



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA METALÚRGICA



**FABRICACIÓN DE CELDAS DE FLOTACIÓN DFR, EN LA
EMPRESA IMCO SERVICIOS SAC, PARA LA SOCIEDAD
MINERA CERRO VERDE – AREQUIPA 2023**

TESIS

PRESENTADA POR:

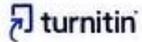
RUSHIEL NIEVEZ INCAHUANACO CANAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO METALURGISTA

PUNO – PERÚ

2024



RUSHIEL NIEVEZ INCAHUANACO CANAZA

FABRICACION DE CELDAS DE FLOTACION DFR, EN LA EMPRESA IMCO SERVICIOS SAC, PARA LA SOCIEDAD MINER...

- Rushh
- Rushh
- Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid::8254:414678106

162 Páginas

Fecha de entrega
10 dic 2024, 12:15 p.m. GMT-5

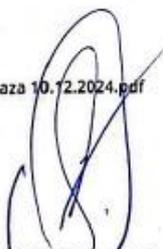
31,828 Palabras

Fecha de descarga
10 dic 2024, 12:21 p.m. GMT-5

170,101 Caracteres

Nombre de archivo
PROYECTO DE TESIS - Rushiel Nievez Incahuanaco Canaza 10.12.2024.pdf

Tamaño de archivo
8.7 MB


Dr. Dante A. Salas Avila
INGENIERO METALURGISTA
CIP. N° 55075




Dr. Hipólito Córdova Gutiérrez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA





3% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 18 palabras)

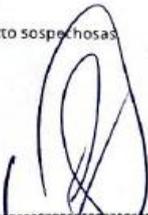
Fuentes principales

- 3% Fuentes de Internet
- 0% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

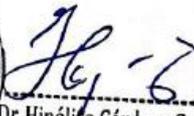


Dr. Dante A. Salas Aylla
INGENIERO METALURGISTA
C.I.P. N.º 55076

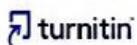
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitan distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.





Dr. Hipólito Córdova Gutiérrez
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA





DEDICATORIA

El siguiente informe realizado va dedicado primeramente a Dios. A la memoria del Ingeniero Geólogo Severino Incahuanaco Yucra mi padre, por darme el mejor ejemplo y mostrarme la fuerza de la superación. A Doña Blanca Canaza Esquivel mi madre, por su amor y alientos de perseverancia, trabajo, sacrificio y sus sabios consejos que día a día me brinda. A Nayda y Adriano mis hermanos y mi novio Alexis Ccopa por sus cariños y apoyos incondicional.



AGRADECIMIENTOS

En primera instancia a Dios por darme la fuerza y fe para crecer, y poder llegar a este punto, y seguir creciendo en mi vida profesional.

Mi más profundo agradecimiento a mi director de Tesis el Dr. Dante Atilio Salas Ávila. Su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el arduo y gratificante camino de la investigación, expreso toda mi gratitud para su inmenso apoyo durante este viaje.

A mi familia, especialmente a mis padres, agradezco profundamente su amor incondicional y su apoyo constante. Su fe en mí ha sido el motor que me permitió completar este camino. A mis hermanos, por sus palabras de aliento, gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

A todos los docentes de la Universidad Nacional del Altiplano de la carrera profesional de Ingeniería Metalúrgica, que me brindaron sus conocimientos experiencias durante mi permanencia en esta casa superior de estudios, lo que me ha servido para mi preparación y formación profesional.



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 18

1.1.1. Descripción de la situación problemática 19

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 20

1.2.1. Problema General..... 20

1.2.2. Problema Específico..... 20

1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA 21

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 21

1.4.1. Objetivo General 21

1.4.2. Objetivos Específicos..... 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO 23



2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	23
2.1.2.	Antecedentes nacionales	25
2.2.	SUSTENTO TEÓRICO.....	28
2.2.1.	Proceso de flotación	28
2.2.2.	Celdas de flotación	33
2.2.3.	Fabricación de celdas de flotación	39
2.2.4.	Conexiones con tornillos.....	43
2.2.5.	Unión por Soldadura	53
2.2.6.	Planificación y control de proyectos	56
2.3.	HIPÓTESIS	66
2.3.1.	Hipótesis General	66
2.3.2.	Hipótesis Específica	66
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
3.1.1.	Tipo de Investigación	68
3.1.2.	Enfoque de investigación	68
3.1.3.	Diseño de investigación	69
3.1.4.	Nivel de investigación.....	70
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION	71
3.2.1.	Población.....	71
3.2.2.	Muestra	71
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	72
3.3.1.	Técnicas de Recolección de Datos	72
3.3.2.	Instrumentos empleados.....	73



3.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	74
3.5.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	75
3.5.1.	Ubicación y Descripción de la Investigación.....	75
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	PROCESO CONSTRUCTIVO DE CELDAS DE FLOTACIÓN DFR.....	78
4.1.1.	Control de avances N° 1.....	80
4.1.2.	Control de avances N° 2.....	83
4.1.3.	Control de avances N° 3.....	96
4.1.4.	Control de avances N° 4.....	110
4.1.5.	Control de avances N° 5.....	122
4.1.6.	Control de avances N° 6.....	134
V.	CONCLUSIONES	148
VI.	RECOMENDACIONES	150
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXOS.....		153



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Composición química de las planchas de acero ASTM A36 38
Tabla 2	Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 38
Tabla 3	Coefficientes de rozamiento..... 46
Tabla 4	Distancias mínimas del centro de los agujeros al borde 52
Tabla 5	Competencias y responsabilidades en la dirección 58
Tabla 6	Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°2 88
Tabla 7	Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°2 89
Tabla 8	Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°3 100
Tabla 9	Avance de la contratación en el control N°3..... 101
Tabla 10	Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°3 102
Tabla 11	Vista previa de Ruber Linning en el control N°3..... 104
Tabla 12	Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°4 114
Tabla 13	Avance de la contratación en el control N°4..... 115
Tabla 14	Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°4 116
Tabla 15	Vista previa de Ruber Linning en el control N°4..... 117
Tabla 16	Vista previa del revestimiento en el control N°4 119
Tabla 17	Cronograma de proceso y entrega de tanques – control N°5..... 124
Tabla 18	Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°5 127
Tabla 19	Avance de la contratación en el control N°5..... 128
Tabla 20	Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°5 129
Tabla 21	Vista previa de Ruber Linning en el control N°5..... 130
Tabla 22	Vista previa del revestimiento en el control N°5 131
Tabla 23	Avance del lanzamiento y envío en el control N°5..... 132



Tabla 24	Cronograma de proceso y entrega de tanques – control N°6.....	135
Tabla 25	Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°6	139
Tabla 26	Avance de la contratación en el control N°6.....	140
Tabla 27	Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°6	141
Tabla 28	Vista previa de Ruber Linning en el control N°6.....	142
Tabla 29	Vista previa del revestimiento en el control N°6	143
Tabla 30	Avance del lanzamiento y envío en el control N°6.....	144



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Esquema de adhesión	29
Figura 2 Factores que intervienen en el proceso de flotación	30
Figura 3 Etapas del proceso de flotación.....	32
Figura 4 Diagrama de flujos en el interior de la celda de flotación	35
Figura 5 Estructura de una celda de flotación	37
Figura 6 Plegado de una pieza metálica	41
Figura 7 Tornillo Ordinario ISO.....	44
Figura 8 Visualización de defectos en conexiones atornilladas	49
Figura 9 Visualización del espaciado y la distribución de tornillos	50
Figura 10 Soldadura de filete	55
Figura 11 Estructura de una planificación y control de proyecto.....	60
Figura 12 Planificación del alcance.....	61
Figura 13 Planificación del tiempo	62
Figura 14 Principios de gestión de calidad.....	64
Figura 15 Proceso de un control de proyectos	65
Figura 16 Ubicación del área de ejecución del proyecto.....	76
Figura 17 Cronograma general del proceso constructivo de tanques para el proyecto DFR.....	78
Figura 18 Plan de Procura para celdas de flotación DFR.....	79
Figura 19 Cronograma de preparación de planos.....	80
Figura 20 Curva S – Nivel de avance en el control N°1	81
Figura 21 Cantidad horas hombre/día en el control N°1	82
Figura 22 Ensamblaje y soldadura en taller	83



Figura 23	Resumen general del avance del proyecto en el control N°2.....	84
Figura 24	Resumen general avances por área en el control N°2.....	85
Figura 25	Curva S – Nivel de avance en el control N°2	86
Figura 26	Cantidad horas hombre/día en el control N°2.....	87
Figura 27	Preensamblajes de módulos en el tanque C2-2871	90
Figura 28	Preensamblajes de módulos en el tanque C2-2872.....	91
Figura 29	Armado-Soldeo de módulos en el tanque C2-2876	91
Figura 30	Armado buzón entrada - salida y Perforación brida 30”.....	92
Figura 31	Habilitado de tuberías y de bitaúlica para celdas.....	93
Figura 32	Armado MOD C2-2881@2882	94
Figura 33	Armado MOD C2-2883@2884	95
Figura 34	Armado y soldeo C2-2885@2886	95
Figura 35	Ensayo de VACUM TEST C2-2871@2876.....	96
Figura 36	Resumen general del avance del proyecto en el control N°3.....	97
Figura 37	Curva S – Nivel de avance en el control N°3	98
Figura 38	Cantidad horas hombre/día en el control N°3.....	99
Figura 39	Revestimiento de tanque C2-2871	105
Figura 40	Preensamble de tanque C2	106
Figura 41	Armado Mod.3 C2-2881	107
Figura 42	Armado estator C2	108
Figura 43	Armado MOD 1, 2 y 3	109
Figura 44	Resumen general del avance del proyecto en el control N°4.....	111
Figura 45	Curva S – Nivel de avance en el control N°4	112
Figura 46	Cantidad horas hombre/día en el control N°4.....	113
Figura 47	Elementos para pintar	119



Figura 48	Pintado de 2da capa	120
Figura 49	Armado y Soldeo tanque C2	122
Figura 50	Resumen general del avance del proyecto en el control N°5.....	123
Figura 51	Curva S – Nivel de avance en el control N°5	125
Figura 52	Cantidad horas hombre/día en el control N°5.....	126
Figura 53	Despacho de reactor del tanque C2.....	133
Figura 54	Pintado de rejilla y estator del tanque C2	134
Figura 55	Resumen general del proyecto en el control N°6.....	135
Figura 56	Curva S – Nivel de avance en el control N°6	137
Figura 57	Cantidad horas hombre/día en el control N°6.....	138
Figura 58	Despacho celda, MOD, estator C2.....	145
Figura 58	Despacho de celdas C2 hacia el cliente	146



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Cronograma de ejecución.....	153
ANEXO 2: Planos de Sub-ensamblaje	155
ANEXO 3: Planos de ensamblaje	163



ACRÓNIMOS

UNAP:	Universidad Nacional del Altiplano
DFR:	Diseño Flotación Rápida
IMCO:	MCO Servicios S.A.C
SAC:	Sociedad Anónima Cerrada
AWS:	Sociedad Americana de Soldadura
ASTM:	Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales
AISC:	Instituto Americano de Construcción en Acero
PMI:	Instituto de Gestión de Proyectos
SSPC:	Sociedad de recubrimientos protectores



RESUMEN

La investigación se centró en la fabricación de celdas de flotación DFR por parte de la empresa IMCO Servicios SAC para la Sociedad Minera Cerro Verde en Arequipa, con el objetivo general de identificar un procedimiento constructivo óptimo para este proceso. Entre los objetivos específicos se incluyeron la determinación del tiempo de planificación para la entrega de las celdas y la identificación de los recursos necesarios para optimizar el uso de horas hombre. Para cumplir estos objetivos, se realizaron diversos experimentos y actividades, tales como el desarrollo de planos técnicos, control de tiempos, adquisición de materiales, fabricación y ensamblaje de las celdas, y la aplicación de revestimientos protectores y pintura. Los resultados obtenidos demostraron una reducción significativa del tiempo de fabricación gracias a la optimización de recursos y una gestión eficiente del tiempo de trabajo. Además, se logró un cumplimiento del 100% en todas las etapas del proceso, asegurando la calidad y la entrega puntual de las celdas de flotación a la Sociedad Minera Cerro Verde. En conclusión, el proyecto no solo cumplió con los objetivos propuestos, sino que también demostró la capacidad de la empresa para cumplir en la precisión de los tiempos de entrega planificados y el cumplimiento de los estándares requeridos por la Sociedad Minera Cerro Verde.

Palabras Clave: Celdas de flotación, Ensamblaje, Fabricación, Gestión de recursos, Revestimiento.



ABSTRACT

The research focused on the manufacture of DFR flotation cells by IMCO Servicios SAC for Sociedad Minera Cerro Verde in Arequipa, with the general objective of identifying an optimal construction procedure for this process. Specific objectives included the determination of the planning time for the delivery of the cells and the identification of the necessary resources to optimize the use of man hours. To meet these objectives, several experiments and activities were carried out, such as the development of technical drawings, time control, procurement of materials, fabrication and assembly of the cells, and the application of protective coatings and paint. The results obtained showed a significant reduction in manufacturing time thanks to the optimization of resources and efficient time management. In addition, 100% compliance was achieved in all stages of the process, ensuring the quality and timely delivery of the flotation cells to Sociedad Minera Cerro Verde. In conclusion, the project not only met the proposed objectives, but also demonstrated the company's ability to comply with the planned delivery times and meet the standards required by Sociedad Minera Cerro Verde.

Keywords: Flotation cells, Assembly, Manufacturing, Resource management, Coating.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Perú se ha consolidado como una potencia en reservas de minerales metálicos, lo que ha impulsado el desarrollo de numerosos proyectos mineros de gran envergadura como Antapaccay, Las Bambas, Cerro Verde, Quellaveco, Cuajone, entre otros (ICEX, 2022). Estos proyectos requieren de equipos y maquinaria de gran tamaño y especificaciones técnicas, esenciales para los distintos procesos de la metalurgia extractiva.

El problema principal radica en que la industria minera peruana depende en gran medida de la importación de estos equipos. Esta dependencia no solo incrementa los costos operativos, sino que también limita el desarrollo industrial y tecnológico local. La capacidad de la industria nacional para diseñar, fabricar y ensamblar equipos de alta complejidad es insuficiente, lo cual resulta en una menor competitividad frente a las alternativas extranjeras. Este hecho evidencia una necesidad urgente de fortalecer la industria metal mecánica local para que pueda satisfacer las demandas del sector minero de manera eficiente y autónoma.

El proyecto de fabricación de 18 celdas de flotación DFR por parte de la empresa IMCO Servicios SAC para la Sociedad Minera Cerro Verde representa una oportunidad para abordar este problema. Sin embargo, para que este proyecto sea exitoso, es crucial establecer un procedimiento constructivo claro y eficiente que garantice altos estándares de calidad, optimización del tiempo y utilización adecuada de los recursos.



Resolver este problema es de suma importancia porque no solo contribuirá a reducir la dependencia de importaciones, sino que también impulsará el desarrollo de tecnología avanzada y la creación de valor añadido en el sector industrial peruano. Un proceso de fabricación eficiente y bien gestionado permitirá cumplir con las expectativas del cliente, fortalecer la capacidad competitiva de la industria local y promover el crecimiento económico y tecnológico del país. Por lo tanto, la investigación se enfocará en identificar y desarrollar el procedimiento constructivo adecuado para la fabricación de celdas de flotación DFR, analizando aspectos críticos como la planificación, organización, ejecución y control de la fabricación, así como la optimización del tiempo y los recursos necesarios. Este enfoque integral no solo busca asegurar el éxito del proyecto actual, sino también sentar las bases para futuros desarrollos en la industria metal mecánica peruana, promoviendo así un desarrollo industrial más autosuficiente y sostenible.

1.1.1. Descripción de la situación problemática

Actualmente, la industria minera peruana depende en gran medida de la importación de estos equipos y maquinaria. Esta dependencia limita el desarrollo industrial local y aumenta los costos de operación de los proyectos mineros. La situación se agrava debido a la escasa fabricación nacional de equipos específicos, como las celdas de flotación, que son cruciales para el procesamiento de minerales.

La empresa IMCO Servicios SAC ha sido seleccionada para fabricar 18 celdas de flotación DFR para la Sociedad Minera Cerro Verde, bajo la supervisión de WOODGROVE TECHNOLOGIES. Este proyecto busca no solo satisfacer las necesidades específicas del cliente, sino también demostrar la capacidad de la



industria nacional para desarrollar tecnología avanzada y maquinaria pesada para el sector minero.

El desafío principal radica en la necesidad de un proceso de fabricación que cumpla con altos estándares de calidad, optimización del tiempo y eficiencia en la utilización de recursos. Además, es crucial que el proyecto se ejecute dentro del plazo y presupuesto establecidos, garantizando así la competitividad de la industria local frente a las alternativas extranjeras.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el procedimiento constructivo respecto a la fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023?

1.2.2. Problema Específico

- a) ¿Cuál es el tiempo de planificación para el término de la entrega de fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023?
- b) ¿Cuáles son los recursos necesarios y de qué manera podemos optimizar el tiempo de horas hombre para lograr concluir con la fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023?



1.3. JUSTIFICACIÓN DE PROBLEMA

El desarrollo del presente estudio de fabricación promoverá un significativo avance en las tecnologías de producción y en la gestión empresarial de la metalurgia transformativa. La implementación de tecnologías avanzadas en la fabricación metal mecánica no solo mejorará la eficiencia y calidad de los procesos productivos, sino que también facilitará la ejecución de proyectos mineros de gran envergadura en nuestro país. Al incrementar la capacidad tecnológica local, se reducirán los costos y la dependencia de importaciones, permitiendo una mayor autonomía y competitividad de la industria minera peruana. Este avance tecnológico será crucial para fortalecer la infraestructura industrial del país y asegurar el éxito y sostenibilidad de futuros proyectos mineros de gran escala.

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Identificar el procedimiento constructivo respecto a la fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar tiempo de planificación para el término de la entrega de fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023.
- b) Determinar los recursos necesarios y la optimización del tiempo de horas hombre para lograr concluir la fabricación de celdas de flotación DFR, en



la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde –
Arequipa 2023.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Godoy y Valle (2022) en su presente grado de investigación “*Diseño y construcción de una celda de flotación para la planta piloto de obtención de metales preciosos del laboratorio de mineralogía de la facultad de ciencias*”, diseñar y construir una celda de flotación para la planta piloto de obtención de metales preciosos en un laboratorio de mineralogía. La metodología incluyó una revisión bibliográfica exhaustiva para identificar equipos aptos a escala de laboratorio y la selección de una celda tipo Denver sub-A. Se realizaron cálculos de ingeniería y se crearon planos detallados para la construcción del equipo, empleando acero al carbono A-36 y acero inoxidable A-316. Para la validación del equipo, se llevaron a cabo pruebas con muestras de una mina, evaluando la eficiencia del proceso mediante un microscopio electrónico de barrido JEOL SEM. Los resultados demostraron que el equipo cumple con todos los factores de diseño y es eficaz en la obtención de metales preciosos, especialmente oro, confirmando la idoneidad del diseño y la metodología aplicada.

Guanuchi y Romero (2020) en su presente grado de investigación “*Recuperación de metales por flotación de relaves auríferos en la sociedad civil minera “goldmins” ubicada en el cantón Zaruma*”, tuvo como objetivo analizar los relaves auríferos de la sociedad civil minera Goldmins para determinar la presencia de plomo (Pb) y zinc (Zn) y su recuperación mediante el proceso de



flotación por espuma. La metodología incluyó la caracterización física y química de los relaves utilizando técnicas como barrido de multielementos ICP y análisis vía húmeda. Se realizaron pruebas de flotación a nivel laboratorio en una celda tipo DENVER, evaluando la eficiencia de diferentes reactivos, incluyendo activadores (NaClO, H₂O₂, CuSO₄), colectores (Ditiofostato 404 y Xantato Amílico de Potasio Z-6) y espumantes (aceite de pino y Frother-350). Los resultados demostraron que la combinación de CuSO₄ como activador, Z-6 como colector y aceite de pino como espumante logró las mayores recuperaciones de 91% para Zn y 82% para Pb. Además, se observó que el colector DT-404 incrementó significativamente la recuperación de Pb, mientras que el colector Z-6 favoreció la recuperación de Zn.

Rojas (2022) en su presente grado de investigación *“Implementación de rediseño de celda de flotación tipo Denver, en el laboratorio químico metalúrgico de la Universidad de Atacama”*, tuvo como objetivo rediseñar y construir una celda de flotación tipo Denver a escala de laboratorio para mejorar las recuperaciones metalúrgicas en el laboratorio químico metalúrgico de la Universidad de Atacama, sede Vallenar. La metodología utilizada consistió en una combinación de trabajo teórico y experimental. Primero, se realizó un rediseño detallado de la celda de flotación y luego se procedió a su construcción. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para validar el diseño, utilizando minerales de calcopirita para evaluar la eficiencia del nuevo equipo. Las pruebas incluyeron la caracterización física y química de las muestras, el uso de reactivos específicos y la optimización de parámetros operativos. Los resultados mostraron que el rediseño de la celda de flotación mejoró



significativamente la eficiencia de recuperación de los minerales procesados, demostrando la efectividad del nuevo diseño en condiciones de laboratorio.

Conde (2023) en su tesis *“Construcción de un prototipo de celda circular modificada y consideraciones comparativas con celdas convencionales de flotación, en la implementación de tecnologías de proceso”*, tuvo como objetivo construir un prototipo de celda de flotación circular modificada, destinado a la investigación en laboratorio y comparación con celdas convencionales. La metodología incluyó una revisión teórica para el diseño, adquisición de componentes, ensamblaje y ejecución de pruebas metalúrgicas con antimonita como mineral. Se evaluaron parámetros como eficiencia de recuperación y consumo energético. Los resultados destacaron que la celda circular, al operar con aire forzado y diseño rotor-estator, logró una recuperación del 88.77% del mineral, reduciendo espacio, energía y mantenimiento en comparación con celdas cuadradas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Giraldez (2022) en su presente grado de investigación *“Montaje de celdas de Flotación para el proyecto minero las Bambas”*, tuvo como objetivo describir el proceso de montaje de celdas de flotación en el proyecto minero Las Bambas, con el fin de servir como guía para proyectos futuros. La metodología empleada incluyó un análisis detallado de los planos y manuales proporcionados por el proveedor de equipos FLSmidth, así como la implementación de estándares establecidos por la empresa constructora. Se realizó un seguimiento exhaustivo de las actividades de montaje, documentando cada paso y las mejoras implementadas para optimizar el tiempo de ejecución. Los resultados mostraron una reducción



promedio del 5.7% en el tiempo de montaje de las celdas, gracias a la llegada de componentes preinstalados y la posibilidad de realizar múltiples trabajos en paralelo.

Morales (2020) en su grado de investigación *“Efectos de la intensidad de corriente de soldadura SMAW sobre la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A36”*, tuvieron el objetivo de evaluar el efecto de diferentes intensidades de corriente en la soldadura SMAW sobre la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A36. La metodología aplicada fue de tipo experimental, en la que se soldaron probetas de acero ASTM A36 con intensidades de corriente de 70, 90 y 110 amperios, y se sometieron a ensayos de tracción utilizando una máquina universal. El análisis de varianza (ANOVA) se utilizó para identificar el efecto significativo entre la intensidad de corriente y la resistencia a la tracción. Los resultados demostraron que la intensidad de corriente afecta significativamente la resistencia a la tracción, encontrándose que la corriente de 90 amperios proporcionó la mayor resistencia a la tracción, con valores que oscilaron entre 540.6 MPa y 645.3 MPa, confirmando la hipótesis de que una adecuada intensidad de corriente en el proceso de soldadura SMAW optimiza la resistencia a la tracción del acero ASTM A36.

