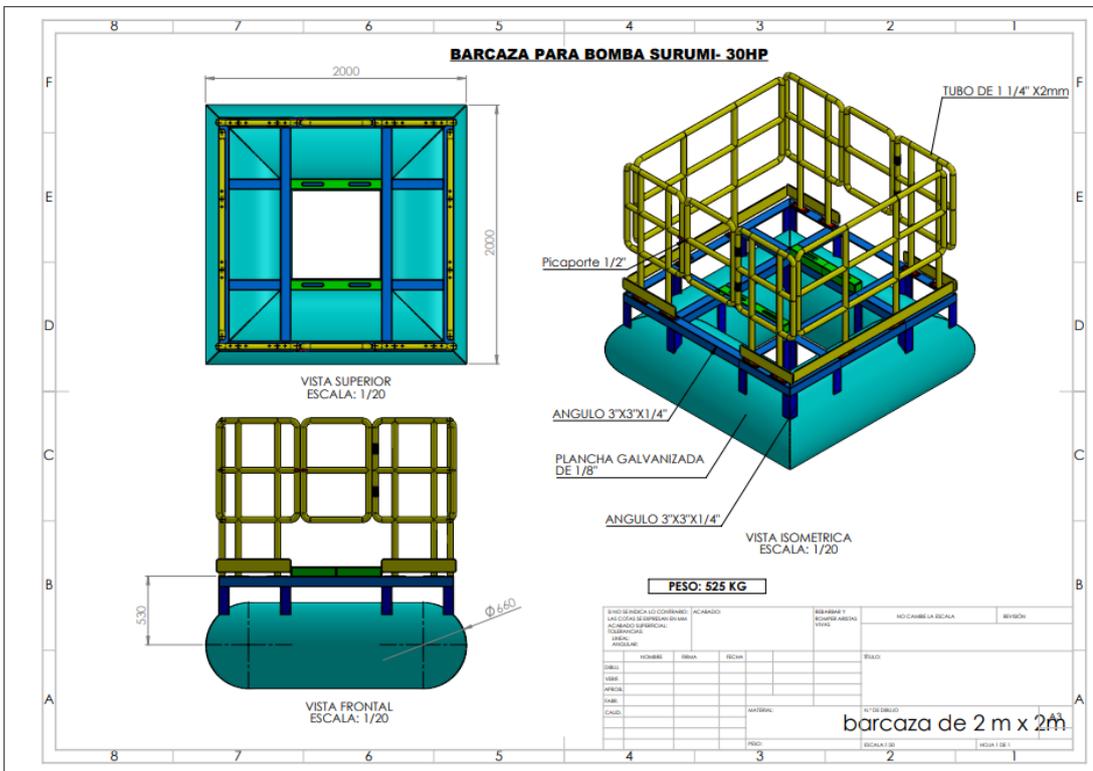
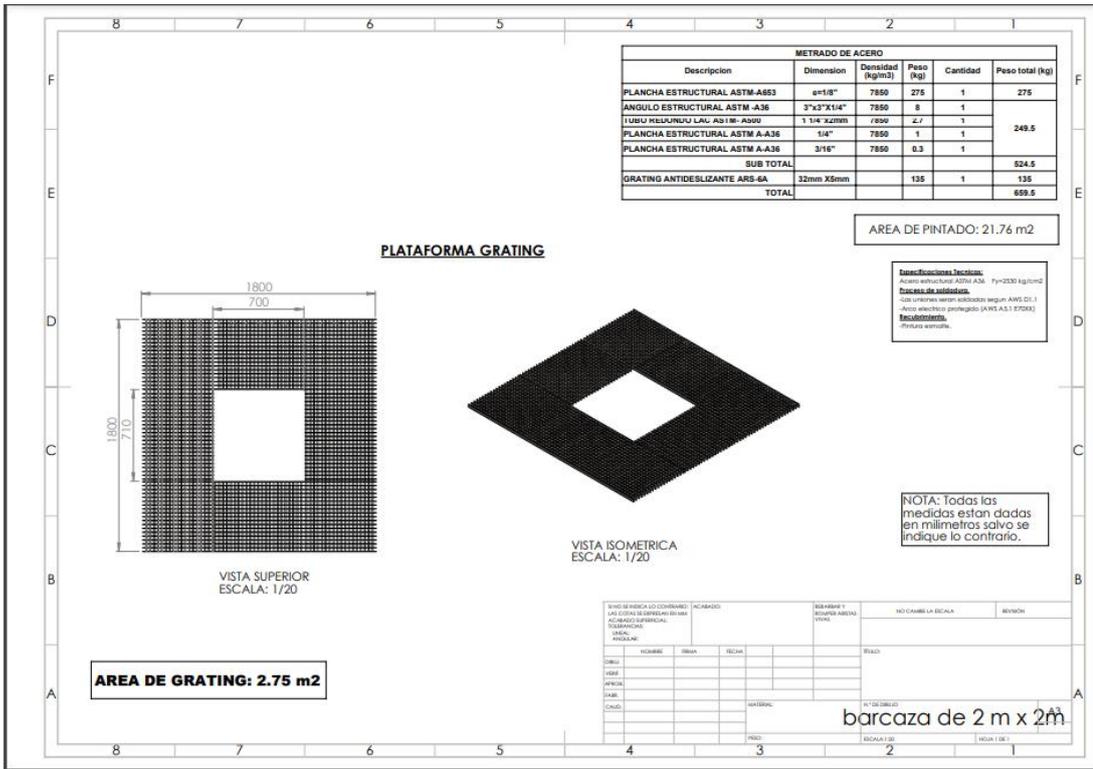
## LISTA DE REFERENCIAS