Churata y Roque (2021) en su grado de investigación *“Determinación de patrones de rugosidad en una plancha de acero a-36 con una arenadora de laboratorio “extra fuerza” para determinar la adherencia con recubrimiento de pintura epóxica”*, tuvieron como objetivo evaluar la rugosidad en una plancha de acero A-36 utilizando una arenadora de laboratorio para determinar la adherencia de un recubrimiento de pintura epóxica. La metodología empleada incluyó un diseño factorial 3k, trabajando con 27 probetas de acero A-36 y aplicando tres



variables independientes: granulometría de la arena, diámetro de la boquilla y número de ciclos de arenado. La preparación de las superficies se realizó siguiendo la norma SSPC-SP5 y se midió la rugosidad con el método de cinta réplica según ASTM D4417. Posteriormente, se aplicó la pintura epóxica y se evaluó el espesor de la película seca conforme a la norma SSPC-PA2. Los resultados indicaron que la granulometría de la arena y el diámetro de la boquilla fueron variables significativas en la obtención de altos valores de rugosidad, logrando también una buena adherencia del recubrimiento en las probetas que utilizaron el retenido de malla N°20 y boquilla de 6 mm.

Arpita (2019) en su grado de investigación *“Estudio de los factores de riesgos disergonómicos en las actividades de habilitado, armado y soldadura de estructuras en la industria metal mecánica (Caso IMCO Servicios S.A.C.2018)”*, tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un programa de capacitación en seguridad y salud ocupacional para trabajadores en el sector de estructuras metálicas. La metodología utilizada incluyó un diagnóstico situacional inicial mediante listas de verificación, seguido de la implementación de un programa de capacitación adaptado a las necesidades detectadas. Se aplicaron técnicas como el Método de Ergonomía RULA para evaluar riesgos disergonómicos y se utilizaron instrumentos como encuestas y registros de evaluaciones. Los resultados mostraron una mejora significativa en el conocimiento y la práctica de seguridad entre los trabajadores. Antes de la capacitación, solo el 40% de los trabajadores aprobó las evaluaciones iniciales, mientras que después del programa, el 86% de los participantes alcanzó una calificación aprobatoria. Además, se observó una disminución en los niveles de riesgo disergonómico, con un 19% de los puestos requiriendo cambios urgentes, comparado con el 38% inicial. Estos resultados



destacan la importancia de programas de capacitación personalizados y continuos para mejorar la seguridad y eficiencia en el trabajo.

Quispe (2022) en su tesis “*Diseño de una estructura de soporte para una celda de flotación RCS-30 en la planta Animón, Compañía Minera Chungar Unidad*”, tuvo como objetivo diseñar una estructura de soporte para una celda de flotación RCS-30, asegurando su capacidad de carga bajo parámetros de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) en la Unidad Minera Animón. La metodología incluyó el uso de software especializado como SAP 2000 para análisis estructural y Tekla Structures para el desarrollo de ingeniería de detalle y planos de fabricación. También se aplicarán normativas como AISC y E090 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Los resultados mostraron que la estructura diseñada es capaz de soportar una carga total de 59,572.04 kg, incluyendo pulpa, tanque y equipos, cumpliendo con los estados límite establecidos y garantizando la seguridad estructural frente a sismos. Este diseño contribuye a la optimización de la producción del circuito de zinc en la planta minera.

2.2. SUSTENTO TEÓRICO

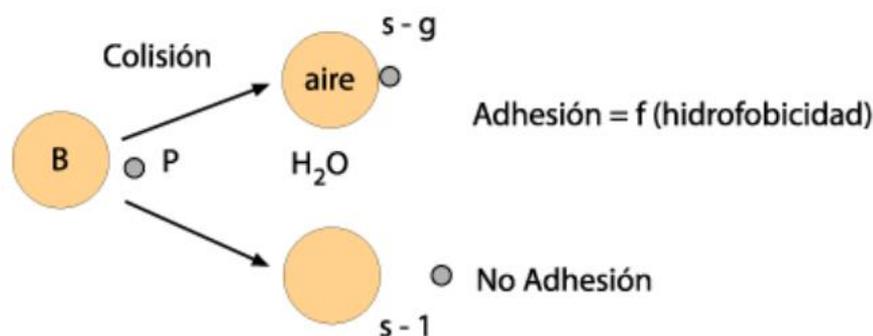
2.2.1. Proceso de flotación

La flotación es un proceso fisicoquímico usado en minería para separar minerales valiosos, como los sulfuros de cobre y molibdeno, del resto de la roca sin valor comercial. En este proceso, el mineral molido se adhiere a burbujas de aire insufladas, permitiendo su separación según las propiedades hidrofílicas y aerofílicas de los minerales. Previo a la flotación, la roca se muele finamente y se le añaden reactivos para formar una pulpa homogénea. Esta pulpa se introduce en

celdas de flotación, donde el aire burbujea y se agita con aspas rotatorias. Este movimiento constante mejora el contacto entre las partículas de mineral, los reactivos, el agua y el aire, optimizando la eficiencia del proceso de separación (Montes, 2016).

Figura 1

Esquema de adhesión



B = Burbuja; P = Partícula; s - g = Sólido - Gas; s - l = Sólido - Líquido

Nota. Tomado de (Montes, 2016).

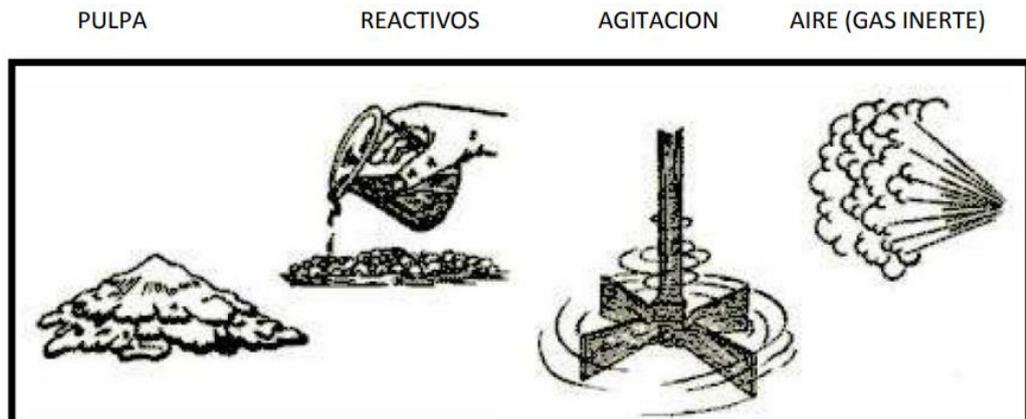
Pocas partículas de especies minerales poseen flotabilidad natural, es decir, no forman una unión estable con las burbujas, lo que complica el proceso de flotación. Por ello, es necesario modificar las propiedades superficiales de las partículas minerales, transformándolas de hidrofílicas a hidrofóbicas mediante el uso de un reactivo colector. Además, es crucial que las partículas tengan el tamaño adecuado para asegurar una liberación eficiente de las especies minerales.

La flotación es un proceso selectivo utilizado para realizar separaciones específicas de minerales complejos, basándose en las diferentes propiedades superficiales de cada mineral. La heterogeneidad de la superficie de los minerales es particularmente importante en la flotación. La relación entre la cara y el borde, que depende del tamaño de las partículas, determina la flotabilidad natural del

mineral. En partículas de tamaño fino, esta relación cara/borde es baja, lo que resulta en una flotabilidad reducida en comparación con las partículas más gruesas (Villalta, 2014).

Figura 2

Factores que intervienen en el proceso de flotación



Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

Este fenómeno se debe a que las partículas más pequeñas tienen una menor superficie activa en comparación con su volumen total, lo que disminuye su capacidad para interactuar con los reactivos de flotación. En cambio, las partículas gruesas tienen una mayor relación cara/borde, lo que les confiere una mayor flotabilidad y eficiencia en el proceso de flotación. Por lo tanto, controlar el tamaño de las partículas es crucial para optimizar la eficiencia de la separación de minerales en el proceso de flotación, asegurando que se logre una recuperación efectiva y rentable de los minerales deseados.

2.2.1.1. Etapas de procesos de flotación

El proceso de flotación, se compone de varias etapas (Ver Figura 2), cada una crucial para la obtención de minerales de alta pureza. A continuación, se detallan estas etapas:



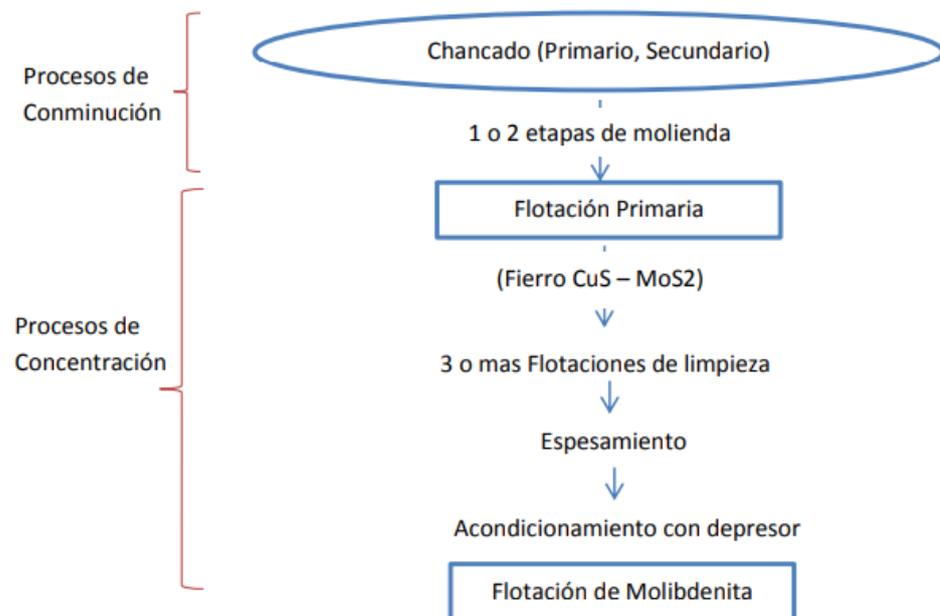
- a) **Chancado (Primario y Secundario):** Este es el primer paso en el proceso de conminución, donde el mineral se reduce a tamaños más manejables mediante técnicas de chancado primario y secundario. Este paso prepara el mineral para las etapas posteriores de molienda y concentración.
- b) **Molienda:** Después del chancado, el mineral pasa por una o dos etapas de molienda. Este proceso reduce aún más el tamaño de las partículas, facilitando la liberación de los minerales valiosos de la ganga.
- c) **Flotación Primaria:** En esta etapa inicial de flotación, se separan los minerales de hierro (Fe), sulfuro de cobre (CuS) y molibdenita (MoS₂). Esta separación se basa en las propiedades superficiales de los minerales, utilizando reactivos específicos para lograr la separación deseada.
- d) **Flotaciones de Limpieza:** Tras la flotación primaria, se realizan tres o más flotaciones de limpieza. Estas etapas adicionales aseguran la eliminación de impurezas y mejoran la pureza del concentrado de minerales valiosos.
- e) **Espesamiento:** Después de las flotaciones de limpieza, el mineral pasa por un proceso de espesamiento. Este paso elimina el exceso de agua del concentrado, aumentando su densidad y preparándolo para el acondicionamiento y la flotación final.
- f) **Acondicionamiento con Depresor:** En esta etapa, se añaden depresores para preparar el mineral para la flotación de molibdenita.

Los depresores inhiben la flotación de minerales no deseados, permitiendo una separación más efectiva de la molibdenita.

- g) Flotación de Molibdenita:** Finalmente, se realiza la flotación de molibdenita. Esta etapa específica permite la recuperación de molibdenita de alta pureza, utilizando las técnicas y reactivos adecuados para asegurar una separación eficiente.

Figura 3

Etapas del proceso de flotación



Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

Cada una de estas etapas es esencial para maximizar la recuperación y pureza de los minerales valiosos, optimizando el proceso de concentración y obteniendo productos finales de alta calidad.



2.2.2. Celdas de flotación

Las celdas de flotación son equipos esenciales en el procesamiento de minerales, diseñados para separar eficientemente un concentrado y un producto de relave a partir de una pulpa previamente acondicionada. Esta pulpa, acondicionada adecuadamente, es transportada a las celdas de flotación mediante un sistema de bombas. Dentro de las celdas, la flotación del mineral se inicia gracias a un impulsor que previene la sedimentación en el fondo de la celda, mientras se añade aire y reactivos. Estas tres condiciones, en conjunto, generan burbujas a las que se adhieren los minerales. Los minerales adheridos a las burbujas son llevados a la superficie, donde se derraman por los costados de la celda. Este proceso marca el inicio de la recuperación del mineral deseado, permitiendo a la mina extraer eficientemente los minerales valiosos de la mezcla (Villalta, 2014).

Sus principales funciones incluyen:

- Mantener todas las partículas en suspensión dentro de la pulpa, previniendo la sedimentación.
- Garantizar una adecuada aireación para la diseminación uniforme de burbujas de aire en la celda.
- Promover las colisiones y adhesiones entre las partículas y las burbujas.
- Mantener la estabilidad de la pulpa justo debajo de la columna de espuma.
- Proveer un transporte eficiente de la pulpa alimentada, del concentrado y del relave.



- Ofrecer un mecanismo para controlar la altura de la pulpa y la espuma, así como la aireación y el grado de agitación.

Existen tres tipos de celdas de flotación:

- **Mecánicas:** Son las más comunes y cuentan con un impulsor mecánico que agita y dispersa la pulpa.
- **Neumáticas:** Carecen de impulsor y utilizan aire comprimido para la agitación y aireación de la pulpa.
- **Columnas:** Funcionan mediante un flujo en contracorriente, donde las burbujas de aire ascienden mientras que las burbujas mineralizadas descenden con el flujo de agua de lavado.

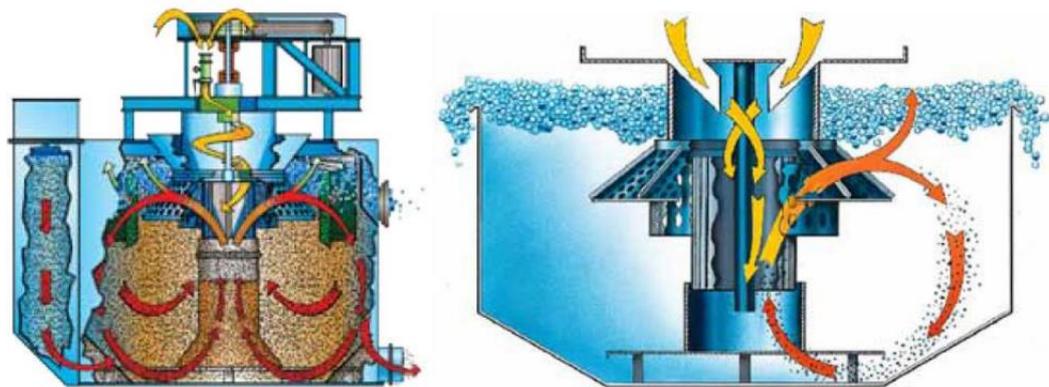
Cada tipo de celda está diseñado para optimizar la eficiencia del proceso de flotación en distintas condiciones y aplicaciones. Las celdas de flotación mecánicas se dividen en tres zonas típicas: una zona de alta turbulencia alrededor del mecanismo de agitación, una zona intermedia de relativa calma y una zona superior.

La zona de agitación es crucial para la adhesión de partículas a burbujas, un proceso fundamental en la flotación. En esta área, deben existir condiciones hidrodinámicas óptimas, como el nivel adecuado de turbulencia y mezcla, y condiciones fisicoquímicas, incluyendo el pH y la presencia de reactivos, que faciliten el contacto y la unión de las partículas minerales con las burbujas de aire (Montes, 2016).

La eficiencia de esta adhesión determina la cantidad y calidad del mineral recuperado, ya que las partículas que no se adhieren adecuadamente a las burbujas no serán separadas eficazmente y se perderán en el relave. Por lo tanto, mantener un equilibrio adecuado de estas condiciones en la zona de agitación es esencial para maximizar la recuperación y pureza del concentrado mineral. Estas características y su impacto en el proceso de flotación se pueden observar en la Figura 4, que ilustra cómo las variables de agitación y condiciones químicas afectan la adhesión partícula-burbuja.

Figura 4

Diagrama de flujos en el interior de la celda de flotación



Nota. Tomado de (Montes, 2016).

2.2.2.1. Partes de una celda de flotación

De acuerdo con Villalta (2014) la estructura interna de una celda de flotación es la siguiente:

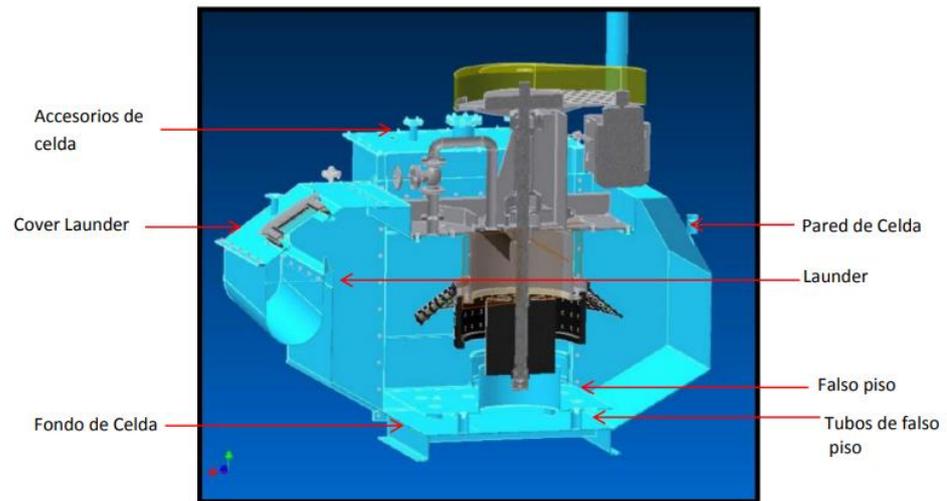
- a) **Accesorios de Celda:** Estos son los componentes adicionales que facilitan el funcionamiento de la celda de flotación, como válvulas, tuberías y conexiones necesarias para el control y la operación del equipo.



- b) Cover Launder: Esta es la cubierta que guía el concentrado de mineral hacia el launder, o canaleta, donde se recoge el material flotado.
- c) Pared de Celda: Las paredes de la celda forman la estructura principal del equipo, conteniendo la pulpa y permitiendo la correcta distribución del aire y los reactivos dentro de la celda.
- d) Launder: Es la canaleta por donde se recoge el concentrado de mineral adherido a las burbujas. El launder se sitúa en la parte superior de la celda para facilitar la recolección del material flotado.
- e) Fondo de Celda: El fondo de la celda es donde se asienta el mineral no flotado o relave. Este componente es crucial para mantener la separación entre el concentrado y el relave.
- f) Falso Piso: Esta estructura interna mejora la circulación de la pulpa y ayuda a mantener una distribución uniforme del aire y los reactivos dentro de la celda. El falso piso permite una mejor mezcla y evita la sedimentación de las partículas en el fondo.
- g) Tubos de Falso Piso: Estos tubos permiten el paso del aire y la pulpa a través del falso piso, facilitando una mejor aireación y mezcla de los reactivos con el mineral.

Figura 5

Estructura de una celda de flotación



Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

2.2.2.2. Materiales de fabricación

Los materiales más comunes utilizados en la fabricación de celdas de flotación son las siguientes:

La Tabla 1 muestra la composición química de las planchas de acero ASTM A36. Este estándar especifica los porcentajes máximos permitidos de diversos elementos en la colada del acero. El contenido de carbono (C) no debe exceder el 0.26%, mientras que el fósforo (P) y el azufre (S) tienen límites máximos de 0.04% y 0.05%, respectivamente. El silicio (Si) tiene un límite máximo de 0.40%. No se especifica un requisito para el manganeso (Mn). Además, si el acero contiene cobre (Cu), debe tener un mínimo de 0.20%. Estas especificaciones aseguran que el acero tenga las propiedades mecánicas y físicas necesarias para diversas aplicaciones estructurales.

Tabla 1*Composición química de las planchas de acero ASTM A36*

Elemento	Requisito
Carbono (C)	0,26% máximo
Manganeso (Mn)	No hay requisitos
Fósforo (P)	0,04% máximo
Azufre (S)	0,05% máximo
Silicio (Si)	0,40% máximo
Cobre (Cu)	0,20% mínimo

Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

La Tabla 2 presenta las propiedades mecánicas del acero ASTM A36. Este estándar define un límite de fluencia mínimo de 250 MPa (36,000 psi), lo que indica la tensión mínima que el material puede soportar antes de deformarse plásticamente. Además, se especifica la resistencia a la tracción, con un rango que va de 400 a 550 MPa (58,000 a 80,000 psi). Estos valores muestran la capacidad del acero A36 para soportar cargas de tensión antes de romperse, asegurando su adecuación para aplicaciones estructurales que requieren una combinación de resistencia y ductilidad. Estas propiedades son esenciales para garantizar la integridad y seguridad de las estructuras construidas con este tipo de acero.

Tabla 2*Propiedades mecánicas del acero ASTM A36*

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
		Psi		Mpa	
Mpa	Psi	Min	Máx.	Min	Máx.
250	36000	58000	80000	400	550

Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

2.2.3. Fabricación de celdas de flotación

2.2.3.1. Oxicorte

El oxicorte es una técnica utilizada para preparar los bordes de las piezas a soldar y para cortar chapas de metal (entre 1 y 12 milímetros), tuberías, barras de acero al carbono y otros elementos ferrosos en reparaciones. Esta herramienta es muy versátil y adecuada para trabajar con diversos materiales. El oxicorte es capaz de cortar fácilmente materiales ferrosos con un grosor superior a 200 mm (8 pulgadas) y es una de las herramientas preferidas para el corte manual de acero de gran espesor (más de 38 milímetros o 1 ½ pulgada) (Inca, 2019). El sistema opera en dos etapas:

- a) **Calentamiento:** El acero se calienta a una alta temperatura (alrededor de 900°C) utilizando una llama producida por un gas combustible (como acetileno, propano, hidrógeno o gasolina) en presencia de oxígeno. El objetivo no es fundir el metal, sino elevarlo a su temperatura de ignición. Una llama de propano-aire puede alcanzar los 2000°C, mientras que una llama de propano-oxígeno puede llegar hasta los 2500°C. La llama más caliente, de acetileno-oxígeno, alcanza entre 3200°C y 3500°C, aunque es la opción más costosa (Inca, 2019).
- b) **Corte:** Una corriente de oxígeno focalizado, inyectada a alta presión, proporciona el calor adicional necesario. Durante este proceso, se produce una oxidación exotérmica en el hierro, generando el calor requerido para quemar y derretir el metal en forma de chispas. Las moléculas del producto de la combustión tienen menor energía que las



moléculas de combustible y oxígeno, liberando el calor necesario para completar el corte (Inca, 2019).

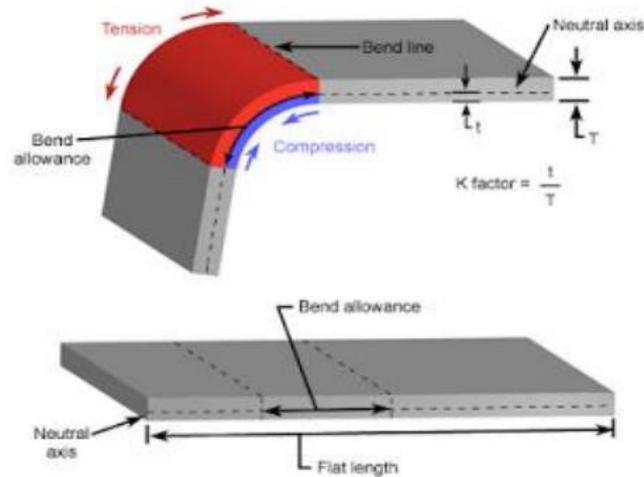
2.2.3.2. Plegado

En el trabajo con láminas de metal, el plegado se refiere a la deformación del metal alrededor de un eje recto. Durante esta operación, ocurren dos procesos simultáneos: el metal dentro del plano neutral se comprime, mientras que el metal fuera del plano neutral se estira. Esta deformación induce un cambio en la estructura del material que, debido a su naturaleza plástica, permanece de manera permanente una vez que se eliminan los esfuerzos aplicados. El plegado es crucial en la fabricación de piezas metálicas, permitiendo la creación de formas complejas a partir de láminas planas sin alterar significativamente el grosor del material. Esto es posible porque el proceso de plegado redistribuye el material en lugar de removerlo, preservando la integridad y resistencia del metal. Además, el control preciso de los ángulos y la fuerza aplicada durante el plegado es esencial para evitar defectos como fisuras o arrugas, asegurando la calidad del producto final (Inca, 2019).

El plegado tiene aplicaciones extensas en diversas industrias, desde la automotriz hasta la construcción, debido a su capacidad para producir componentes estructurales y funcionales de alta precisión. Este proceso, aunque aparentemente sencillo, requiere un conocimiento detallado de las propiedades del material y de las técnicas de deformación para garantizar resultados óptimos y consistentes en la producción de piezas metálicas.

Figura 6

Plegado de una pieza metálica



Nota. Tomado de (Villalta, 2014).

2.2.3.3. Maquinado

El maquinado es un proceso de fabricación esencial en el cual se remueve material de una pieza básica para darle una forma específica y hacerla funcional. Este proceso se basa principalmente en la deformación cortante del material, generando virutas que son eliminadas para exponer una nueva superficie. La precisión del maquinado permite la creación de componentes con tolerancias estrictas y acabados superficiales de alta calidad, esenciales en industrias como la automotriz, aeroespacial y de manufactura en general. El maquinado no es un único proceso, sino una familia de procesos que incluyen torneado, fresado, taladrado y rectificado, entre otros. Cada uno de estos procesos utiliza herramientas de corte específicas diseñadas para remover material de manera eficiente y precisa. La herramienta de corte, una característica común a todos estos procesos, interactúa con el material de trabajo para formar y remover



virutas, esculpiendo la pieza según las especificaciones deseadas (Villalta, 2014).

El maquinado es altamente versátil y puede ser aplicado a una amplia variedad de materiales, incluyendo metales, plásticos, y compuestos avanzados. La elección del proceso y de las herramientas adecuadas depende del material, la geometría de la pieza, y los requisitos de precisión y acabado. Además, el maquinado permite la producción de piezas tanto en pequeñas cantidades como en grandes series, adaptándose a las necesidades de prototipos y producción en masa (Inca, 2019).

2.2.3.4. Punzonado

El punzonado es un proceso realizado por una máquina punzonadora, utilizada para perforar y dar forma a planchas de diversos materiales mediante un punzón y una matriz, similar al funcionamiento de una prensa. Las punzonadoras pueden variar en complejidad, desde modelos sencillos operados manualmente con un solo conjunto de herramientas, hasta sistemas avanzados como las punzonadoras CNC, que cuentan con carga automática y múltiples herramientas.

Normalmente, las punzonadoras trabajan con chapas metálicas, aunque también existen modelos que operan a partir de bobinas. El punzonado desde bobinas ofrece una alta eficiencia, ideal para grandes series de producción donde se utiliza un material constante y el ancho de la bobina coincide con el de la pieza. Este método tiene la ventaja de que el material se desplaza en una única dirección, lo que reduce las rozaduras en la chapa y evita desplazamientos innecesarios. En cambio, trabajar con

chapas individuales proporciona mayor flexibilidad para adaptarse a diferentes tamaños y formas de producción (Inca, 2019).

2.2.4. Conexiones con tornillos

En tiempos recientes, las uniones en estructuras metálicas han empezado a utilizar conexiones atornilladas y de soldadura, prácticamente reemplazando los remaches. Las conexiones atornilladas tienen la ventaja de requerir menos mano de obra calificada en comparación con la soldadura y los remaches, y permiten un montaje más rápido de la estructura, lo que conlleva beneficios económicos significativos. En el manual de especificaciones de la AISC, específicamente en la sección 16.2, se encuentran las directrices para juntas estructurales que emplean tornillos A325 o A490 de la ASTM. Este manual, publicado por el Consejo de Investigación sobre Conexiones Estructurales (RCSC), proporciona detalles sobre los tipos, diámetros, tamaños y otros aspectos relevantes de estos tornillos (Quispe, 2022).

2.2.4.1. Tipos de tornillos

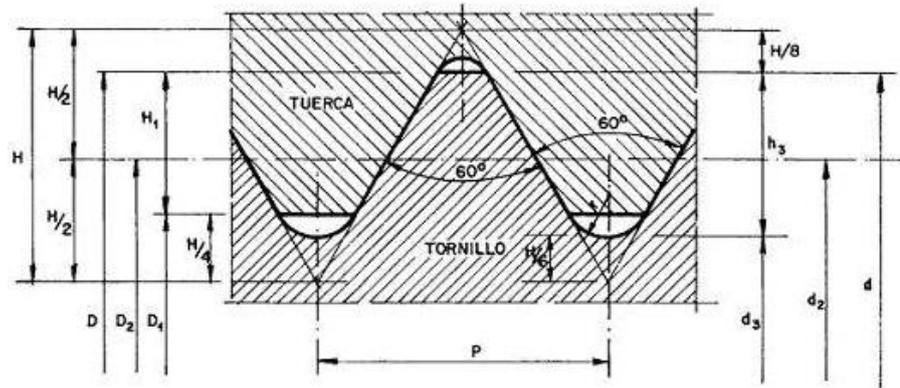
Existen diversos tipos de tornillos utilizados para las conexiones de estructuras metálicas:

A. Tornillos ordinarios: Los tornillos ordinarios se identifican mediante la sigla M, aunque también pueden utilizar la sigla T, seguidas del diámetro d de la caña, la longitud l del vástago, y un número que especifica la calidad del acero. Por ejemplo, un tornillo ordinario M 16x90-5.6 indica que tiene un diámetro de caña de 16 mm, una longitud de vástago de 90 mm, y está fabricado en acero de calidad 5.6.

Alternativamente, puede designarse como T 16x90-5.6 (Ingemecanica, s.f).

Figura 7

Tornillo Ordinario ISO



Nota. Tomado de la página web (Ingemecanica, n.d.).

Estos tornillos presentan una rosca triangular ISO de paso grueso. El diámetro del agujero suele ser 1 mm mayor que el del vástago, aunque esta medida es referencial. Para obtener detalles específicos, se recomienda consultar el apartado “4.2. Agujeros para tornillos” de este tutorial. El montaje de uniones con tornillos ordinarios requiere un ajuste menor entre el diámetro del tornillo y el del agujero, generalmente alrededor de 1 mm. Los tornillos ordinarios se utilizan principalmente para transmitir esfuerzos de cortadura y tracción, pero no son adecuados para momentos o pares de fuerzas debido a la holgura que podría provocar movimientos relativos entre las piezas.

- B. Pernos sin tornear:** Designados por la norma ASTM como A307 y conocidos como tornillos comunes u ordinarios. El comportamiento del material es similar al del acero A36, compartiendo las mismas



propiedades de esfuerzo y deformación. Estos tornillos están disponibles en el mercado en diámetros que van desde 1" hasta 1 ½", con incrementos de 1/8". Generalmente, se fabrican con cabeza cuadrada para reducir costos y con cabezas hexagonales para una apariencia más estética. Se utilizan en estructuras ligeras, cargas estáticas y miembros secundarios, y es responsabilidad del ingeniero definir su uso adecuado (Quispe, 2022).

C. Tornillos de alta resistencia: Este tipo se divide en dos clases:

- A325: Fabricados con acero de media resistencia tratado térmicamente.
- A490: Fabricados con acero aleado y también tratados térmicamente, estos tornillos poseen una mayor resistencia.

Estos pernos de alta resistencia se utilizan en estructuras como edificios y puentes, ya que son capaces de soportar altos esfuerzos de tensión, permitiendo la transmisión efectiva de cargas.

A continuación, se presentan los coeficientes de rozamiento obtenidos en función del tratamiento superficial aplicado a las chapas. En los dos primeros casos, el chorreado o granallado debe alcanzar el grado Sa 2 1/2 según la norma UNE-EN ISO 8504-1:

Tabla 3

Coefficientes de rozamiento

Clase	μ	Tipo de Tratamiento
A	0.5	Chorroado o granallado sin picaduras de corrosión
A	0.5	Chorroado o granallado y metalizado por pulverización con aluminio
A	0.5	Chorroado o granallado metalizados por pulverización a base de zinc, con ensayo de deslizamiento
B	0.4	Chorroado o granallado con imprimación de pintura de silicato alcalino de zinc hasta un espesor de 80 μm
C	0.3	Limpieza por cepillado o flameo con eliminación de toda la cascarilla o herrumbre
D	0.2	Superficies no tratadas

Nota. Tomado de la página web (Ingemecanica, n.d.).

Estos coeficientes son fundamentales para asegurar la eficacia y durabilidad de las conexiones, dependiendo del tratamiento superficial aplicado a las chapas.

2.2.4.2. Beneficios de los Tornillos de Alta Resistencia

De acuerdo a la investigación realizada por (Quispe, 2022), los tornillos de alta resistencia presentan los siguientes beneficios:

- Las conexiones atornilladas permiten un montaje más rápido y son más económicas que los remaches.
- Requieren menos tornillos en comparación con el número de remaches necesarios.
- La instalación de tornillos puede ser realizada por personal con menos horas de capacitación en comparación con soldadores o instaladores de remaches.



- La instalación de tornillos produce un ruido mínimo.
- Los equipos necesarios para la instalación de tornillos son menos costosos que los utilizados para la instalación de remaches.
- No implican trabajos en caliente.
- Las conexiones atornilladas tienen igual o mayor resistencia a la fatiga que las soldaduras en juntas similares.
- Facilitan un desmontaje más rápido y eficiente de las estructuras.

2.2.4.3. Dimensiones de los Agujeros para Instalación

El tamaño estándar de los agujeros para la instalación de tornillos es de 1/16". Sin embargo, en algunas situaciones, puede ser más práctico hacer los agujeros ligeramente más grandes para agilizar el proceso de montaje. Además, se permiten agujeros no estándar siempre que cuenten con la aprobación del diseñador del proyecto (McCormac, 2013). Esta flexibilidad en el tamaño de los agujeros puede ser crucial para cumplir con los requisitos específicos del proyecto y mejorar la eficiencia del ensamblaje sin comprometer la integridad estructural. La autorización del proyectista garantiza que cualquier desviación del estándar se ajuste a las especificaciones de seguridad y funcionalidad del proyecto.

2.2.4.4. Defectos en conexiones atornilladas

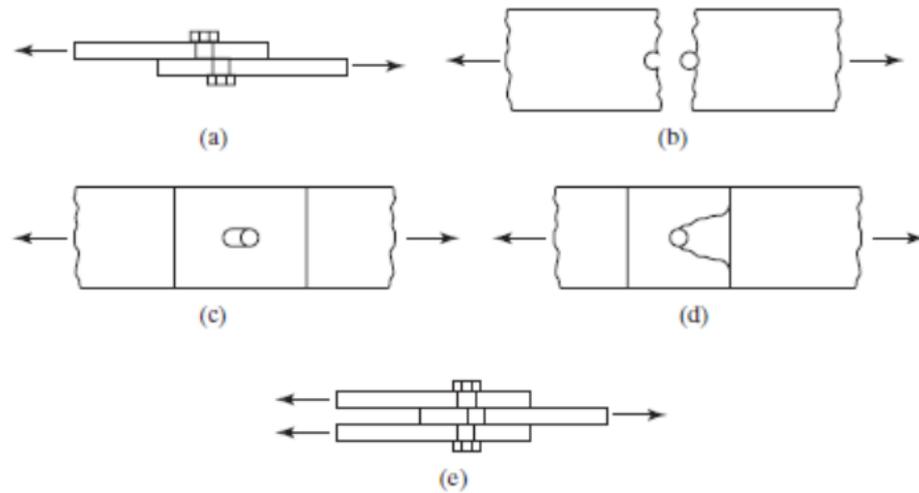
La Figura 8 muestra distintos tipos de fallas que pueden ocurrir en conexiones atornilladas, explicados a continuación:

- Figura (a): La falla ocurre por el corte del perno durante una junta traslapada. Esto sucede cuando la fuerza aplicada excede la resistencia al corte del perno.
- Figura (b): La falla ocurre debido a problemas de tensión en una placa alrededor del agujero. Esto sucede cuando la tensión en el material excede su límite de resistencia, causando fracturas o deformaciones.
- Figura (c): La falla se produce por aplastamiento entre placas. Esto ocurre cuando la presión entre las placas supera la capacidad de carga de las mismas, provocando deformaciones en el área de contacto.
- Figura (d): La falla se debe al desgarramiento de uno de los miembros. Esto sucede cuando las fuerzas de tracción son tan grandes que provocan una separación en el material alrededor del agujero.
- Figura (e): La falla ocurre por cortante doble, que se da cuando hay una combinación de fuerzas que provocan el corte en dos planos del perno, generalmente en uniones múltiples.

Estas fallas ilustran los puntos críticos en las conexiones atornilladas y subrayan la importancia de un diseño adecuado para asegurar la integridad estructural.

Figura 8

Visualización de defectos en conexiones atornilladas



Nota. Tomado del libro “Diseño de estructuras de acero - 5a ed.”. Fuente (McCormac, 2013).

2.2.4.5. Espaciado y Distribución de Tornillos

Según McCormac (2013) al determinar la distancia y separación de los tornillos en conexiones atornilladas, es esencial tener en cuenta los siguientes aspectos:

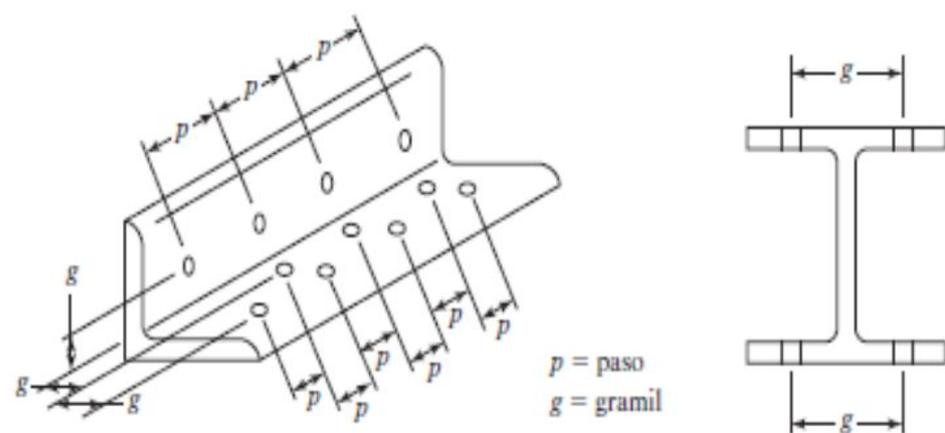
- Paso: Se refiere a la distancia entre los centros de los agujeros de los tornillos en una misma línea. Esta medida es crucial para asegurar que las fuerzas se distribuyan de manera uniforme a lo largo de la conexión, reduciendo el riesgo de concentración de esfuerzos que podrían causar fallas estructurales.
- Gramil: Es la distancia entre los centros de los tornillos en diferentes filas. Mantener una separación adecuada entre filas de tornillos es importante para evitar interferencias durante la

instalación y asegurar que las fuerzas de tracción y compresión se distribuyan eficazmente entre los miembros conectados.

- Distancia desde el borde: Se trata de la distancia desde el centro del agujero del tornillo hasta el borde del miembro estructural. Esta distancia es fundamental para prevenir el desgarro o el agrietamiento del material cerca del borde, garantizando que la conexión mantenga su integridad bajo cargas de trabajo.
- Distancia entre tornillos: Define la distancia mínima entre los agujeros de tornillos en la misma o en diferentes hileras. Respetar esta distancia mínima es esencial para evitar la interacción negativa entre los tornillos, asegurando que cada uno funcione de manera independiente y eficaz, contribuyendo a la resistencia global de la conexión.

Figura 9

Visualización del espaciado y la distribución de tornillos



Nota. Tomado del libro “Diseño de estructuras de acero - 5a ed.”. Fuente (McCormac, 2013).



Estas medidas, cuando se aplican correctamente, no solo mejoran la seguridad y la durabilidad de las estructuras, sino que también optimizan la eficiencia del proceso de ensamblaje, permitiendo un diseño más robusto y fiable.

2.2.4.6. Separación Mínima

La distancia mínima entre los centros de los tornillos debe ser de al menos $2 \frac{2}{3}$ veces el diámetro del perno. Sin embargo, para una mayor seguridad y efectividad, se recomienda que esta distancia sea equivalente a tres veces el diámetro del perno. Esta precaución es crucial para garantizar que las conexiones tengan suficiente espacio para distribuir las cargas de manera uniforme. Al mantener esta separación, se evitan concentraciones de esfuerzos que podrían llevar a fallas estructurales, como el aplastamiento o el desgaste prematuro del material. Además, respetar esta distancia mínima facilita el proceso de montaje y mantenimiento de la estructura, asegurando que los tornillos funcionen de manera óptima y prolongando la vida útil de la conexión. Una adecuada separación también contribuye a la integridad general de la estructura, especialmente en aplicaciones que involucran cargas dinámicas o fluctuantes (Quispe, 2022).

2.2.4.7. Separación Mínima

Es fundamental evitar la instalación de pernos demasiado cerca del borde del material para prevenir el desgarramiento del metal. La distancia mínima recomendada es entre 1.5 y 2 veces el diámetro del perno. Mantener esta separación garantiza que la integridad del borde se preserve

y que la conexión pueda soportar las cargas aplicadas sin comprometer la estructura. Colocar los pernos a esta distancia ayuda a distribuir las tensiones de manera uniforme, minimizando el riesgo de fracturas o deformaciones en el borde del material. Además, una adecuada distancia al borde facilita el acceso y mantenimiento de las conexiones, mejorando la durabilidad y resistencia de la estructura en su conjunto. Para obtener detalles más específicos y precisos sobre estas recomendaciones, se debe consultar el cuadro correspondiente del AISC (Ver Tabla 4), que proporciona directrices detalladas para diversas situaciones estructurales (Quispe, 2022).

Tabla 4

Distancias mínimas del centro de los agujeros al borde

Diámetro del tornillo (plg)	Distancia mínima al borde (plg)
1/2	3/4
5/8	7/8
3/4	1
7/8	1 1/8
1	1 1/4
1 1/8	1 1/2
1 1/4	1 5/8
Mayores de 1 1/4	1 1/4 × Diámetro

Nota. Tomado del libro “Diseño de estructuras de acero - 5a ed.”. Fuente (McCormac, 2013).

2.2.4.8. Resistencia al cortante

El cortante ocurre cuando hay deslizamiento entre los miembros que se están conectando, lo que provoca fuerzas de corte. En la siguiente tabla se presentan las resistencias nominales al cortante. Estas resistencias son cruciales para el diseño y análisis de estructuras, ya que determinan la capacidad de los elementos para soportar las fuerzas aplicadas sin fallar.

La resistencia al cortante depende de varios factores, incluyendo el tipo de material, el diámetro de los pernos y la calidad de la conexión. Al evaluar estas resistencias, los ingenieros pueden garantizar que las estructuras sean seguras y eficientes, minimizando el riesgo de fallos catastróficos (Quispe, 2022). Además, conocer las resistencias nominales al cortante permite optimizar el diseño de las conexiones, asegurando una distribución uniforme de las cargas y prolongando la vida útil de la estructura. Para obtener valores específicos, se debe consultar la tabla correspondiente.

2.2.5. Unión por Soldadura

La unión por soldadura se realiza mediante el calentamiento de las partes de la estructura, con o sin la adición de otro material. En las últimas décadas, se han reconocido las ventajas de esta técnica, a pesar de la percepción anterior de que tenía baja resistencia a la fatiga y altos costos para garantizar su calidad. Hoy en día, se comprende que las uniones soldadas ofrecen una alta resistencia a la fatiga, gracias a la calificación de soldadores, los avanzados procesos de soldadura y los estrictos requerimientos establecidos por la AWS (McCormac, 2013).

Estos avances han mejorado significativamente la fiabilidad y la eficacia de las uniones soldadas en diversas aplicaciones estructurales.

2.2.5.1. Ventajas de la soldadura

Según Quispe (2022) las ventajas de la soldadura son las siguientes:

- a) **Economía:** La soldadura es una técnica económica ya que elimina la necesidad de componentes adicionales como cartelas y pernos.



Esto reduce los costos de materiales y simplifica el diseño de las estructuras.

- b) Facilidad de Conexionado:** La soldadura facilita la conexión de miembros en situaciones complicadas, como ubicaciones difíciles de alcanzar o espacios reducidos. Esto permite una mayor flexibilidad en el diseño y montaje de estructuras complejas.
- c) Rigidez:** Las uniones soldadas son generalmente más rígidas que las conexiones atornilladas. Esta rigidez adicional proporciona una mayor estabilidad estructural, reduciendo las deformaciones y mejorando la capacidad de la estructura para soportar cargas dinámicas y estáticas.
- d) Reducción de Piezas:** El uso de la soldadura reduce la cantidad de piezas y miembros necesarios para el montaje. Menos componentes significan una menor posibilidad de errores durante el ensamblaje y una instalación más rápida y eficiente. Además, simplifica el mantenimiento y reduce los puntos de fallo potenciales.

La soldadura también ofrece ventajas en términos de durabilidad y resistencia a la corrosión. Las uniones soldadas, cuando se realizan correctamente, proporcionan una conexión continua y homogénea que puede soportar condiciones ambientales adversas mejor que muchas conexiones atornilladas o remachadas. Por último, la capacidad de realizar inspecciones no destructivas en soldaduras modernas asegura que la calidad y la integridad de las uniones se mantengan a lo largo del tiempo.

2.2.5.2. Tipos de soldadura

- a) **Filete de Soldadura:** La soldadura de filete se refiere a una técnica en la que los miembros se traslapan uno sobre otro, pudiendo realizarse con o sin la adición de material adicional. A pesar de la percepción previa de que este método era poco resistente a la fatiga y costoso de garantizar en términos de calidad, los avances en las últimas décadas han demostrado lo contrario. Hoy en día, las uniones por soldadura de filete se reconocen por su alta resistencia a la fatiga, gracias a la calificación de soldadores, los avanzados procesos de soldadura y los estrictos requerimientos de la AWS (McCormac, 2013).

Este tipo de soldadura es especialmente económico, ya que no requiere una preparación extensa para unir las partes. Además, su baja complejidad permite que los operarios no necesiten un nivel de habilidad extremadamente alto. Las posiciones posibles para realizar soldaduras de filete incluyen horizontales, planas, verticales y sobrecabeza, lo que proporciona gran versatilidad en diversas aplicaciones estructurales ((McCormac, 2013).

Figura 10

Soldadura de filete



Nota. Tomado del libro “Diseño de estructuras de acero - 5a ed.”. Fuente (McCormac, 2013).