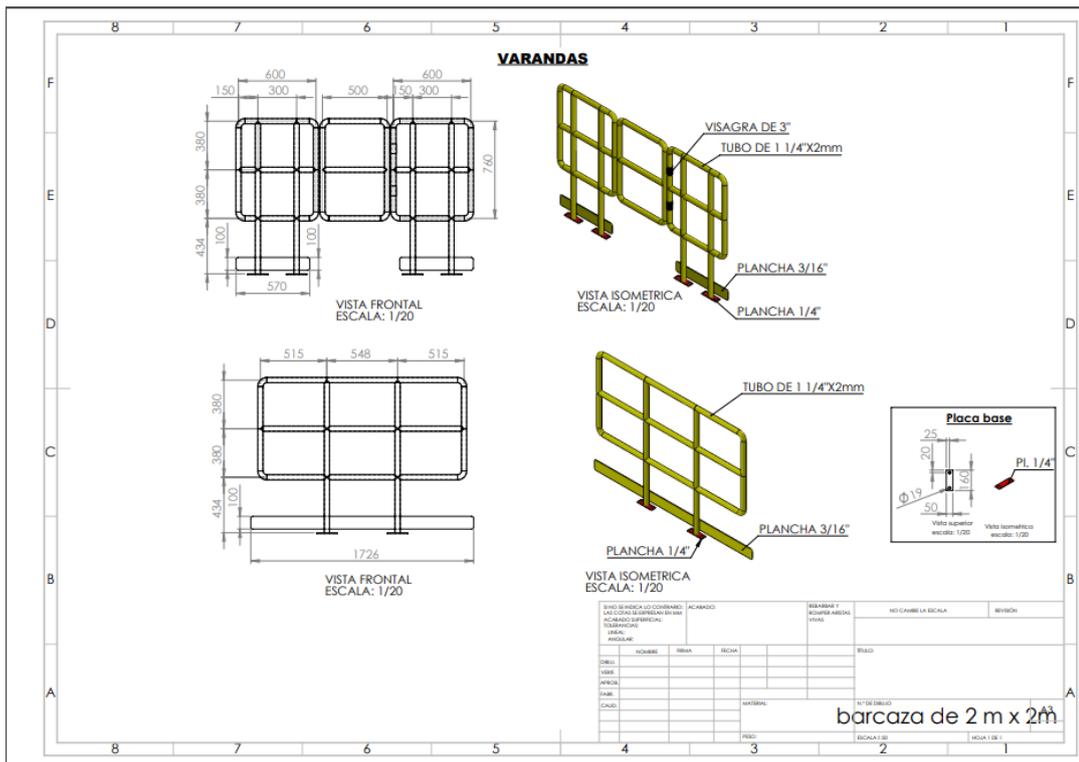
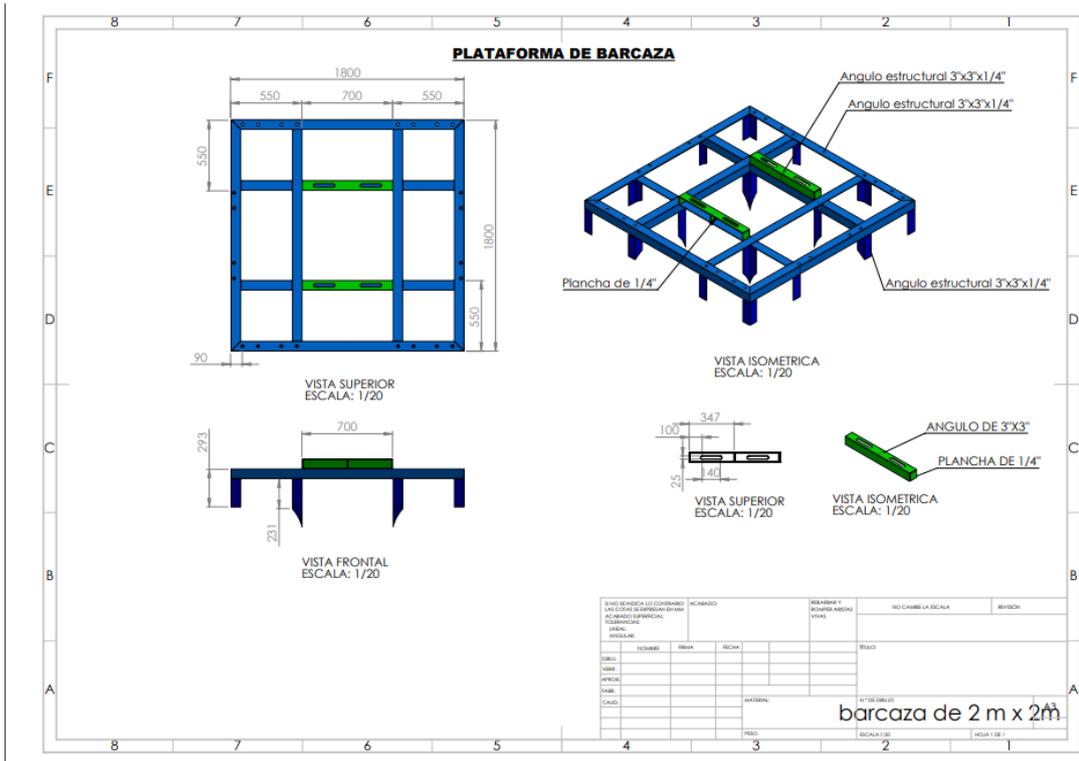
1. **A&C Business Corporation S.A.** *Plan de gestión de seguridad, salud y medio ambiente de empresas contratistas 2022*. Espinar-Cuzco: 2022.
2. **CAPA, Angel.** *Entrevista sobre la creación de la empresa A&C Business Corporation S. A.* Espinar-Cuzco, 8 de 11 de 2022.
3. **ARIAS, José Luis; COVINOS, Mitsuo.** *Metodología de la investigación*. Biblioteca Nacional del Perú, 2021.
4. **VENTURA, Manuel Antonio.** *Diseño de un sistema de bombeo para la evacuación de aguas subterráneas en reemplazo del sistema existente, en la mina Islay del distrito de Huallay de la región Pasco*. Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima: 2021. pág. 117, tesis.
5. **MANCHEGO, Gianmario Kelvin.** *Diseño de estación de bombeo automatizada para la explotación de recurso hídrico subterráneo en la región Tacna*. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna. 2019, tesis.
6. **ANDRADE, Roger José.** *Gestión energética de una estación de bombeo mediante el uso del control estadístico de procesos. Estudio de caso: acueducto «La Esperanza» - Refinería del Pacífico*. Loja: 2018.
7. **MAHA ICMI.** *Estación de bombeo*. [En línea] 2020. <http://maha.cl/estacion--de-bombeo.html>
8. **Unidad de Apoyo Técnico para el Saneamiento Básico del Área Rural.** *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. 2005. Guía.
9. **JIMÉNEZ, Reiner; MONTEAGUDO, José Pedro; CARRASCO, Sergio Yaniel.** *Teoría y problemas de flujo de fluidos compresibles y equipos de bombeo*. Universo Sur, 2017.
10. **Seguas.** *Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas*. [En línea] 2020. <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>.
11. **CHERDANTSEV, S. V.** *Theoretical basis for calculation of pontoons used in open pit mines*. Kemerovo: 2013.
12. **Dassault Systemes.** *SolidWorks*. [En línea] 2022. <https://www.solidworks.com/es>.
13. **YEPES, Víctor.** Universidad Politécnica de Valencia. *Instalación de bombas centrífugas*. [En línea] 16 de 7 de 20198. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/07/16/>.