2.2.6. Planificación y control de proyectos

La planificación y el control de proyectos de ingeniería y construcción se abordan desde la perspectiva de la Gestión de Proyectos. Para los propósitos de este trabajo de título, el concepto de Gestión de Proyectos se define de las siguientes maneras:

- a. Es el arte de liderar, administrar y controlar recursos y plazos limitados para producir un producto, servicio o resultado que cumpla con requisitos previamente establecidos (Trejo, 2018). Esta definición resalta la importancia de la coordinación eficiente de recursos y la adherencia a un cronograma predefinido, aspectos cruciales en la ingeniería y la construcción.
- b. Es la aplicación sistemática de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto con el objetivo de satisfacer sus requisitos (PMI, 2013). Esta definición subraya la importancia de un enfoque estructurado y metodológico para asegurar que los proyectos no solo se completen a tiempo, sino que también cumplan con los estándares de calidad y las expectativas del cliente.
- c. Según la quinta edición del PMBOK® (PMI, 2013), la Gestión de Proyectos se desglosa en diez áreas de conocimiento fundamentales, cada una de las cuales es esencial para el éxito de un proyecto:
 - **Integración:** Asegura que todos los elementos del proyecto estén correctamente coordinados.
 - **Alcance:** Define y controla lo que está y no está incluido en el proyecto.



- **Tiempo:** Gestiona la puntualidad en la finalización del proyecto.
- **Costos:** Planifica, estima, financia, gestiona y controla los costos del proyecto.
- **Calidad:** Determina y gestiona los requisitos de calidad.
- **Riesgos:** Identifica, analiza y responde a los riesgos del proyecto.
- **Recursos Humanos:** Organiza, gestiona y lidera el equipo del proyecto.
- **Adquisiciones:** Compra o adquiere los productos, servicios o resultados necesarios.
- **Comunicaciones:** Asegura la adecuada generación, recopilación, distribución, almacenamiento y disposición final de la información del proyecto.
- **Stakeholders:** Identifica a las personas, grupos o organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto y desarrolla estrategias para involucrarlos efectivamente.

Estas áreas de conocimiento son interdependientes y deben ser gestionadas de manera integrada para alcanzar los objetivos del proyecto, garantizando que se cumplan los estándares de la industria y las expectativas de los interesados. La Gestión de Proyectos es una disciplina aplicable a diversas industrias y niveles organizacionales, diseñada para alcanzar mejores resultados en el desarrollo de proyectos a través de una serie de prácticas óptimas.

El director de Proyectos, también conocido como gerente o jefe de proyecto, es el profesional encargado de la dirección del proyecto y es el responsable final de su éxito. Este rol requiere poseer ciertas cualidades, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5

Competencias y responsabilidades en la dirección

Competencias	Responsabilidades	Aspectos de las responsabilidades
<ul style="list-style-type: none">➤ Estratégicas➤ Gerenciales➤ Operacionales➤ Interpersonales y sociales➤ Liderazgo y coaching➤ Negociación y solución de conflictos➤ Técnicas asociadas al producto/resultado del proyecto	<ul style="list-style-type: none">➤ Iniciar el proyecto➤ Planificar el proyecto➤ Dirigir, supervisar e integrar el proyecto➤ Controlar el proyecto➤ Terminar y cerrar el proyecto	<ul style="list-style-type: none">➤ Administrativas➤ Legales➤ Comerciales➤ Logísticos➤ Relaciones Humanas➤ Documentales➤ Estratégicos

Nota. Tomado de (Trejo, 2018)

Luego de definir los conceptos de Gestión de Proyectos y del director de Proyectos, se procede a describir la planificación y el control desde la perspectiva de los proyectos de ingeniería y construcción.

a. Planificación: Es un proceso iterativo que resulta en un plan de trabajo diseñado para alcanzar los objetivos, cumplir con los requisitos y satisfacer las expectativas al menor costo y/o plazo posible (Trejo, 2018). Este proceso implica la determinación del alcance, la asignación de responsabilidades, la definición de objetivos, la identificación de actividades y la asignación de recursos. La planificación efectiva es crucial para establecer una base sólida que guíe todas las fases del proyecto, asegurando que se mantenga enfocado y alineado con los objetivos estratégicos.



- b. Control:** Es la habilidad para influir y dirigir el desempeño de actividades o procesos hacia un resultado deseado y preestablecido (Trejo, 2018). El control consta de dos etapas principales:
- c. Seguimiento:** Implica la recopilación de datos sobre el trabajo real realizado y su análisis comparativo con el plan original. Esta etapa es fundamental para identificar desviaciones y evaluar el progreso del proyecto en tiempo real (Trejo, 2018).
- d. Acción:** Consiste en la toma de decisiones y la implementación de acciones correctivas para alinear el desempeño del proyecto con los objetivos establecidos. Esta etapa es vital para ajustar el rumbo del proyecto y garantizar que los resultados finales cumplan con los estándares de calidad y las expectativas del cliente (Trejo, 2018).

La planificación y el control son procesos esenciales para el éxito de los proyectos de ingeniería y construcción. Estas actividades permiten una gestión proactiva y efectiva, garantizando que los proyectos se completen dentro del tiempo y presupuesto previstos y que se alcancen los objetivos de calidad y satisfacción del cliente. A lo largo del tiempo, la planificación y el control han experimentado cambios significativos en su percepción y ejecución. Hoy en día, se utilizan enfoques más atractivos y adaptativos, como los métodos ágiles y herramientas avanzadas de software, que facilitan una gestión más precisa y eficiente. Estas mejoras no solo optimizan la coordinación y el seguimiento de los proyectos, sino que también permiten una respuesta rápida a los cambios y desafíos. Analizar su evolución y las prácticas modernas proporciona una

comprensión profunda y estrategias más efectivas para enfrentar los desafíos contemporáneos en proyectos de ingeniería y construcción.

Figura 11

Estructura de una planificación y control de proyecto



Nota. Tomado de (Trejo, 2018)

2.2.6.1. Planificación

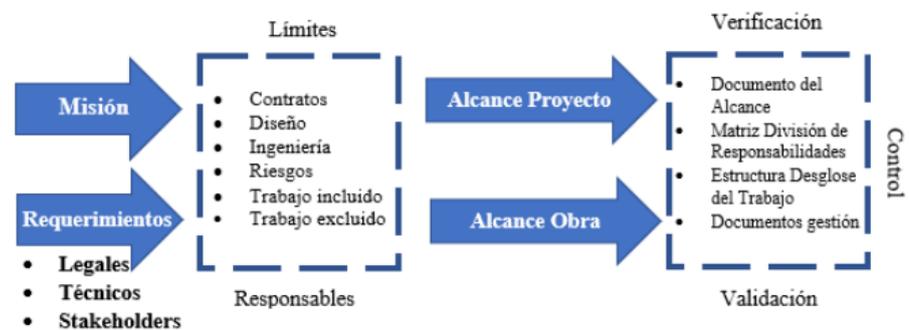
La gestión de proyectos involucra un proceso detallado de planificación que establece las tareas necesarias para alcanzar el éxito del proyecto dentro de un marco de tiempo específico y con recursos asignados. Cada proyecto es distinto, lo que significa que las tareas requeridas varían de uno a otro y están estrechamente vinculadas a las distintas áreas de gestión de proyectos, como el alcance, el tiempo, el costo y la calidad.

Las tareas clave en este proceso incluyen la definición de objetivos y entregables, la elaboración de cronogramas, la creación de planes de soporte y la determinación de los límites del proyecto. “El propósito del plan debería ser maximizar la probabilidad e impacto de los eventos positivos y minimizar la probabilidad e impacto de los eventos adversos” (Trejo, 2018).

- a) **Alcance:** En la planificación de proyectos, el alcance define todos los productos, servicios y resultados que el proyecto debe entregar. Incluye el trabajo necesario para lograr estos entregables, detallando lo que está incluido y excluido.

Figura 12

Planificación del alcance



Nota. Tomado de (Trejo, 2018)

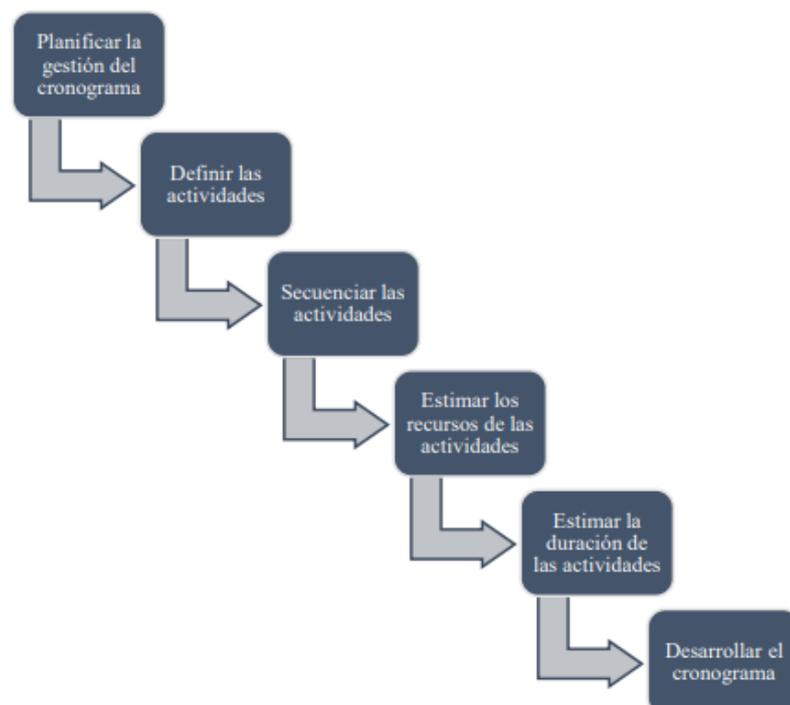
Por lo tanto, es fundamental que la planificación del manejo del alcance y las decisiones sobre fabricación o adquisición se realicen de manera conjunta para optimizar los resultados. Los profesionales deben considerar que, aunque las decisiones de tercerización pueden delegar parte del alcance del proyecto, también introducen actividades

de gestión adicionales que deben incorporarse en la planificación del manejo del alcance (PMI, 2013).

- b) **Tiempo:** La gestión del tiempo es esencial en el desarrollo de proyectos, especialmente en las industrias de ingeniería y construcción, donde las condiciones y restricciones contractuales influyen notablemente en los plazos. La planificación del tiempo implica el establecimiento de fechas límite parciales y totales para cumplir con el alcance del proyecto. El cronograma, un documento clave, integra y práctico, se crea para este propósito. Es crucial especificar tanto las restricciones como los supuestos (Trejo, 2018).

Figura 13

Planificación del tiempo



Nota. Tomado de (PMI, 2013)



Principalmente, la planificación del tiempo consiste en elaborar un cronograma que identifique de forma realista las relaciones lógicas entre las tareas, como ingeniería, compras y ejecución, entre otras. El conjunto de actividades definidas y secuenciadas que se requieren para completar el proyecto es lo que se conoce como cronograma.

- c) **Costo:** La gestión de costos, que incluye la planificación y el control, es vital para el éxito de los proyectos de construcción debido a su impacto significativo en las ganancias y en la gestión de las relaciones con los interesados. El proceso de planificación de costos implica establecer políticas, procedimientos y documentación que guiarán la planificación, gestión, ejecución y control de los gastos del proyecto. Esta práctica es fundamental ya que ofrece un marco para administrar los costos a lo largo del proyecto (PMI, 2013, p.195).

Las estimaciones son un componente clave de este proceso; muchas decisiones del proyecto dependen de estimaciones precisas de costos, presupuestos y riesgos identificados. La planificación de costos se inicia en las etapas tempranas del proyecto. Este proceso requiere una definición precisa del alcance, el cronograma, los factores ambientales de la empresa.

- d) **Calidad:** La calidad en la planificación de proyectos es un aspecto crítico que abarca la definición de estándares y procedimientos para asegurar que los entregables cumplan o superen las expectativas de los stakeholders. Este proceso comienza con la identificación clara de los requisitos de calidad que deben integrarse desde las fases iniciales del

proyecto. La planificación de la calidad implica desarrollar un plan que detalle cómo se medirán y controlarán los estándares de calidad a lo largo del proyecto. El enfoque en la calidad durante la planificación ayuda a minimizar riesgos y errores, optimizando recursos y tiempos de entrega. Esto incluye la implementación de auditorías de calidad, pruebas y revisiones de control que se alinean con los objetivos del proyecto. Asimismo, la planificación de la calidad debe ser flexible para adaptarse a cambios y nuevas exigencias, garantizando que la mejora continua sea un componente integral del proceso.

Figura 14

Principios de gestión de calidad



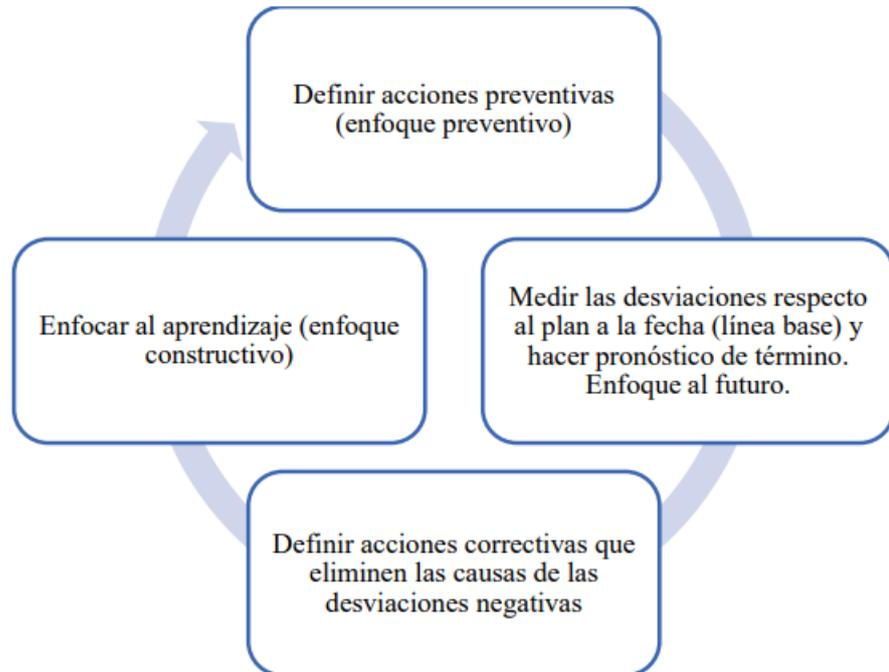
Nota. Tomado de (PMI, 2013)

2.2.6.2. Control

El control de proyectos es el proceso esencial que guía un proyecto desde su inicio hasta su conclusión, asegurando que se cumpla con la línea base establecida. Este control debe ser una constante, comenzando desde la fase de planificación y extendiéndose hasta la finalización del proyecto. Es fundamental entender que, sin el cumplimiento de las metas establecidas, no se puede considerar que haya control efectivo. “La planificación por sí sola resulta infructuosa sin la implementación de informes precisos de rendimiento que permitan monitorear y controlar los planes” (Burke, 2003, p.211).

Figura 15

Proceso de un control de proyectos



Nota. Tomado de (Trejo, 2018)



Debido a la complejidad inherente a muchos proyectos, es común que existan desviaciones entre lo planeado y lo ejecutado, lo que requiere un monitoreo continuo y ajustes oportunos. El control de proyectos debe ser abordado como un sistema integrado para optimizar el funcionamiento del proyecto. La figura siguiente ilustra el enfoque contemporáneo en el control de proyectos.

2.3. HIPÓTESIS

2.3.1. Hipótesis General

Se logra obtener detalladamente el procedimiento constructivo respecto a la fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023.

2.3.2. Hipótesis Específica

- a) El tiempo de planificación para el término de la entrega de fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2023, son 150 días calendarios.
- b) Los recursos necesarios y la optimización del tiempo de horas hombre para lograr concluir la fabricación de celdas de flotación DFR, en la empresa IMCO Servicios SAC, para la Sociedad Minera Cerro Verde – Arequipa 2022 – 2023, son los planos de fabricación, requerimiento, compra material e ingreso del material a planta, y correspondiente a la optimización de horas hombre se cumple con la planificación y se evita errores en la fabricación.





CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

Este trabajo se enmarca en una investigación de tipo descriptivo. Según Hernández et al. (2014), la investigación descriptiva se utiliza para detallar y explicar las características de un fenómeno, en este caso, el proceso de planificación y ejecución de proyectos de fabricación. Este proyecto, se basa en la información proporcionada por el cliente WOODGROVE TECHNOLOGIES y se llevará a cabo en la empresa IMCO SERVICIOS SAC, teniendo como usuario final a MINERA CERRO VERDE. Este tipo de investigación permitió obtener una comprensión detallada de las etapas involucradas y los factores que influyen en la planificación y el rendimiento, asegurando que se cumplan los plazos propuestos por el cliente.

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque de investigación adoptado en este trabajo es mixto, combinando los enfoques cuantitativo y cualitativo. Según Hernández et al. (2014), un enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos, mientras que el enfoque cualitativo se centra en la descripción y comprensión de procesos y fenómenos.

El enfoque cuantitativo se utilizó para medir y analizar diversas variables relacionadas con la planificación y ejecución de los proyectos de fabricación. Se recolectaron datos sobre el tiempo de fabricación, el cumplimiento de los plazos



y la eficiencia de los procesos en la empresa IMCO SERVICIOS SAC. Esta información permitió una evaluación objetiva del rendimiento y la identificación de áreas que requieran mejoras.

El enfoque cualitativo se empleó para describir el proceso de fabricación y la ejecución del proyecto. Este enfoque permitió una comprensión de las etapas involucradas, los desafíos enfrentados y las estrategias implementadas. Además, se describió el proceso de fabricación para identificar factores cualitativos que afectan el rendimiento y la eficiencia, ofreciendo una perspectiva integral del proyecto.

Al combinar ambos enfoques, se logró una visión completa del proyecto. La cuantificación de datos permitió medir y evaluar el rendimiento, mientras que la descripción cualitativa del proceso proporcionó un contexto y una comprensión más rica de los factores que influyen en la planificación y ejecución. Este enfoque mixto aseguró que se cumplan los plazos propuestos por el cliente WOODGROVE TECHNOLOGIES y que se optimice el rendimiento en la empresa IMCO SERVICIOS SAC, con el usuario final MINERA CERRO VERDE.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado en este estudio es de tipo no experimental y transeccional, también conocido como transversal. Según Hernández et al. (2014), el diseño no experimental se caracteriza por la observación y análisis de variables sin manipularlas, permitiendo estudiar los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural. Por otro lado, el diseño



transeccional se refiere a la recopilación de datos en un momento específico en el tiempo, proporcionando una instantánea de la situación actual.

El diseño es no experimental es debido a que no se manipularán las variables, sino que se observará y analizará la planificación y ejecución de los proyectos de fabricación en la empresa IMCO SERVICIOS SAC. Esto permitió obtener una comprensión realista de los procesos y factores que influyen en el rendimiento y cumplimiento de los plazos.

El diseño es transeccional ya que la recolección de datos se realizó en un momento específico durante la ejecución del proyecto para WOODGROVE TECHNOLOGIES, con el usuario final MINERA CERRO VERDE. Este enfoque proporcionó una visión clara del estado actual del proceso de fabricación, facilitando la evaluación del rendimiento y la identificación de áreas de mejora.

El diseño no experimental y transeccional es adecuado para este estudio ya que permitió analizar de manera objetiva y detallada los procesos de planificación y fabricación sin alterar su desarrollo natural. Además, proporciono datos concretos y relevantes que pueden ser utilizados para optimizar los procesos y mejorar el rendimiento en futuros proyectos.

3.1.4. Nivel de investigación

El nivel de investigación de este estudio es descriptivo y explicativo. Según Palella y Martins (2012), la investigación descriptiva tiene como objetivo detallar y caracterizar los fenómenos observados, mientras que la investigación explicativa busca entender las causas y efectos de dichos fenómenos. Este estudio se enfocó en describir detalladamente el proceso de fabricación y la ejecución de cada etapa del proyecto de 18 celdas de flotación DFR. Se documentaron las



características y procedimientos específicos involucrados, proporcionando una visión clara y comprensible del flujo de trabajo y de los componentes esenciales del proyecto. Además de describir, esta investigación también se centró en explicar las interrelaciones y causas subyacentes que influyen en la eficiencia y éxito de cada proceso y etapa del proyecto. Esto incluye la identificación de factores críticos y el análisis de cómo estos factores afectan el rendimiento y los resultados finales del proyecto.

Al combinar estos dos niveles de investigación, se logró una comprensión del proyecto, no solo proporcionando una descripción detallada de los procesos, sino también explicando las razones detrás de su funcionamiento y los impactos de cada componente, permitiendo optimizar la planificación y ejecución de proyectos similares en el futuro y asegurando una mejora continua en la eficiencia y efectividad operativa.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACION

3.2.1. Población

La población de este estudio está constituida por la Sociedad Minera Cerro Verde, ubicada en Arequipa

3.2.2. Muestra

La muestra de este estudio está compuesta por 18 celdas de flotación DFR.



3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

Para la recolección de datos en este estudio, se implementaron diversas técnicas que abarcan las diferentes etapas del proyecto de fabricación y creación de 18 celdas de flotación DFR para la Sociedad Minera Cerro Verde. Estas etapas y procesos incluyen:

- **Aprobación del Proyecto:** Se recopilaron datos relacionados con la revisión y aprobación inicial del proyecto por parte de las partes interesadas.
- **Ejecución de Planos por WOODGROVE TECHNOLOGIES:** Se documentó el desarrollo de los planos técnicos necesarios para la fabricación de las celdas de flotación.
- **Ingeniería:** Se obtuvo datos sobre los cálculos y diseños de ingeniería que respaldan el proyecto.
- **Procura:** Se registraron los procesos de adquisición de materiales y componentes necesarios para la fabricación.
- **Fabricación:** Se monitorearon y documentaron las fases de producción y ensamblaje de las celdas de flotación.
- **Preensamble:** Se recogieron datos sobre las actividades de preensamblaje y preparación de las celdas.
- **Revestimiento:** Se registraron los procesos de aplicación de revestimientos protectores a las celdas.



- **Pintura:** Se documentó la aplicación de pintura y otros tratamientos superficiales.
- **Embalaje y Despacho:** Se recopilaron datos sobre el embalaje final y el despacho de las celdas a su destino.

Para asegurar la calidad del trabajo realizado, se implementaron las siguientes técnicas de control de calidad:

- **Inspección Visual:** Se realizaron inspecciones visuales detalladas para verificar la integridad y calidad de las celdas.
- **Inspección con Líquidos Penetrantes:** Se utilizaron líquidos penetrantes para detectar posibles fisuras o defectos superficiales.
- **Ultrasonido:** Se empleó tecnología de ultrasonido para evaluar la calidad interna y la uniformidad del material.
- **Rayos X:** Se utilizaron rayos X para identificar cualquier defecto interno que no sea visible externamente.

Estas técnicas de recolección de datos y control de calidad permitieron asegurar que el proyecto se ejecute conforme a las especificaciones y estándares establecidos, garantizando la eficiencia y efectividad de las celdas de flotación DFR fabricadas.

3.3.2. Instrumentos empleados

Se utilizaron los siguientes instrumentos.

- Maquinas CNCs



- Flexómetro metálico de 5m
- Estación total
- Equipos topográficos
- Máquina de soldar
- Esmeril
- Puente grúa
- Disco de corte
- Disco de desbaste
- Electrodo.
- Guantes, etc.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente (VI)

Variable Independiente (VI): Planificación y Control de Proyecto

Variable Dependiente (VD)

Variable Dependiente (VD): Fabricación de celdas DFR



3.5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

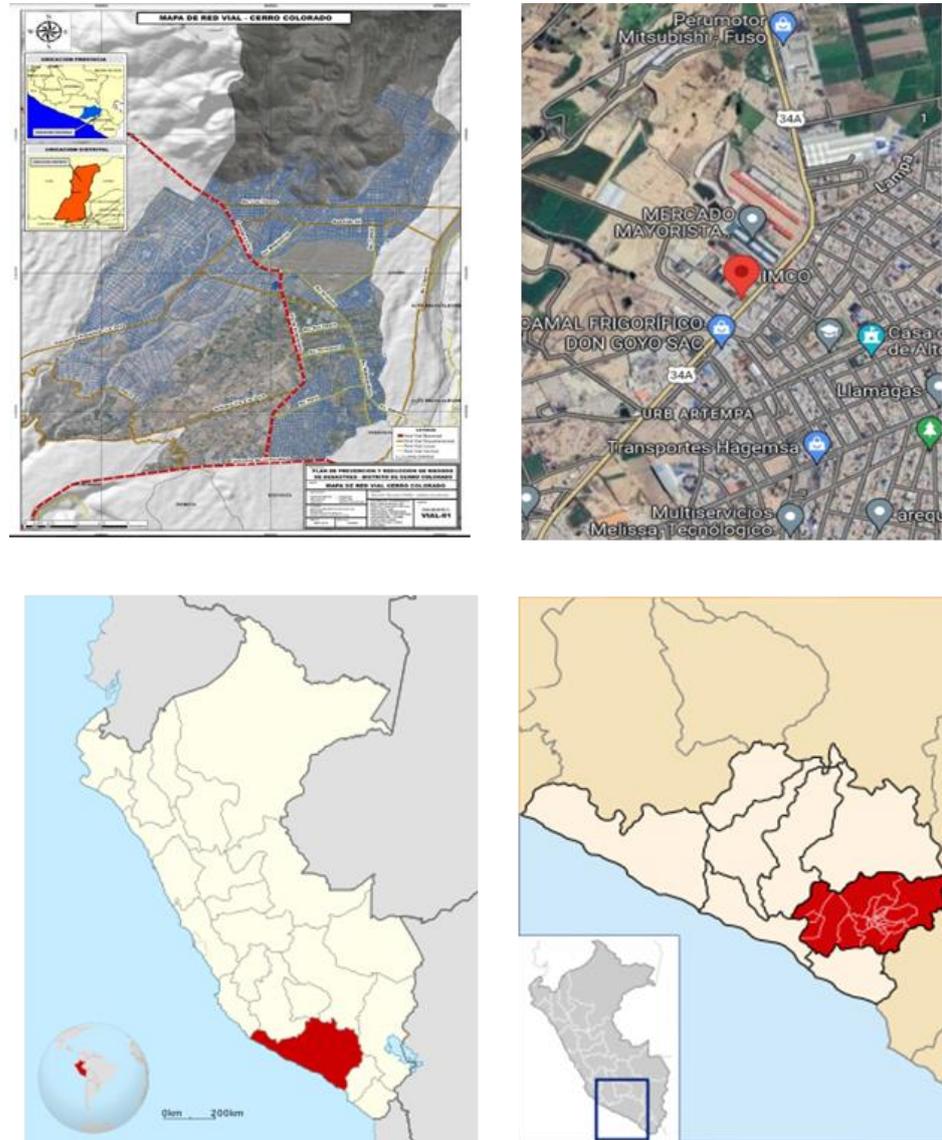
3.5.1. Ubicación y Descripción de la Investigación

3.5.1.1. Ubicación

El área de ejecución del proyecto se llevó a cabo en el Departamento de Arequipa, en el Distrito de Cerro Colorado. Mas concretamente la ubicación exacta es la Carretera Vía de Evitamiento, Km. 3, Pt. Zamacola, frente al Grifo Gamarra.

Figura 16

Ubicación del área de ejecución del proyecto



Nota. Elaboración Propia

3.5.1.2. Descripción de la investigación

El presente proyecto tiene como objetivo la fabricación de 18 celdas de flotación DFR, fundamentales para la Sociedad Minera Cerro Verde. Estas celdas ocupan poco espacio y reducen el consumo de energía y aire, ya que el sistema está completamente cerrado, ofreciendo un rendimiento equivalente o superior a la tecnología convencional. Las



etapas del proyecto incluyen el desarrollo y revisión de planos técnicos, diseño y cálculos de ingeniería, adquisición de materiales, fabricación, preensamble, aplicación de revestimientos protectores, pintura, y embalaje y despacho de las celdas. Para asegurar la calidad, se implementaron inspecciones visuales, líquidos penetrantes, ultrasonido y rayos X, garantizando que las celdas cumplan con los estándares establecidos y se entreguen a tiempo.

CAPÍTULO IV

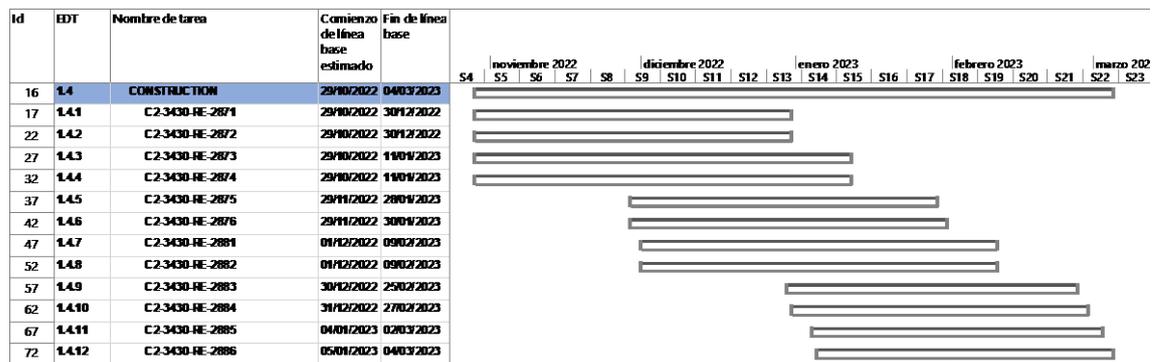
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PROCESO CONSTRUCTIVO DE CELDAS DE FLOTACIÓN DFR

Para determinar el tiempo de planificación en la construcción de celdas de flotación se establece un cronograma del proceso constructivo de los tanques a utilizar como se muestra a continuación:

Figura 17

Cronograma general del proceso constructivo de tanques para el proyecto DFR



Nota. Elaboración Propia

Luego de establecer el cronograma del proceso constructivo de tanques para el proyecto DFR, se establece un Plan de Procura con el objetivo de asegurar que todos los materiales y componentes necesarios para la fabricación de las celdas de flotación estén disponibles en el momento preciso y cumplan con las especificaciones técnicas requeridas. Este plan de procura es fundamental para la coordinación efectiva entre las etapas de ingeniería, fabricación y montaje, permitiendo un flujo continuo de trabajo sin interrupciones. El plan detalla cada uno de los materiales críticos, tales como placas estructurales, tuberías, ángulos y platinas, especificando sus cantidades, dimensiones y proveedores. Además, se lleva a cabo un seguimiento exhaustivo de cada etapa del



proceso de adquisición, desde la solicitud inicial, pasando por la emisión de órdenes de compra, hasta la recepción y entrega en el taller.

Figura 18

Plan de Procura para celdas de flotación DFR

Cerro Verde Woodgrove		TANQUES REACTORES PARA PROYECTO DFR C2 PLAN DE PROCURA										IMCO IMCO SERVICIOS S.A.C					
PROYECTO: CLIENTE: CENTRO DE COSTO:		TANQUES REACTORES PARA PROYECTO DFR C2 SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE 012200284										ELABORADO POR: FECHA DE EMISIÓN: REVISIÓN:		J.BOLAÑOS 03/11/2022 B			
Item	Código	Descripción	Carit	Unid	Emisido Por Responsable	SOLICITUD			ORDEN DE COMPRA			ENTREGA EN TALLER			NOTAS		
						Número Solicitud	Fecha de Solicitud	REAL Fecha de Solicitud	Nº de Orden de Compra	PLANIFICAD O Fecha de OC	REAL Fecha de OC	Proveedor	Planificado	Real		% COMPLE TADO	
1	60200146	PL. ESTRUCT. 32.0 x 1500 x 6000		2	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330979	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	05/11/2022	100.00	
2	60200147	PL. ESTRUCT. 9.0 x 1200 x 1200		2	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330949	18/10/2022	18/10/2022	TRACISA	25/10/2022	07/11/2022	100.00	
3	60200266	PL. ESTRUCT. 6.0 x 2400 x 1200		4	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330343	18/10/2022	18/10/2022	TRACISA	25/10/2022	07/11/2022	100.00	
3	60200111	PL. ESTRUCT. 25.0 x 3000 x 1200		4	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330440	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	24/10/2022	100.00	
4	60200180	PL. ESTRUCT. 8.0 X 3000 X 1200		10	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330277	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	31/10/2022	100.00	
4	60200194	PL. ESTRUCT. 12.0 x 3000 x 1200		10	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330949	18/10/2022	18/10/2022	TRACISA	25/10/2022	07/11/2022	100.00	
5	60200195	PL. ESTRUCT. 16.0 x 3000 x 1200		4	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330946	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	24/10/2022	100.00	
6	60200196	PL. ESTRUCT. 10.0 x 3000 x 1200		10	KGRS	M. MAMANI	218703	15/10/2022	2022-10-15	330948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	24/10/2022	100.00	
7	64500006	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 2" x 6M		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	330979	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	05/11/2022	100.00	
8	64500007	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 2" x 6M		2	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27				TUBISA	07/01/1900			
9	64500008	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 3" x 6M		2	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	334631	18/10/2022	07/10/2022	TUBISA	25/10/2022	07/11/2022	100.00	
10	64500011	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 4" x 6M		2	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	330917	28/10/2022	18/10/2022	TUBISA	04/11/2022			
11	64500012	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 10" x 6M		2	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022	07/11/2022	100.00	
12	64500019	TUBERIA Ø 2" X S.C. ASTM A53-B 6MT		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
13	64500045	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 12" X 6MTS GR B		2	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
14	64500063	TUBERIA Ø 1" X S.C. ASTM A53-B 6MT		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
15	64500156	TUBO SCH 40 SC ASTM A53 GR B X 6MTS		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
16	64500164	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 16" X 6M		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
17	64500223	TUBO SCH 40 SC ASTM A106 API 30" X 6M		4	PZA	M. MAMANI	219753	18/10/2022	2022-10-27	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
18	69200197	PL. ESTRUCT. 38.0 x 3000 x 1200		1	KGRS	M. MAMANI	219903	18/10/2022	2022-10-30	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
19	60000002	ANGRILLO 18" x 112" x 6 mm		2	PZA	M. MAMANI	230015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
20	60000007	ANGRILLO 316" x 2" x 6 mm		20	PZA	M. MAMANI	230015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
21	09000022	PLATINA 14" x 112" x 6 mm		8	PZA	M. MAMANI	220015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
22	09000023	PLATINA 14" x 12" x 6 mm		8	PZA	M. MAMANI	220015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
23	10700002	BARRA REDONDO LISO 12" x 6 mm CM		8	PZA	M. MAMANI	220015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
24	14100000	TUBO CUADRADO 3" X 3" X 1/4" X 6.M AN50 GR. B		8	PZA	M. MAMANI	220015	18/10/2022	2022-10-31	332948	18/10/2022	18/10/2022	TUBISA	25/10/2022			
25	21000093	BRIDA CIEGA 2" CLASE 150 ANSI B16.5 RF		28	PZA	M. MAMANI	219755	19/10/2022	2022-10-27	334369	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
26	21000134	BRIDA SLIP ON #150 RF Ø 2" ASME B16.5		28	PZA	M. MAMANI	219755	20/10/2022	2022-10-27	334369	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
27	21000085	BRIDA SLIP ON #150 RF Ø 12"		5	PZA	M. MAMANI	219755	21/10/2022	2022-10-27	334369	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
28	21000841	BRIDA SLIP ON #150 RF Ø 2" ASME B16.5 ASTM		52	PZA	M. MAMANI	219755	22/10/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
29	21001419	MEDIA COPLA Ø1" FNPT ASTM A105, ASME		96	PZA	M. MAMANI	219755	23/10/2022	2022-10-27	334374	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
30	21001698	COPLA Ø1" #300, FNPT ASTM A105, ASME B16.11		108	PZA	M. MAMANI	219755	24/10/2022	2022-10-27	334374	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
31	21002814	REDUCCION CONCENTRICA SOLDABLE SCH40 Ø 3"		80	PZA	M. MAMANI	219755	25/10/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
32	21003739	CAP Ø1" CLASE 150 NPT HIERRO MALLEABLE ASTM		16	PZA	M. MAMANI	219755	26/10/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
33	21005651	CODO 90° RL, NPS 2" SCH40 ASME B16.9, A234 WP,		80	PZA	M. MAMANI	219755	27/10/2022	2022-10-27	334369	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
34	21005931	BRIDA SLIP ON Ø2" ANSI B16.5 CLASE 150, RF ASTM		14	PZA	M. MAMANI	219755	28/10/2022	2022-10-27	334374	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
35	21007064	BRIDA SLIP ON Ø20" ANSI B16.5 CLASE 150, TIPO RF		14	PZA	M. MAMANI	219755	29/10/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
36	21007065	BRIDA SLIP ON #150 RF Ø3" ASTM A105 ANSI B16.5		14	PZA	M. MAMANI	219755	30/10/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
37	21007066	MEDIA COPLA Ø2" CLASS 3000 FNPT ASTM A105,		44	PZA	M. MAMANI	219755	31/10/2022	2022-10-27	334374	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
38	21007067	TAPON MACHO CABEZA HEXAGONAL Ø1" #300,		148	PZA	M. MAMANI	219755	01/11/2022	2022-10-27	334374	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
39	21007068	TAPON MACHO CABEZA HEXAGONAL Ø2" #300,		44	PZA	M. MAMANI	219755	02/11/2022	2022-10-27	334369	15/11/2022	15/11/2022	IMPORTADORA DE PRODUCTOS AGRICOLAS	22/11/2022			
40	21007069	PLANCHAS A. INOX 316 2MM X 1200 X 2400		1	PZA	M. MAMANI	219756	02/11/2022	2022-10-27	334370	15/11/2022	15/11/2022					
41	21007070	CODO 90° Ø2" RL, SCH30 SOLDABLE ASTM A234		120	PZA	M. MAMANI	219757	02/11/2022	2022-10-27	334371	15/11/2022						

Nota. Elaboración Propia

Para garantizar la correcta verificación del cronograma (Ver Anexo N°1) y la efectividad del plan de procura implementado, se establece un proceso de seguimiento y control de los avances desde el inicio hasta la culminación del proyecto. Este seguimiento continuo es esencial para asegurar que cada etapa del proceso constructivo, desde la adquisición de materiales hasta la fabricación y entrega final, se lleve a cabo conforme a lo planificado. El seguimiento incluye la monitorización constante de los plazos establecidos en el cronograma. Esta práctica permite identificar cualquier desviación o

retraso de manera temprana, lo que posibilita la toma de decisiones correctivas inmediatas para minimizar su impacto en el proyecto.

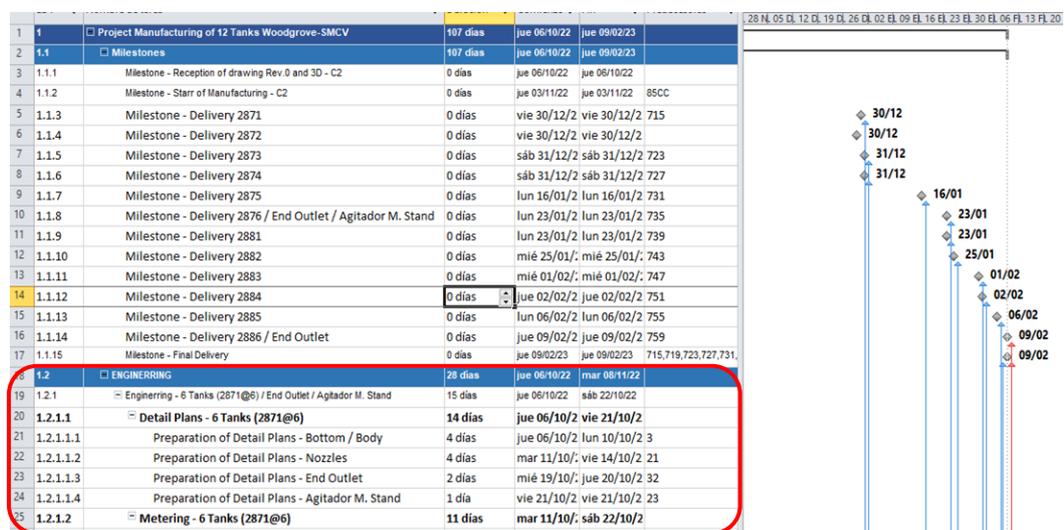
Además, el control del plan de procura asegura que todos los materiales y componentes críticos lleguen a tiempo y cumplan con las especificaciones técnicas requeridas. Esto incluye la verificación del cumplimiento de las órdenes de compra, la recepción de materiales en el taller y la validación de la calidad de los mismos antes de su uso en la fabricación.

4.1.1. Control de avances N° 1

Para el primero control, se establece un cronograma detallado de las actividades de ingeniería que se están ejecutando, donde se incluyen las tareas específicas relacionadas con la preparación de los planos de detalle y la medición para seis tanques. Este cronograma permite tener una visión clara de las fechas de inicio y fin de cada actividad, lo que es crucial para mantener el control y asegurar que se cumpla con los tiempos previstos.

Figura 19

Cronograma de preparación de planos



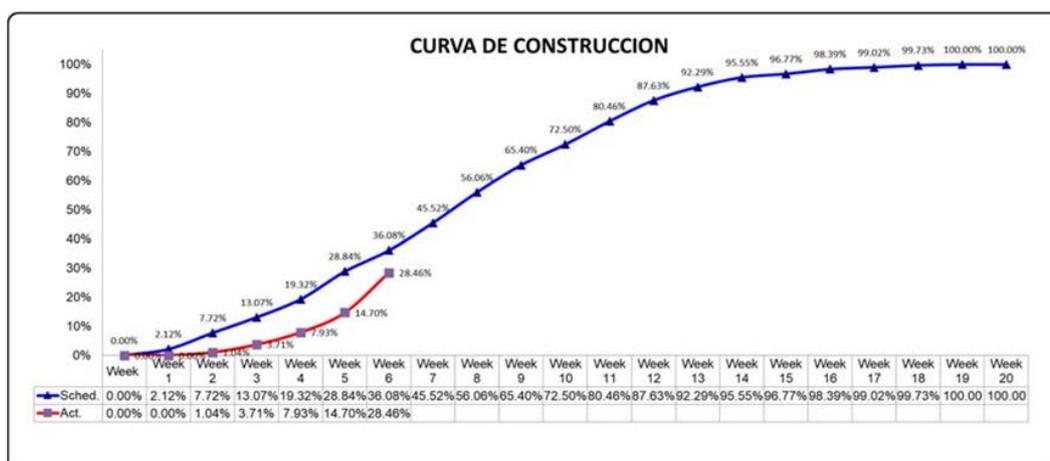
Nota. Elaboración Propia

La Curva S mostrada a continuación representa el progreso acumulado del proyecto en comparación con lo planificado para este primero control de avances. En la Figura 20, se observa que durante las primeras semanas el avance real (curva roja) estuvo consistentemente por debajo de lo planificado, evidenciando un inicio más lento de lo esperado. Específicamente, en la semana 5, el avance real alcanzó solo el 7.93%, mientras que el avance planificado ya estaba en un 19.32%, lo que refleja una desviación significativa del 11.39%.

Sin embargo, a partir de la semana 6, se observa un incremento notable en el ritmo de trabajo. Durante esta semana, el avance real subió al 14.70%, reduciendo considerablemente la brecha con el planificado, que para entonces estaba en 28.84%. Como resultado, para la semana 8, el avance real ya había alcanzado el 28.46%, muy cerca del 36.08% planificado, lo que indica que las estrategias adoptadas fueron exitosas para recuperar el tiempo perdido y acercar el progreso real al esperado.

Figura 20

Curva S – Nivel de avance en el control N°1



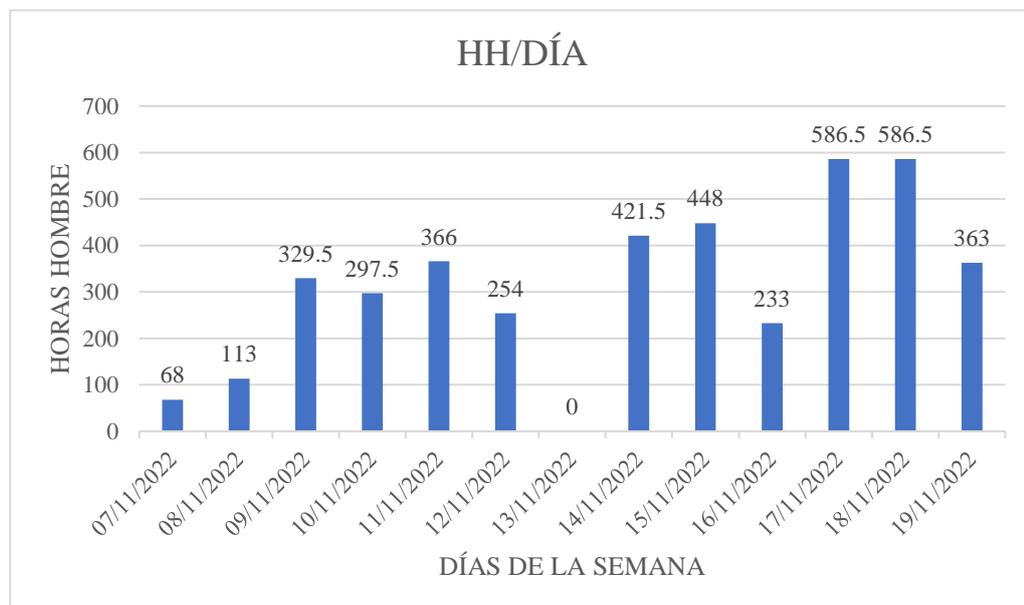
Nota. Elaboración Propia

En la Figura 21, se observa una variación significativa en las horas hombre dedicadas cada día a lo largo del periodo analizado. Durante la primera semana, los días 7 y 8 de noviembre de 2022, se registraron 68 y 113 horas hombre respectivamente, reflejando un inicio moderado en las actividades. Sin embargo, a partir del 10 de noviembre, se evidenció un aumento considerable, con 329.5 horas hombre, seguido de 366 horas hombre el 11 de noviembre.

Este incremento continuó hasta alcanzar un punto máximo los días 17 y 18 de noviembre, donde se registraron 586.5 horas hombre en cada día. Estos picos de actividad están claramente alineados con la necesidad de acelerar el ritmo de trabajo para cumplir con los objetivos del proyecto, tal como se refleja en la Curva S. La variabilidad en las horas hombre, que oscila entre 68 y 586.5 horas hombre, sugiere ajustes constantes en la planificación diaria para responder a las demandas del proyecto, lo cual es común en iniciativas de esta magnitud.

Figura 21

Cantidad horas hombre/día en el control N°1



Nota. Elaboración Propia

Las imágenes de la Figura 22, muestran diferentes etapas del proceso de fabricación, incluyendo la preparación de componentes, el ensamblaje, y las operaciones de soldadura.

En particular, el proceso de rolado de las planchas metálicas y la soldadura de las estructuras cilíndricas destacan por su importancia en garantizar la integridad estructural de las celdas. La precisión en la conformación y unión de los materiales es crítica para cumplir con los estándares de calidad y las especificaciones técnicas del proyecto.

Figura 22

Ensamblaje y soldadura en taller



Nota. Elaboración Propia

4.1.2. Control de avances N° 2

En el Control de Avances N°2, se observa un análisis comparativo entre el avance planificado y el avance real del proyecto hasta la fecha.