## **ANEXOS**

# Anexo 1

## Planos de la estructura





## Anexo 2

### Evidencia fotográfica de la barcaza para una bomba sumergible para la unidad minera





### Anexo 3

## Autorización para la construcción de la barcaza para una bomba sumergible para la unidad minera



Edgar.Echevarria@glencore.com.pe

para ssoma.hidro, Rovinson.Callata, Breily.Juarez, Carlos.Briones, Miguel.Garcia, Elgar.Vargas, supervision.hidro

Luis,

Proceder con la ejecución. Indicar fecha de entrega.  
Rotular código a la barcaza.

Saludos

Edgar Echevarria  
Hidrogeología

---

From: Supervision AyC Hidro <[supervision\\_hidro@ayc.pe](mailto:supervision_hidro@ayc.pe)>  
Sent: Thursday, November 3, 2022 9:46 AM  
To: Echevarria, Edgar F (Tintaya - PE) <[Edgar.Echevarria@glencore.com.pe](mailto:Edgar.Echevarria@glencore.com.pe)>  
Subject: PRESUPUESTO FABRICACION DE 02 BARCAZAS PARA BOMBA TSURUMI

External sender

\*\*\*

LEGAL DISCLAIMER. The contents of this electronic communication and any attached documents are strictly confidential and they may not be used or disclosed by someone who is not a named recipient.  
If you have received this electronic communication in error please notify the sender by replying to this electronic communication inserting the word "misdirected" as the subject and delete this communication from your system.

---

3 archivos adjuntos • Analizado por Gmail ⓘ