El avance acumulado planificado es del 56.06%, mientras que el avance acumulado real alcanzado es del 50.54%. Esto refleja una diferencia acumulada negativa de -5.52%, indicando que el proyecto se encuentra ligeramente atrasado en comparación con lo programado. Esta diferencia acumulada sugiere que, a pesar de los esfuerzos realizados, el proyecto aún no ha logrado alinearse completamente con el cronograma establecido. Sin embargo, al analizar el avance semanal, se evidencia un cambio positivo. El avance planificado para la semana era del 10.54%, pero el avance real logrado fue del 16.19%, resultando en una diferencia semanal positiva de 5.65%. Este incremento indica que, aunque el proyecto ha experimentado retrasos acumulados, se están tomando medidas efectivas para acelerar el ritmo de trabajo y cerrar la brecha con lo planificado.

Figura 23

Resumen general del avance del proyecto en el control N°2 – Semana 9

% de avance planificado:	56.06%
% de avance actual:	50.54%
Diferencia acumulada:	-5.52%
% de avance planificado semanal:	10.54%
% de avance real semanal:	16.19%
Diferencia semanal (tarde/temprano):	5.65%

Nota. Elaboración Propia

En el área de Ingeniería situándonos en el control N°2, el avance planificado era del 100%, sin embargo, el avance real alcanzado es del 90%. Esto indica que, aunque la mayoría de las tareas de ingeniería han sido completadas, aún queda un 10% pendiente, lo cual sugiere la necesidad de un esfuerzo adicional para cumplir plenamente con los objetivos de esta fase. El área de Procura muestra un avance planificado del 95.61%, mientras que el avance real es del 93.7%. Esta

ligera discrepancia del 1.91% entre lo planificado y lo ejecutado refleja un buen desempeño en la adquisición de materiales y componentes, aunque se requiere cerrar esta pequeña brecha para alinearse completamente con el cronograma. En cuanto a la Manufactura, se observa un desempeño positivo en la etapa de fabricación, con un avance real del 42.02%, ligeramente superior al 40.84% planificado. Esto indica que la fabricación está progresando según lo previsto, incluso superando marginalmente las expectativas. Sin embargo, otras subáreas de manufactura, como el pre-ensamblaje, el recubrimiento de goma, y el revestimiento, aún no han iniciado actividades, lo cual es consistente con su programación para fases posteriores del proyecto. Finalmente, el área de Liberación y Envío no ha mostrado avances hasta el momento, ya que estas actividades están programadas para desarrollarse en etapas más avanzadas del proyecto.

Figura 24

Resumen general avances por área en el control N°2

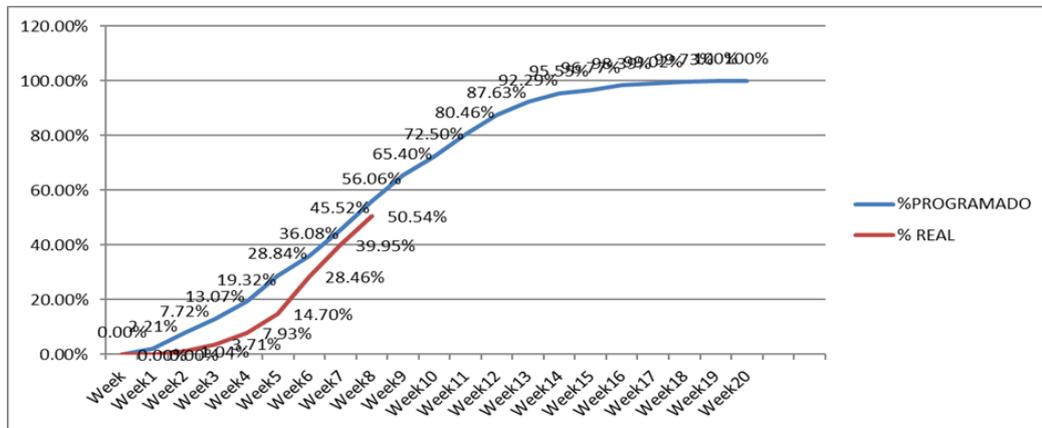
AREA	% PLANIFICADO	% REAL
INGENIERIA	100.0%	90.0%
PROCURA	95.6%	93.7%
MANUFACTURA		
Fabricación	40.8%	42.0%
Pre- Ensamblaje	0.0%	0.0%
Revestiendo de caucho	0.0%	0.0%
Recubrimiento	0.0%	0.0%
LIBERACION Y DESPACHO	0.0%	0.0%
AVANCE TOTAL: 50.54%		

Nota. Elaboración Propia

El avance total del proyecto para la semana 9 el avance real alcanzara el 45.52%, acercándose al 50.54% planificado, lo que indica una recuperación parcial del tiempo perdido. (Ver Figura 25). Aunque el proyecto está avanzando de manera significativa y en general conforme a lo planificado, existen áreas como la ingeniería y la procura donde es necesario un enfoque más riguroso para asegurar que se cumplan los objetivos dentro de los plazos establecidos.

Figura 25

Curva S – Nivel de avance en el control N°2



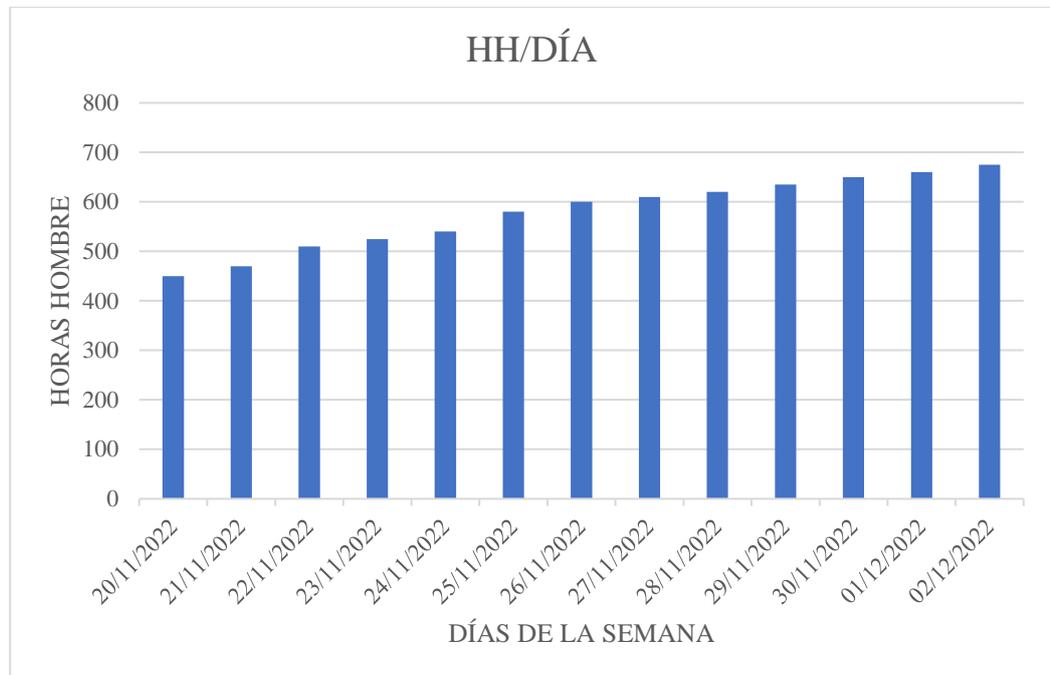
Nota. Elaboración Propia

El gráfico HH/DÍA (Ver Figura 26) muestra la distribución de horas hombre dedicadas diariamente durante el período comprendido entre el 20/11/2022 y el 02/12/2022. Este período refleja un incremento progresivo en el esfuerzo humano, lo que está alineado con la necesidad de recuperar el tiempo perdido y cerrar la brecha entre el avance programado y el avance real, tal como se observó en la Curva S del Control de Avances N°2. Inicialmente, el gráfico muestra que el 20/11/2022 se registraron aproximadamente 450 horas hombre, y este número fue aumentando de manera constante, alcanzando un máximo de alrededor de 675 horas hombre el 02/12/2022. Este patrón de incremento diario

sugiere que se implementaron medidas correctivas para intensificar el trabajo en el proyecto, lo cual fue necesario para alinear el avance real con el planificado.

Figura 26

Cantidad horas hombre/día en el control N°2



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 6 muestra una vista preliminar del avance en el área de ingeniería, específicamente en el contexto del Control de Avances N°2. En esta tabla se detallan varios aspectos importantes relacionados con los tanques del proyecto, incluyendo el peso de cada tanque, los planes de detalle, la medición, y los planes de manufactura. Cada uno de los 12 tanques listados en la tabla tiene un avance uniforme del 90% en las áreas mencionadas. Esto incluye tanto los planos de detalle, la medición, y los planes de manufactura, lo que indica una consistencia en el progreso de ingeniería a lo largo de todos los componentes. El porcentaje del 90% sugiere que la mayoría de las tareas de ingeniería están prácticamente completas, faltando solo un 10% para alcanzar la finalización total en esta fase.

El peso total de los tanques, que asciende a 112,167.96 kg, también es un dato relevante, ya que refleja la magnitud del trabajo involucrado en este proyecto. Cada tanque tiene un peso considerable, lo que añade complejidad al proceso de fabricación y ensamblaje, y resalta la importancia de la precisión en la fase de ingeniería.

Tabla 6

Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°2

DETAILED ENGINEERING PREVIEW							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	DETAIL PLANS	METERING	MANUFACTURING PLANS	% ENGINEERING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	90%	90%	90%	90.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	90%	90%	90%	90.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	90%	90%	90%	90.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	90%	90%	90%	90.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	90%	90%	90%	90.0%
Total general			112,167.96 kg	90%	90%	90%	90.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 7 ofrece una visión detallada del estado actual de la fabricación y el premontaje de los tanques. En esta tabla se desglosan diferentes etapas del proceso de fabricación, como corte, rolado, ensamblaje, soldadura y enderezado, junto con los avances generales tanto en fabricación como en premontaje. En cuanto, a la fabricación, se observa un progreso significativo en las etapas de corte y rolado, con un promedio del 87% y 86% respectivamente. Algunos tanques, como el C2-3430-RE-2871 y C2-3430-RE-2875, han alcanzado el 100% en estas actividades, lo que indica que estas fases están casi completadas para estos componentes específicos.

El ensamblaje muestra un avance más desigual, con un promedio general del 42%. Mientras que algunos tanques han avanzado hasta un 93% en esta etapa, otros, como el C2-3430-RE-2883, apenas han alcanzado un 10%. La soldadura presenta un progreso aún más limitado, con un promedio del 31%, siendo el tanque C2-3430-RE-2871 el que muestra el mayor avance en esta área, con un 84%. El proceso de enderezado muestra un avance mínimo del 8%, lo que sugiere que esta fase aún no ha sido una prioridad o se encuentra en etapas muy iniciales. Respecto al premontaje, el avance es mínimo, con un promedio general de solo el 6%. Esto indica que el premontaje está en una fase muy temprana o está programado para etapas posteriores, una vez que se completen más actividades de fabricación.

Tabla 7

Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°2

DETAILED PREVIEW OF FABRICATION AND PRE-ASSEMBLY											
Valores											
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	CUTTING	ROLLING	ASSEMBLY	WELDING	STRAIGHTE NED	% FABRICATION ADVANCE	PRE- ASSEMBLY	% PRE- ASSEMBLY ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	93%	84%	37%	80.86%	28%	0.3 kg
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	93%	95%	92%	83%	37%	80.83%	28%	0.3 kg
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	93%	100%	76%	56%	6%	72.28%	19%	0.3 kg
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	93%	100%	69%	33%	4%	63.04%	0%	- %
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	95%	68%	55%	6%	70.36%	0%	- %
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	94%	89%	61%	41%	4%	45.93%	0%	- %
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	78%	75%	15%	12%	1%	42.08%	0%	- %
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	80%	77%	16%	12%	1%	42.18%	0%	- %
1	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	76%	75%	10%	0%	0%	3.90%	0%	- %
2	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	80%	79%	5%	0%	0%	3.62%	0%	- %
3	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	78%	76%	0%	0%	0%	3.29%	0%	- %
4	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	76%	72%	0%	0%	0%	2.72%	0%	- %
Total general			112,167.96 kg	87%	86%	42%	31%	8%	42.04%	6%	0.1 kg

Nota. Elaboración Propia

A continuación, se presentan las evidencias del proceso de fabricación y premontaje realizado por los operarios.

En la Figura 27, se muestran las actividades de pre-ensamblaje en el tanque C2-2871, un componente clave del proyecto. En la primera imagen (a), se observa el pre-ensamblaje de los módulos 1 y 2, donde las secciones cilíndricas del tanque han sido alineadas y unidas para formar la estructura básica. En la segunda imagen (b), se documenta el pre-ensamblaje del módulo 3, con operarios trabajando en la soldadura y montaje de elementos internos.

Figura 27

Preensamblajes de módulos en el tanque C2-2871



a. PRE-ENSAMBLE MODULO1-2 C2-2871

b. PRE-ENSAMBLE MODULO3 C2-2871

Nota. Elaboración Propia

En la Figura 28 se muestran las etapas de pre-ensamblaje del tanque C2-2872. En la primera imagen (a), se observa el pre-ensamblaje de los módulos 1 y 2, donde los trabajadores están realizando soldaduras para unir las secciones principales del tanque. En la segunda imagen (b), se aprecia el pre-ensamblaje del módulo 3, con enfoque en el montaje de los componentes internos.

Figura 28

Preensamblajes de módulos en el tanque C2-2872



a. PRE-ENSAMBLE MODULO1-2 C2-2872



b. PRE-ENSAMBLE MODULO3 C2-2872

Nota. Elaboración Propia

En la Figura 28 se muestran el proceso de armado y soldeo de los módulos del tanque C2-2876. En la primera imagen (a), se observa el armado y soldeo de los módulos 1 y 2, donde se alinean las secciones principales del tanque para garantizar un ensamblaje sólido y preciso. En la segunda imagen (b), se documenta el armado y soldeo del módulo 3, destacando la preparación de las estructuras internas para su correcta unión.

Figura 29

Armado-Soldeo de módulos en el tanque C2-2876



a. ARMADO-SOLDEO MOD.1-2 C2-2876



b. ARMADO-SOLDEO MOD.3 C2-2876

Nota. Elaboración Propia

En la primera imagen (a) de la Figura 30, se muestra el proceso de armado del buzón de entrada y salida, donde se ensamblan y ajustan las piezas que formarán parte crucial del sistema de flujo dentro del tanque. En la segunda imagen (b), se documenta la perforación de una brida de 30 pulgadas, una tarea que requiere precisión para asegurar que las conexiones sean seguras y cumplan con los estándares técnicos necesarios.

Figura 30

Armado buzón entrada - salida y Perforación brida 30''



a. ARMADO BUZON ENTRADA Y SALIDA

b. PERFORACIÓN BRIDA 30''

Nota. Elaboración Propia

De acuerdo con la Figura 31, en la primera imagen (a), se muestra el proceso de habilitado de tuberías para celdas, donde se preparan y ensamblan las secciones tubulares que permitirán el flujo de fluidos esenciales para el funcionamiento de las celdas. En la segunda imagen (b), se observa el habilitado de la bitaúlica, una estructura clave para el soporte y distribución dentro de las celdas.

Figura 31

Habilitado de tuberías y de bitáulica para celdas



a. HABILITADO DE TUBERIAS PARA
CELDAS



b. HABILITADO DE BITAULICA PARA
CELDAS

Nota. Elaboración Propia

En la primera imagen (a) (Ver Figura 32), se muestra el armado del módulo 1 del tanque C2-2881@2882, donde se ensamblan las secciones iniciales de la estructura del tanque, asegurando una base sólida para las etapas siguientes. En la segunda imagen (b) (Ver Figura 32), se documenta el armado del módulo 2 del mismo tanque, donde se continúa con el ensamblaje de las secciones superiores. En la tercera imagen (c) (Ver Figura 32), se muestra el armado del módulo 3 del tanque C2-2881@2882, donde se ensamblan componentes clave de la estructura interna del tanque, asegurando que las secciones estén correctamente alineadas y unidas para cumplir con las especificaciones técnicas. En la cuarta imagen (d) (Ver Figura 32), se documenta el armado de las salidas rectangulares, un componente crucial para la funcionalidad del tanque, ya que estas salidas permiten el flujo controlado de materiales o fluidos dentro del sistema.

Figura 32

Armado MOD C2-2881@2882



a. ARMADO MOD.1 C2-2881@2882



b. ARMADO MOD.2 C2-2881@2882



c. ARMADO MOD.3 C2-2881@2882



d. ARMADO SALIDAS RECT. C2- 2881@2882

Nota. Elaboración Propia

Observando la Figura 33, en la primera imagen (a), se observa el armado de los módulos 1 y 2 del tanque C2-2883@2884, donde los trabajadores están preparando y alineando las secciones circulares que forman la base estructural del tanque. En la segunda imagen (b), se muestra el armado del módulo 3 del mismo tanque, donde se ensamblan las partes superiores y se ajustan los componentes finales.

Figura 33

Armado MOD C2-2883@2884



a. ARMADO MOD.1-2 C2-2883@2884



b. ARMADO MOD.3 C2-2883@2884

Nota. Elaboración Propia

En las imágenes de la Figura 34 se observa el proceso de armado y soldeo de los tanques C2-2885@2886. La primera imagen (a) muestra la alineación y preparación de las secciones cilíndricas del tanque antes de la soldadura, asegurando que las partes encajen correctamente. La segunda imagen (b) presenta las piezas preparadas para el armado de las secciones cónicas del tanque, que serán unidas mediante soldadura.

Figura 34

Armado y soldeo C2-2885@2886



a. ARMADO Y SOLDEO C2-2885@2886



b. ARMADO Y SOLDEO C2-2885@2886

Nota. Elaboración Propia

Finalmente, en las imágenes de la Figura 35 se documenta el proceso de ensayo de Vacum Test realizado en los tanques C2-2871@2876. Este ensayo es crucial para verificar la integridad y hermeticidad de las soldaduras y uniones, asegurando que no haya fugas en las estructuras.

Figura 35

Ensayo de VACUM TEST C2-2871@2876



a. ENSAYO DE VACUM TEST C2-2871@2876

b. ENSAYO DE VACUM TEST C2-2871@2876

Nota. Elaboración Propia

4.1.3. Control de avances N° 3

En el Control de Avances N°3, se observa un análisis comparativo entre el avance planificado y el avance real del proyecto hasta la fecha. El avance acumulado planificado es del 72.50%, mientras que el avance acumulado real alcanzado es del 67.68%. Esto refleja una diferencia acumulada negativa de -4.82%, indicando que el proyecto se encuentra retrasado respecto al cronograma establecido.

Además, el análisis del avance semanal revela que el avance planificado para la semana era del 10.20%, mientras que el avance real logrado fue del 4.82%. Esto resulta en una diferencia semanal negativa de -5.38%, lo que sugiere que,

durante esta semana en particular, el proyecto ha experimentado un rendimiento por debajo de lo esperado. Esta situación subraya la necesidad de revisar las estrategias actuales y considerar medidas adicionales para alinear el avance real con el avance planificado en las semanas siguientes.

Figura 36

Resumen general del avance del proyecto en el control N°3 – Semana 10

% de avance planificado:	72.50%
% de avance actual:	67.68%
Diferencia acumulada:	-4.82%
% de avance planificado semanal:	10.20%
% de avance real semanal:	4.82%
Diferencia semanal (tarde/temprano):	-5.38%

Nota. Elaboración Propia

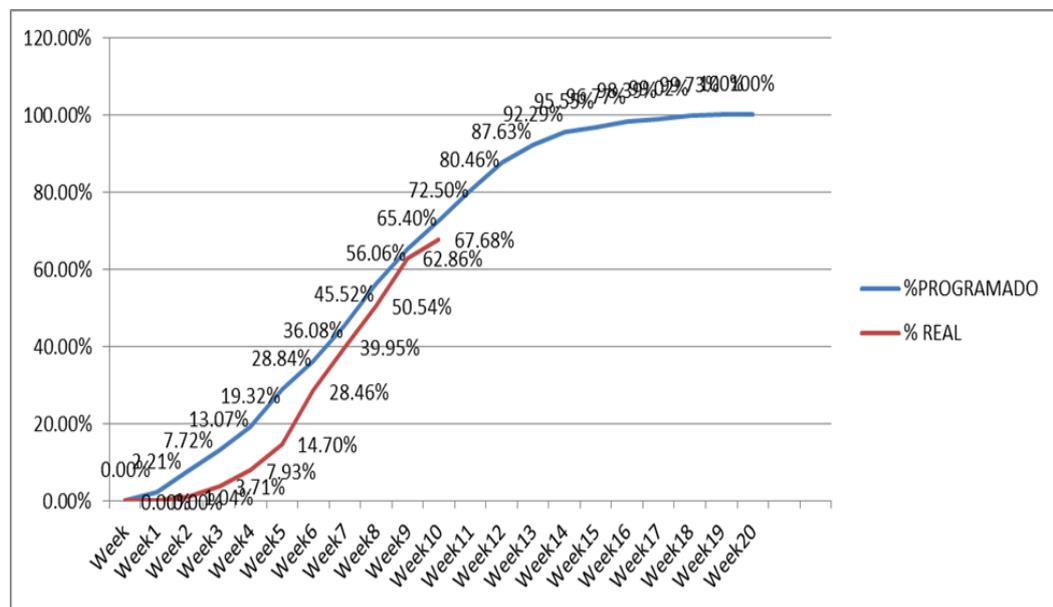
En la Figura 37, se presenta un análisis visual del progreso del proyecto comparando el avance planificado (% PROGRAMADO) con el avance real (% REAL) a lo largo de las semanas. La curva azul representa el avance acumulado planificado del proyecto, mientras que la curva roja muestra el avance acumulado real alcanzado hasta el control N°3.

Al observar las curvas, se puede notar que, en las primeras semanas, el avance real del proyecto (curva roja) sigue de cerca al avance planificado (curva azul). Sin embargo, a partir de la semana 5, se empieza a evidenciar una desviación en el rendimiento real en comparación con lo programado. Por ejemplo, en la semana 8, el avance planificado es del 56.06%, mientras que el avance real es del 50.54%, mostrando un retraso acumulado. Este desfase entre las dos curvas se mantiene constante y se hace más evidente en la semana 10, donde el avance

planificado alcanza el 72.50%, pero el avance real solo llega al 67.68%. A medida que avanzan las semanas, la diferencia entre el progreso programado y el real sigue aumentando, lo cual sugiere la presencia de desafíos operativos o de gestión que han afectado la capacidad del proyecto para mantenerse al día con el cronograma establecido.

Figura 37

Curva S – Nivel de avance en el control N°3

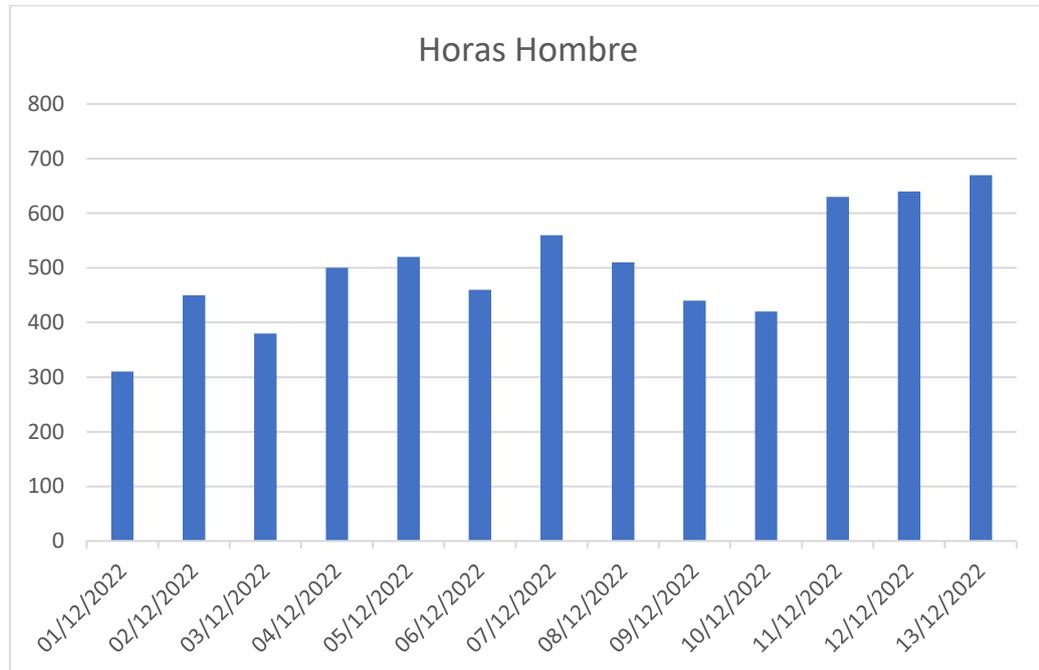


Nota. Elaboración Propia

Se muestra un aumento progresivo en las horas trabajadas por día desde el 1 de diciembre hasta el 13 de diciembre de 2022 (Ver Figura 38). Al inicio del período, las horas hombre permanecen relativamente estables, pero comienzan a incrementarse de manera sostenida hacia el final del mes. Este aumento culmina en los primeros días de diciembre, superando las 600 horas hombre diarias.

Figura 38

Cantidad horas hombre/día en el control N°3



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 8 presenta un resumen del avance de ingeniería de varios tanques identificados por códigos específicos, como C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque tiene un peso que varía entre aproximadamente 9,065.67 kg y 10,753.07 kg, sumando un peso total de 112,167.96 kg. Se observa que el avance en la elaboración de “DETAIL PLANS”, “METERING”, y “MANUFACTURING PLANS” es uniforme para todos los tanques, con un 95% de progreso en cada categoría. Este porcentaje se refleja también en la columna “% ENGINEERING ADVANCE”, que muestra que todos los aspectos del proceso de ingeniería están en un 95% de avance. Esta información indica que el desarrollo de los planos detallados, la medición y la preparación de los planes de fabricación están casi completados para todos los tanques.

Tabla 8

Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°3

DETAILED ENGINEERING PREVIEW							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	DETAIL PLANS	METERING	MANUFACTURING PLANS	% ENGINEERING ADVANCE
1	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2871	<input type="checkbox"/> G	9,068.23 kg	95%	95%	95%	95.0%
2	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2872	<input type="checkbox"/> H	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
3	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2873	<input type="checkbox"/> I	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
4	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2874	<input type="checkbox"/> J	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
5	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2875	<input type="checkbox"/> K	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
6	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2876	<input type="checkbox"/> L	10,753.07 kg	95%	95%	95%	95.0%
7	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2881	<input type="checkbox"/> M	9,068.23 kg	95%	95%	95%	95.0%
8	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2882	<input type="checkbox"/> N	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
9	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2883	<input type="checkbox"/> O	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
10	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2884	<input type="checkbox"/> P	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
11	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2885	<input type="checkbox"/> Q	9,065.67 kg	95%	95%	95%	95.0%
12	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2886	<input type="checkbox"/> R	10,753.07 kg	95%	95%	95%	95.0%
Total general			112,167.96 kg	95%	95%	95%	95.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 9 muestra el avance detallado de la contratación de varios tanques, identificados por códigos desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque tiene un peso específico, con valores que varían entre 9,065.67 kg y 10,753.07 kg, totalizando 112,167.96 kg. Las columnas “REQUEST”, “PURCHASE ORDER” y “RECEPTION” reflejan el estado del proceso de contratación para cada tanque. Los porcentajes varían en cada etapa: “REQUEST” muestra un avance que oscila entre el 88% y el 95%, “PURCHASE ORDER” tiene avances entre el 88% y el 95%, y “RECEPTION” presenta un rango de avance desde el 87% hasta el 95%. La columna “% PROCUREMENT ADVANCE” proporciona un resumen del avance general en el proceso de contratación, con valores que van desde el 87.6% hasta el 95.0% para los diferentes tanques. El promedio general del avance en la contratación es del 94%, lo que indica que la mayoría de los procesos de solicitud, orden de compra y

recepción están avanzados, aunque algunos tanques están más atrasados en la fase de recepción.

Tabla 9

Avance de la contratación en el control N°3

DETAILED PROCUREMENT ADVANCE							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRIC	WEIGHT (KG)	REQUEST	PURCHASE ORDER	RECEPTION	% PROCUREMENT ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	88%	88%	87%	93.5%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	95%	91%	91%	94.7%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	95%	91%	88%	94.6%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	95%	91%	88%	94.6%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	95%	93%	91%	94.7%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	95%	95%	95%	95.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	95%	93%	93%	94.7%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	95%	95%	88%	94.8%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	95%	95%	88%	94.8%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	95%	95%	88%	94.8%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	95%	95%	88%	94.8%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	95%	94%	87%	87.6%
Total general			112,167.96 kg	94%	93%	89%	94.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 9 presenta una vista detallada del avance en la fabricación y premontaje de varios tanques, identificados con códigos específicos desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque se detalla con su peso en kilogramos, que varía entre 9,065.67 kg y 10,753.07 kg, con un peso total combinado de 112,167.96 kg. Se evalúan diversas etapas del proceso de fabricación, como “CUTTING” (corte), “ROLLING” (rolado), “ASSEMBLY” (ensamblaje), “WELDING” (soldadura), y “STRAIGHTENED” (alineación). Los porcentajes de avance en estas etapas varían considerablemente entre los tanques. Por ejemplo, el avance en “CUTTING” y “ROLLING” se mantiene alto, alrededor del 91% al 100% para la mayoría de los tanques, indicando que estas fases están casi completas. Sin embargo, las etapas de “ASSEMBLY”, “WELDING”, y “STRAIGHTENED” muestran variaciones más amplias, con algunos tanques

avanzados solo entre el 7% y el 93%, lo que indica que estas actividades están en diferentes fases de progreso. El porcentaje de “FABRICATION ADVANCE” (avance de fabricación) oscila entre 22.37% y 98.51%, reflejando un rango amplio de avance total en la fabricación entre los diferentes tanques. La tabla revela que, aunque se han logrado avances significativos en ciertas áreas de fabricación y premontaje, como el corte y el rolado, otras etapas aún necesitan atención para completar el proceso. Esto sugiere que el proyecto está progresando, pero con diferencias notables en el avance de las distintas fases de producción, lo cual podría requerir ajustes en la planificación y la asignación de recursos para asegurar la finalización exitosa del proyecto.

Tabla 10

Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°3

DETAILED PREVIEW OF FABRICATION AND PRE-ASSEMBLY										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	CUTTING	ROLLING	ASSEMBLY	WELDING	STRAIGHTENED	% FABRICATION ADVANCE	PRE-ASSEMBLY
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	93%	93%	93%	98.51%	93%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	93%	95%	93%	93%	92%	96.78%	93%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	93%	100%	92%	92%	90%	98.12%	88%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	93%	100%	92%	92%	92%	98.18%	92%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	99%	98%	92%	88%	83%	95.20%	83%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	96%	92%	88%	84%	78%	76.71%	78%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	92%	89%	53%	22%	1%	56.67%	0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	95%	92%	62%	46%	1%	64.65%	0%
1	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	92%	92%	65%	15%	0%	45.15%	0%
2	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	92%	92%	48%	12%	1%	37.31%	0%
3	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	92%	92%	15%	7%	0%	33.22%	0%
4	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	91%	89%	12%	2%	0%	22.37%	0%
Total general			112,167.96 kg	94%	94%	67%	54%	44%	68.00%	44%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 11 proporciona una vista del avance en el proceso de recubrimiento de caucho (Ruber Lining) para una serie de tanques identificados por códigos desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque tiene un peso específico y un área en metros cuadrados (M2) asignada para el recubrimiento, totalizando un peso de 112,167.96 kg y un área total de 2,308 m2.



El proceso de recubrimiento se divide en varias etapas: “SHOT BLASTING INSIDE” (granallado interior), “RUBBERIZE/VULCANIZED” (caucho/vulcanizado), y “RELEASE VULCANIZED” (liberación vulcanizada). Los porcentajes de avance en estas etapas varían significativamente entre los tanques. Por ejemplo, en “SHOT BLASTING INSIDE”, los avances oscilan entre 0% y 93%, indicando que algunos tanques han completado esta etapa casi por completo, mientras que otros no han comenzado.

En la etapa de “RUBBERIZE/VULCANIZED”, solo unos pocos tanques han avanzado, con porcentajes que varían entre 0% y 66%, lo que sugiere que esta fase está en sus primeras etapas de ejecución para la mayoría de los tanques. En “RELEASE VULCANIZED”, todos los tanques muestran un avance del 0%, lo que indica que esta etapa aún no ha comenzado. El “% RUBER LINNING ADVANCE” (avance en recubrimiento de caucho) refleja el progreso general de este proceso, con avances que van desde 0% hasta 57.2%. El promedio general del avance es del 8%, lo que sugiere que el proceso de recubrimiento de caucho está en una fase inicial para la mayoría de los tanques.

La tabla muestra que el proceso de recubrimiento de caucho para los tanques está en las primeras etapas de ejecución, con algunas actividades de preparación y recubrimiento inicial ya en marcha. Sin embargo, el avance general es limitado, lo que indica la necesidad de acelerar el proceso para cumplir con los objetivos del proyecto en el tiempo programado.

Tabla 11

Vista previa de Ruber Linning en el control N°3

DETAILED PREVIEW OF RUBER LINNING									
Valores									
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	SHOT BLASTING INSIDE	RUBBERIZED	VULCANIZED	RELEASE VULCANIZ ED	% RUBER LINNING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	93%	66%	0%	0%	57.2%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	24%	17%	0%	0%	16.7%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	25%	13%	0%	0%	12.4%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	25%	13%	0%	0%	12.4%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	0%	0%	0%	0%	0.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	0%	0%	0%	0%	0.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	0%	0%	0%	0%	0.0%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	14%	9%	0%	0%	8.0%

Nota. Elaboración Propia

La Figura 39 muestra el proceso de revestimiento de los tanques C2-2871 a través de tres imágenes que destacan diferentes etapas del trabajo. La primera imagen (a) muestra el tanque C2-2871 en proceso de revestimiento, con su estructura parcialmente completada. Se observan las superficies que están siendo tratadas y las áreas ya revestidas, reflejando el progreso del trabajo. En la segunda imagen (b), se presenta el mismo tanque desde otro ángulo, destacando el entorno de trabajo con herramientas, equipos de protección y materiales cubiertos. Esto indica que el revestimiento se realiza en un entorno controlado para mantener la calidad y seguridad del proceso. La tercera imagen (c) muestra los tanques C2-2871 y C2-2872 en la fase final de ensamblaje, listos para instalación. Esta etapa avanzada sugiere que el revestimiento ha progresado significativamente y está casi completado.

Figura 39

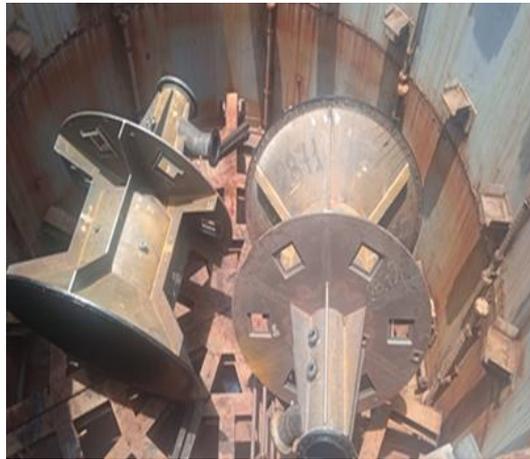
Revestimiento de tanque C2-2871



a) REVESTIMIENTO C2-2871



b) REVESTIMIENTO C2-2871



c) REVESTIMIENTO MOD3 C2-2871@2872

Nota. Elaboración Propia

La Figura 40 muestra el proceso de preensamblaje de los tanques C2 en distintas etapas de su construcción. En la primera imagen (a), se observa el preensamblaje de los tanques C2-2872, C2-2873 y C2-2874. En esta fase, los tanques están alineados y parcialmente ensamblados en un ambiente de taller, con personal técnico trabajando en su montaje. La configuración sugiere que están en una etapa inicial de preparación antes de un ensamblaje más completo. La segunda imagen (b) muestra el tanque C2-2875 en una etapa más avanzada de preensamblaje. Aquí, se puede ver una estructura más completa, con escaleras y

plataformas de trabajo alrededor del tanque. El tanque está en posición vertical y parece estar listo para procedimientos adicionales, como la instalación de componentes internos o el ajuste final. La tercera imagen (c) muestra el tanque con el revestimiento MOD3 aplicado, específicamente los tanques C2-2871 y C2-2872. Este tanque parece estar en la fase final de revestimiento, con el exterior completamente trabajado y el equipo listo para finalizar los últimos detalles de ensamblaje.

Figura 40

Preensamble de tanque C2



a) PRENSAMBLE
2872@2873@2874



C2- b) PRE-ENSAMBLE C2-2875



c) REVESTIMIENTO MOD3 C2-2871@2872

Nota. Elaboración Propia

La Figura 41 muestra el proceso de armado y soldadura del módulo 3 del tanque C2-2881 en diferentes etapas de su construcción. En la primera imagen (a), se observa la estructura inicial del tanque C2-2881 durante la fase de armado y soldadura (Mod.1). La imagen muestra el cuerpo cilíndrico del tanque con una apertura rectangular grande, lo que sugiere que el tanque está en una fase temprana de construcción donde se están realizando los primeros cortes y preparativos para la soldadura. La segunda imagen (b) presenta el mismo tanque, C2-2881, pero en una etapa diferente de armado y soldadura (Mod.2). Aquí, se puede ver el tanque con refuerzos internos y componentes adicionales instalados alrededor de su estructura, indicando que el proceso de ensamblaje ha avanzado. La presencia de herramientas y equipos de trabajo indica que la soldadura y el armado de los componentes estructurales están en curso.

Figura 41

Armado Mod.3 C2-2881



a) ARMADO-SOLDEO MOD.1
C2-2881



b) ARMADO-SOLDEO MOD.2
C2-2881

Nota. Elaboración Propia

La Figura 42 muestra el proceso de armado de los estatores para los tanques del proyecto C2 en distintas etapas de construcción. En la primera imagen (a), se observa el armado del estator del tanque C2-2881. Se presenta un cilindro

de metal con su estructura básica ya formada. Alrededor del estator, se encuentran herramientas y equipos, lo que sugiere que el trabajo está en progreso, con ajustes y ensamblajes en curso para completar esta sección del tanque. La segunda imagen (b) muestra el proceso de armado de los estatores para los tanques C2-2883 y C2-2884. En esta fase, los estatores presentan una estructura más avanzada, con secciones internas y refuerzos claramente visibles. Esto indica que el trabajo de soldadura y ensamblaje ha progresado, preparando el componente para los siguientes pasos en el proceso de fabricación.

Figura 42

Armado estator C2



a) ARMADO STATOR C2-2881



b) ARMADO STATOR C2-2883-
2884

Nota. Elaboración Propia

La Figura 43 presenta el proceso de armado de diferentes módulos (MOD 1, 2 y 3) de los tanques C2-2881, C2-2883, y C2-2884, mostrando varias etapas de construcción. En la primera imagen (a), se observa el armado del módulo 3 del tanque C2-2881. La estructura muestra la base con refuerzos y componentes adicionales, indicando un enfoque en la estabilidad y la precisión durante la construcción. Este módulo parece estar en la fase de ensamblaje, con varias partes

aún en proceso de instalación. La segunda imagen (b) muestra el armado del módulo 1 de los tanques C2-2883 y C2-2884. Se puede ver la parte interna del tanque con refuerzos estructurales visibles, lo que indica que el proceso de ensamblaje está avanzado y que las partes internas están siendo aseguradas adecuadamente.

Figura 43

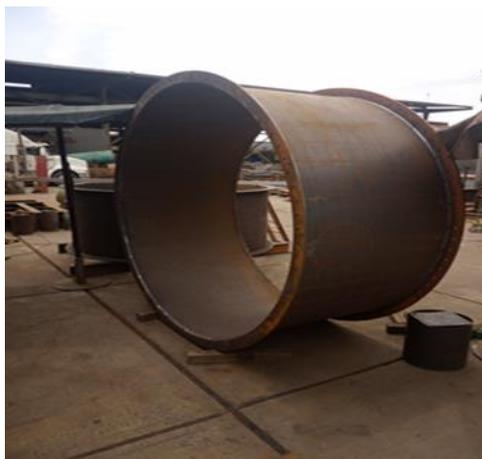
Armado MOD 1, 2 y 3



a) ARMADO MOD.3 C2-2881



b) ARMADO MOD.1 C2-2883-2884



c) ARMADO MOD.2 C2-2883-2884



d) ARMADO MOD.3 C2-2883-2884

Nota. Elaboración Propia

La tercera imagen (c) presenta el módulo 2 de los tanques C2-2883 y C2-2884, con un cilindro grande que aún no ha sido completamente ensamblado. El módulo parece estar preparado para la integración con otros componentes del tanque, mostrando un avance significativo en la fabricación, pero aun requiriendo pasos adicionales para su finalización. Finalmente, la cuarta imagen (d) muestra el módulo 3 de los tanques C2-2883 y C2-2884, destacando una sección cónica que formará parte de la estructura superior del tanque. Este componente cónico está completamente ensamblado y listo para ser integrado con el resto del tanque, indicando que se ha completado esta fase de fabricación específica.

4.1.4. Control de avances N° 4

Para el control de avance N°4, se ha realizado un análisis comparativo entre el avance planificado y el avance real del proyecto hasta la fecha. El avance acumulado planificado es del 92.29%, mientras que el avance acumulado real es del 83.17%. Esto refleja una diferencia acumulada negativa de -9.12%, lo que indica que el proyecto está atrasado respecto al cronograma establecido. En cuanto al avance semanal, se tenía previsto un avance del 6.27%, pero el avance real logrado fue de solo 3.87%. Esto genera una diferencia semanal negativa de -2.40%, señalando que, en esta semana específica, el proyecto no alcanzó las metas programadas. En conjunto, estos resultados evidencian un retraso tanto en el progreso acumulado como en el semanal, lo que sugiere la necesidad de implementar medidas correctivas para alinear el avance real con los objetivos planificados y evitar mayores demoras en el futuro.

Figura 44

Resumen general del avance del proyecto en el control N°4 – Semana 13

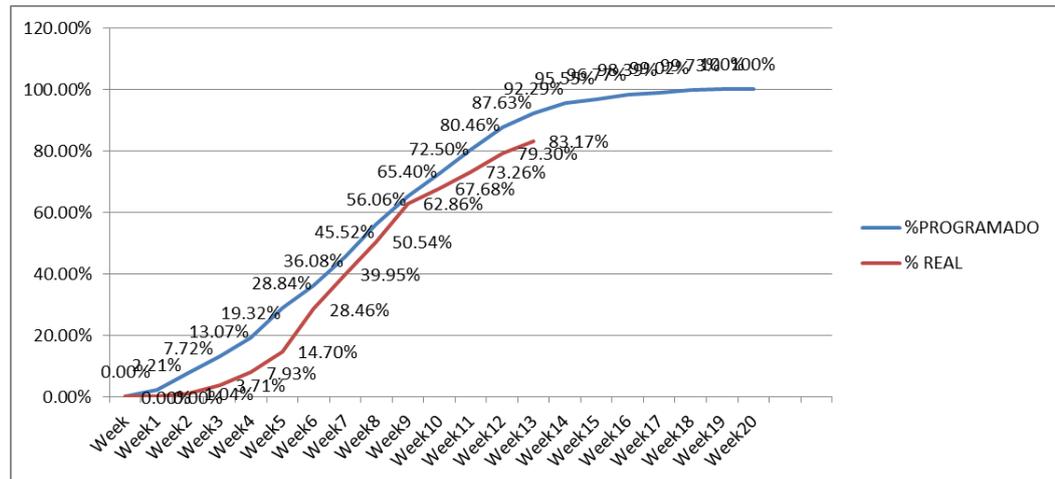
% de avance planificado:	92.29%
% de avance actual:	83.17%
Diferencia acumulada:	-9.12%
% de avance planificado semanal:	6.27%
% de avance real semanal:	3.87%
Diferencia semanal (tarde/temprano):	-2.40%

Nota. Elaboración Propia

A continuación, se presenta la Curva S del nivel de avance del proyecto en el control N°4, mostrando una comparación visual entre el avance programado y el avance real a lo largo de 20 semanas. La curva azul representa el avance acumulado planificado (% PROGRAMADO), mientras que la curva roja muestra el avance acumulado real (% REAL) del proyecto. Al inicio del período, ambas curvas son similares, indicando que el proyecto comenzó siguiendo el cronograma establecido. Sin embargo, a partir de la semana 5, se empieza a notar una divergencia entre el avance programado y el real. El avance planificado continúa ascendiendo de manera sostenida hasta alcanzar el 100% en la semana 20, mientras que el avance real se queda por debajo del planificado, alcanzando solo el 83.17% en la semana 13 y mostrando un ritmo más lento de crecimiento hasta el final del período. Este desfase entre el avance programado y el real evidencia que el proyecto ha experimentado retrasos acumulados. La mayor diferencia se observa alrededor de la semana 13, donde la desviación se amplía, indicando que el proyecto no ha logrado recuperarse del retraso inicial. La curva roja no logra cerrar la brecha con la curva azul hacia el final del período.

Figura 45

Curva S – Nivel de avance en el control N°4

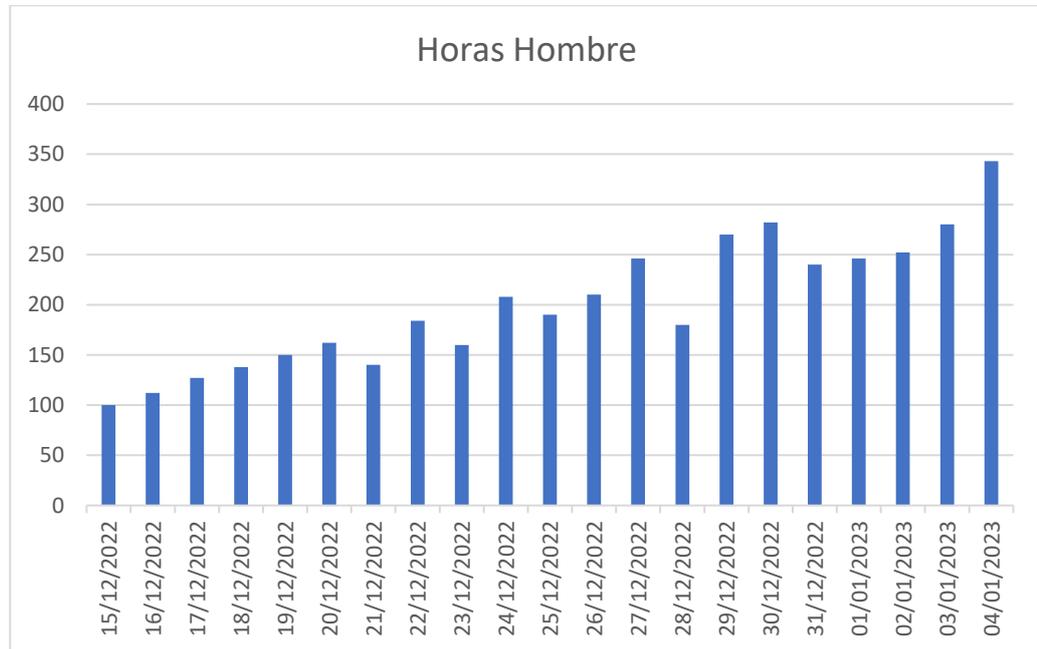


Nota. Elaboración Propia

La Figura 46 muestra un gráfico de barras con las horas hombre trabajadas por día desde el 15 de diciembre de 2022 hasta el 4 de enero de 2023, en el control N°4 del proyecto. Se observa una tendencia general de aumento en las horas hombre, aunque con fluctuaciones diarias que reflejan variaciones en la carga de trabajo. Comparando con la Curva S del avance del proyecto, que muestra el progreso acumulado planificado y real, ambos gráficos revelan una tendencia ascendente. Sin embargo, el avance real (línea roja) se desvía del plan a partir de la mitad del período, lo cual coincide con las fluctuaciones en las horas hombre, indicando posibles ajustes y variaciones en el esfuerzo diario para alcanzar los objetivos del proyecto.

Figura 46

Cantidad horas hombre/día en el control N°4



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 12 muestra el avance de ingeniería en el control N°4, proporcionando detalles del progreso para varios tanques del proyecto identificados por sus códigos, desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque se evalúa en términos de “DETAIL PLANS” (planes detallados), “METERING” (metrado) y “MANUFACTURING PLANS” (planes de fabricación). La mayoría de los tanques han alcanzado un avance del 100% en estas actividades, indicando que los planes detallados, el metrado y los planes de fabricación están completos para estos componentes. Sin embargo, hay excepciones: los tanques C2-3430-RE-2876, C2-3430-RE-2881, C2-3430-RE-2882, y C2-3430-RE-2886 muestran un 99% en estas categorías, lo que refleja que estas tareas están casi finalizadas, pero aún requieren pequeños ajustes o terminaciones. El “% ENGINEERING ADVANCE” (avance de ingeniería) general es del 96.9%, lo que indica un alto nivel de progreso en la fase de

ingeniería del proyecto. Algunos tanques, como el C2-3430-RE-2876 y el C2-3430-RE-2886, tienen un porcentaje más bajo del 84.1%, lo que sugiere que estos tanques están ligeramente retrasados en comparación con otros. Esto puede deberse a complicaciones específicas o a la complejidad de los trabajos requeridos para estos componentes.

Tabla 12

Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°4

DETAILED ENGINEERING PREVIEW							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	DETAIL PLANS	METERING	MANUFACTURING PLANS	% ENGINEERING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	99%	99%	99%	84.1%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	99%	99%	99%	84.1%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	96.9%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 13 muestra el avance de la contratación en el control N°4, proporcionando detalles sobre el estado de los pedidos, órdenes de compra y recepción de materiales para varios tanques identificados por sus códigos, desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque se evalúa en términos de “REQUEST” (solicitud), “PURCHASE ORDER” (orden de compra), y “RECEPTION” (recepción). Para la mayoría de los tanques, tanto las solicitudes como las órdenes de compra han alcanzado el 100% de avance, indicando que todos los materiales necesarios han sido solicitados y las órdenes de compra se han emitido. Sin embargo, los porcentajes de “RECEPTION” varían ligeramente,

con la mayoría de los tanques mostrando un 96%, lo que sugiere que algunos materiales están en proceso de recepción o están siendo verificados al momento del control. El “% PROCUREMENT ADVANCE” (avance de contratación) es del 99.9% para la mayoría de los tanques, reflejando un alto nivel de progreso en la adquisición de materiales. No obstante, los tanques C2-3430-RE-2876 y C2-3430-RE-2886 presentan un avance de contratación del 84.0%, indicando retrasos o pendientes específicos en la recepción de materiales para estos componentes.

Tabla 13

Avance de la contratación en el control N°4

DETAILED PROCUREMENT ADVANCE							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRIC	WEIGHT (KG)	REQUEST	PURCHASE ORDER	RECEPTION	% PROCUREMENT ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	96%	99.9%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	99%	99%	96%	84.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	96%	99.9%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	99%	99%	96%	84.0%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	96%	96.9%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 14 presenta una vista del avance en la fabricación y premontaje de los tanques en el control N°4, mostrando el progreso de diferentes etapas del proceso de construcción para cada tanque identificado por sus códigos, desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Cada tanque se evalúa en varias etapas clave de fabricación: “CUTTING” (corte), “ROLLING” (rolado), “ASSEMBLY” (ensamblaje), “WELDING” (soldadura), y “STRAIGHTENED” (enderezado). Los porcentajes de avance en estas etapas varían: la mayoría de los tanques han

completado al 100% las etapas de corte y rolado, mientras que el ensamblaje y la soldadura muestran un rango más amplio de progreso. El “% FABRICATION ADVANCE” (avance de fabricación) varía entre los tanques, con los tanques C2-3430-RE-2871 a C2-3430-RE-2875 alcanzando el 100% de avance, lo que indica que están completos en términos de fabricación. Otros tanques, como el C2-3430-RE-2876 y C2-3430-RE-2881, muestran un avance de fabricación menor, con porcentajes como 58.21% y 89.74% respectivamente, lo que refleja retrasos en ciertas etapas del proceso, particularmente en soldadura y ensamblaje. El “PRE-ASSEMBLY” (premontaje) también varía significativamente, con un promedio general del 77%, lo que sugiere que, si bien algunos tanques están avanzados en el premontaje, otros requieren más trabajo en esta etapa.

Tabla 14

Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°4

DETAILED PREVIEW OF FABRICATION AND PRE-ASSEMBLY										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	CUTTING	ROLLING	ASSEMBLY	WELDING	STRAIGHT NED	% FABRICATION ADVANCE	PRE-ASSEMBLY
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	99%	99%	99%	99%	99%	84.09%	99%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	99%	99%	100%	100%	100%	100.00%	100%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
1	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	99%	86%	67%	87.74%	54%
2	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	99%	100%	70%	90.19%	54%
3	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	56%	43%	78.41%	8%
4	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	99%	97%	73%	47%	48%	45.70%	8%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	97%	90%	85%	89.74%	77%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 15 ofrece una vista detallada del avance del proceso de recubrimiento de caucho (Ruber Linning) en el control N°4, mostrando el progreso de varias etapas para los tanques del proyecto, identificados por sus códigos, desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886. Los datos en la tabla

se presentan en términos de “SHOT BLASTING INSIDE” (granallado interior), “RUBBERIZE/VULCANIZED” (caucho/vulcanizado), y “RELEASE VULCANIZED” (liberación vulcanizada). Los porcentajes de avance varían considerablemente entre los tanques. Por ejemplo, los tanques C2-3430-RE-2871 y C2-3430-RE-2872 muestran un avance completo del 100% en todas las etapas del proceso de recubrimiento, indicando que estos tanques han finalizado completamente el recubrimiento de caucho. Sin embargo, otros tanques, como el C2-3430-RE-2876 y el C2-3430-RE-2881 al C2-3430-RE-2886, muestran porcentajes significativamente menores, como un 8% en “SHOT BLASTING INSIDE” y entre 0% y 8% en las etapas de “RUBBERIZE/VULCANIZED” y “RELEASE VULCANIZED”. Esto sugiere que estos tanques están en las primeras fases del proceso de recubrimiento de caucho o aún no han comenzado.

Tabla 15

Vista previa de Ruber Linning en el control N°4

DETAILED PREVIEW OF RUBER LINNING									
Valores									
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	SHOT BLASTING INSIDE	RUBBERIZE	VULCANIZED	RELEASE VULCANIZ ED	% RUBER LINNING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	54%	0%	85.2%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	99%	99%	54%	0%	71.6%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	8%	8%	8%	0%	1.8%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	8%	8%	8%	0%	1.8%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	8%	8%	8%	0%	1.8%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	8%	8%	8%	0%	1.8%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	8%	8%	8%	0%	1.8%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	8%	8%	8%	0%	1.2%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	54%	54%	46%	33%	46.9%

Nota. Elaboración Propia

El “% RUBER LINNING ADVANCE” general es del 46.9%, lo que indica que el proceso de recubrimiento de caucho está aproximadamente a la mitad de su



finalización total (Ver Tabla 15). Este avance desigual refleja la necesidad de enfocarse en los tanques con menor progreso para asegurar que el recubrimiento de caucho se complete en todos los componentes de acuerdo con el cronograma del proyecto.

La Tabla 16 muestra una vista detallada del progreso del revestimiento de varios tanques en el proyecto, según el control N°4. Cada tanque, identificado por su código (de C2-3430-RE-2871 a C2-3430-RE-2886), se evalúa en diferentes etapas del proceso de revestimiento, como “Outdoor shot blasting” (granallado exterior), “Painted first layer” (primera capa de pintura), “Painted second layer” (segunda capa de pintura), “Painted third layer” (tercera capa de pintura), y “Release Coating” (liberación de revestimiento). Los porcentajes de avance en estas etapas varían significativamente entre los tanques. El tanque C2-3430-RE-2871 muestra el mayor avance, con un 100% en granallado exterior, 95% en la primera capa de pintura, 94% en la segunda capa, y un 18% en la tercera capa, alcanzando un avance total de revestimiento del 24.5%. Otros tanques, como el C2-3430-RE-2872, tienen avances moderados del 98% en granallado exterior y entre el 83% y 34% en las capas de pintura, logrando un avance general del 22.7%. En contraste, la mayoría de los tanques, como el C2-3430-RE-2873 y los tanques del C2-3430-RE-2882 al C2-3430-RE-2886, muestran un avance del 0% en casi todas las etapas del revestimiento, indicando que estas fases aún no han comenzado o están pendientes. El “% COATING ADVANCE” (avance de revestimiento) general es del 5.7%, lo que indica que el proceso de revestimiento está en etapas tempranas de ejecución para la mayoría de los tanques. Este bajo porcentaje general sugiere la necesidad de priorizar las actividades de revestimiento para cumplir con los plazos del proyecto.

Tabla 16

Vista previa del revestimiento en el control N°4

DETAILED PREVIEW OF COATING										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	Outdoor shot blasting	Pinted first layer	Pinted second layer	Pinted third layer	Release Coating	% COATING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	95%	94%	18%	8%	24.5%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	98%	83%	57%	7%	0%	22.7%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	25%	7%	0%	22.8%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	25%	23%	15%	3%	1%	5.7%

Nota. Elaboración Propia

La Figura 47 muestra varios componentes metálicos de forma cilíndrica y rectangular dispuestos en una zona de trabajo al aire libre listas para el siguiente proceso de tratamiento de superficie o pintura.

Figura 47

Elementos para pintar



Nota. Elaboración Propia

La Figura 48 muestra el proceso de aplicación de la segunda capa de pintura en varios componentes del proyecto. En la imagen (a), se observa un tanque cilíndrico completamente recubierto con la segunda capa de pintura blanca, indicando un avance significativo en la protección de la estructura. La imagen (b) presenta varios componentes más pequeños, como buzones y accesorios, también cubiertos con la segunda capa de pintura, lo que asegura una protección uniforme de todos los elementos del tanque. En la imagen (c), se ven módulos adicionales del tanque en un área de trabajo interior, todos pintados con la segunda capa de pintura bajo condiciones controladas para garantizar una aplicación adecuada. Finalmente, la imagen (d) muestra otros componentes del tanque, como grandes estructuras y piezas adicionales, que también han recibido la segunda capa de pintura, evidenciando la continuidad del proceso de recubrimiento.

Figura 48

Pintado de 2da capa



a) PINTADO 2da CAPA MOD1
C2-2871



b) PINTADO 2da CAPA
BUZONES C2-2871



c) PINTADO DE MOD1-MOD2
C2-2872



d) PINTADO DE 2da CAPA
MOD.3 C2-2871

Nota. Elaboración Propia

La Figura 49 muestra el proceso de armado y soldeo de varios módulos del tanque C2 en diferentes etapas de construcción. En la imagen (a), se observan dos estructuras de base cónica, correspondientes al armado y soldeo del MOD3 C2-2883@2884, situadas sobre una plataforma de trabajo. Ambas estructuras están en fase de montaje, con operarios trabajando en los detalles finales de soldadura. La imagen (b) presenta el armado y soldeo del C2-2885, donde un tanque cilíndrico más grande está en proceso de ensamblaje. Se aprecia la participación de un trabajador que se encuentra ajustando elementos de soldadura para asegurar la estructura. En la imagen (c), se muestra el armado y soldeo del MOD.1 C2-2886, con un tanque cilíndrico en un estado avanzado de montaje, fijado en una estructura de soporte que facilita el acceso para completar las soldaduras necesarias. Finalmente, la imagen (d) ilustra el armado y soldeo del MOD.3 C2-2885, mostrando una estructura cónica adicional, con tuberías y bridas ya instaladas. Esta etapa indica un avance significativo en la preparación de la unidad para la siguiente fase de construcción o instalación.

Figura 49

Armado y Soldeo tanque C2



a) ARMADO Y SOLDEO
MOD3 C2-2883@2884



b) ARMADO Y SOLDEO C2-
2885



c) ARMADO Y SOLDEO
MOD.1 C2-2886



d) ARMADO Y SOLDEO
MOD.3 C2-2885

Nota. Elaboración Propia

4.1.5. Control de avances N° 5

En el Control de Avances N° 5, se presenta un resumen general del progreso del proyecto hasta la fecha. La Figura 50 muestra los porcentajes de avance planificado y real, tanto de manera acumulativa como semanal. El % Cumulative Planned Advance (avance acumulado planificado) es del 99.79%, mientras que el % Cumulative Actual Advance (avance acumulado real) es del 93.26%. Esto refleja una Cumulative Difference (diferencia acumulada) de -

6.53%, indicando un retraso en el proyecto en comparación con el plan inicial. En cuanto al avance semanal, el % Weekly Planned Advance (avance semanal planificado) es de 0.71%, frente a un % Weekly Actual Advance (avance semanal real) de 0.52%, resultando en una Weekly Difference (diferencia semanal) de -0.19%. Esta diferencia negativa, aunque pequeña, señala que el progreso semanal también está por debajo de lo planificado.

Figura 50

Resumen general del avance del proyecto en el control N°5 – Semana 18

% de avance planificado:	99.79%
% de avance actual:	93.26%
Diferencia acumulada:	-6.53%
% de avance planificado semanal:	0.71%
% de avance real semanal:	0.52%
Diferencia semanal (tarde/temprano):	-0.19%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 17 presenta el cronograma de proceso y entrega de los tanques del proyecto, mostrando fechas específicas para cada etapa clave: “BLACK STEEL” (fabricación en acero negro), “RUBBER LINING” (revestimiento de caucho), “PAINTING” (pintura) y “DELIVERY” (entrega). Cada tanque, identificado por su código (de C2-2871 a C2-2886), sigue un cronograma secuencial. Por ejemplo, el tanque C2-2871 comenzó su proceso de fabricación en acero negro el 14 de diciembre de 2022, seguido por el revestimiento de caucho el 29 de diciembre de 2022, la pintura el 24 de enero de 2023, y finalmente, su entrega programada para el 25 de enero de 2023. A medida que se avanza en la lista, se observa un patrón similar de fechas para los demás tanques, con algunas variaciones dependiendo del inicio del proceso de cada uno. Este cronograma

permite un seguimiento claro de cada etapa del proceso de construcción y entrega de los tanques, ayudando a asegurar que todas las actividades se completen dentro de los plazos establecidos.

Tabla 17

Cronograma de proceso y entrega de tanques – control N°5

REACTOR	BLACK STEEL	RUBBER LINING	PAINTING	DELIVERY
C2-2871	14-12-2022	29/12/2022	24/01/2023	25/01/2023
C2-2872	17/12/2022	3/01/2023	25/01/2023	26/01/2023
C2-2873	17/12/2022	3/01/2023	26/01/2023	27/01/2023
C2-2874	19/12/2022	3/01/2023	26/01/2023	27/01/2023
C2-2875	22/12/2022	14/01/2023	1/02/2023	2/02/2023
C2-2876	22/12/2022	14/01/2023	1/02/2023	2/02/2023
C2-2881	11/01/2023	2/02/2023	20/02/2023	23/02/2023
C2-2882	16/01/2023	2/02/2023	20/02/2023	23/02/2023
C2-2883	22/01/2023	3/02/2023	22/02/2023	25/02/2023
C2-2884	28/01/2023	6/02/2023	23/02/2023	27/02/2023
C2-2885	30/01/2023	6/02/2023	23/02/2023	27/02/2023
C2-2886	2/02/2023	11/02/2023	24/02/2023	28/02/2023

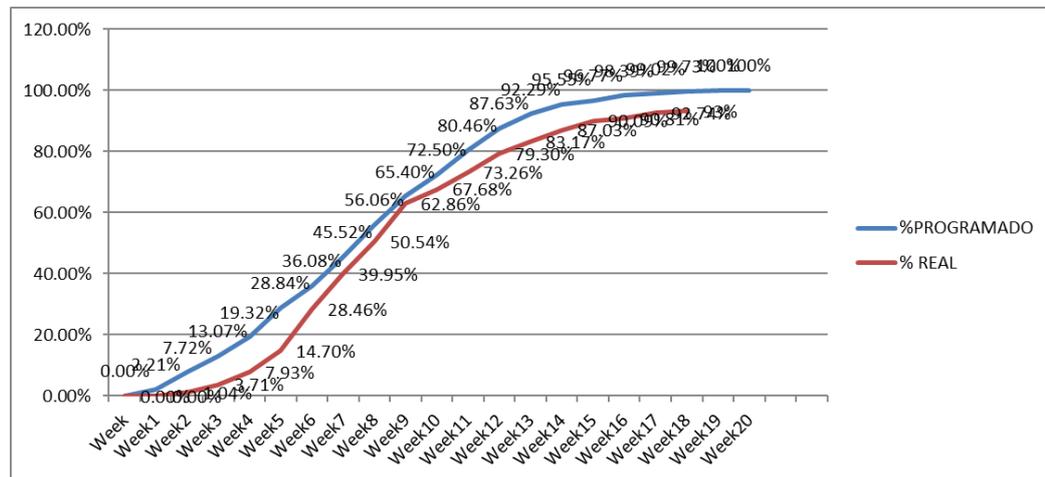
Nota. Elaboración Propia

A continuación, se presenta la Curva S que representa el nivel de avance del proyecto en el control N°5. En el gráfico se comparan dos líneas: el % PROGRAMADO (en azul), que indica el avance planificado del proyecto semana a semana, y el % REAL (en rojo), que muestra el avance real alcanzado durante el mismo período. A lo largo de las 20 semanas, la curva del avance real (línea roja) sigue de cerca la curva del avance programado (línea azul) hasta aproximadamente la semana 10. A partir de este punto, la curva del avance real comienza a desviarse hacia abajo en comparación con el avance programado, alcanzando finalmente un 93.26% en la última semana, mientras que el avance

programado es del 99.79%. Esta diferencia de -6.53% indica un retraso acumulado en comparación con el plan original.

Figura 51

Curva S – Nivel de avance en el control N°5



Nota. Elaboración Propia

La Figura 52 presenta la evolución de la cantidad de horas hombre por día en el control N°5, desde el 8 de enero de 2023 hasta el 5 de febrero de 2023. El gráfico muestra un aumento progresivo en las horas hombre asignadas al proyecto, lo que refleja un esfuerzo sostenido para alcanzar los objetivos establecidos. Este incremento gradual de horas hombre es consistente con la Curva S de avance del proyecto mostrada en la figura anterior. En la Curva S, se observa un crecimiento inicial lento en las primeras semanas, que luego acelera, alcanzando su mayor pendiente alrededor de la mitad del período antes de estabilizarse. De manera similar, en la Figura 52, la cantidad de horas hombre aumenta de manera más pronunciada a medida que se avanza hacia las fechas finales, lo que coincide con el período de mayor actividad del proyecto según la Curva S.

Figura 52

Cantidad horas hombre/día en el control N°5



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 18 muestra la vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°5. En ella se detalla el progreso en la elaboración de planes detallados, la medición y la planificación de la fabricación para los diferentes tanques del proyecto. Se observa que la mayoría de los tanques, representados con un avance del 100%, han completado todas las fases de ingeniería planificadas, excepto el tanque C2-3430-RE-2886, que presenta un avance del 92.0% en la planificación de la fabricación. El avance general del proyecto de ingeniería es del 99.2%, lo que indica que, aunque el proyecto está prácticamente finalizado en términos de ingeniería, hay un pequeño porcentaje aún pendiente para lograr el 100% en todos los aspectos. Este alto nivel de cumplimiento asegura que la fase de ingeniería del proyecto está en su etapa final y que pronto estará completamente terminado.

Tabla 18

Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°5

DETAILED ENGINEERING PREVIEW							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	DETAIL PLANS	METERING	MANUFACTURING PLANS	% ENGINEERING ADVANCE
1	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2871	<input type="checkbox"/> G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
2	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2872	<input type="checkbox"/> H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
3	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2873	<input type="checkbox"/> I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
4	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2874	<input type="checkbox"/> J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
5	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2875	<input type="checkbox"/> K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
6	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2876	<input type="checkbox"/> L	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100.0%
7	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2881	<input type="checkbox"/> M	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
8	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2882	<input type="checkbox"/> N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
9	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2883	<input type="checkbox"/> O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
10	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2884	<input type="checkbox"/> P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
11	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2885	<input type="checkbox"/> Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
12	<input type="checkbox"/> C2-3430-RE-2886	<input type="checkbox"/> R	10,753.07 kg	100%	100%	100%	92.0%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	99.2%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 19 presenta el avance de la contratación en el control N°5. Esta tabla muestra el progreso detallado de las fases de solicitud, orden de compra y recepción de los diferentes tanques involucrados en el proyecto. Todos los tanques tienen un avance del 100% en las etapas de solicitud y orden de compra, lo que indica que todas las órdenes han sido colocadas exitosamente. Sin embargo, hay una ligera variación en la fase de recepción, con un valor del 96% para la mayoría de los tanques. Esto sugiere que, aunque la mayor parte de los suministros ha sido recibida, aún quedan algunos elementos pendientes de entrega. El avance general de la contratación es del 99.3%, lo que refleja un progreso casi completo en la adquisición de todos los materiales necesarios para el proyecto. Esto indica que el proceso de contratación está casi finalizado, permitiendo que el proyecto avance hacia las etapas finales de ejecución con todos los recursos prácticamente asegurados.

Tabla 19

Avance de la contratación en el control N°5

DETAILED PROCUREMENT ADVANCE							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRIC	WEIGHT (KG)	REQUEST	PURCHASE ORDER	RECEPTION	% PROCUREMENT ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	96%	99.9%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	100%	100%	96%	95.3%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	96%	99.9%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	96%	99.9%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	100%	100%	96%	95.3%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	96%	99.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 20 muestra la vista previa del avance de fabricación y premontaje en el control N°5. Esta tabla detalla el estado actual de varios procesos de fabricación, como el corte, laminado, ensamblaje, soldadura, y enderezado de los tanques. Los datos indican que la mayoría de los tanques han alcanzado un avance del 100% en todas las etapas de fabricación, lo que refleja un alto nivel de progreso en la fase de producción. Sin embargo, el tanque C2-3430-RE-2886 presenta un menor porcentaje de avance en ensamblaje (99%) y soldadura (99%), con un avance general de fabricación del 84.0%, lo que representa el área que aún requiere atención antes de completar el proceso de fabricación y premontaje. En general, el avance total de fabricación y premontaje para todos los tanques es del 96.94%, indicando que el proyecto está en su fase final de fabricación. La mayor parte del trabajo de fabricación está completada, y solo quedan tareas menores para alcanzar el objetivo del 100%, lo que asegura que el proyecto está en camino para su próxima fase.

Tabla 20

Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°5

DETAILED PREVIEW OF FABRICATION AND PRE-ASSEMBLY										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	CUTTING	ROLLING	ASSEMBLY	WELDING	STRAIGHTE NED	% FABRICATION ADVANCE	PRE-ASSEMBLY
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	99%	99%	99%	99%	99%	84.09%	99%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	99%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
1	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
2	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
3	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	99.99%	100%
4	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	99%	99%	99%	99%	99%	84.02%	99%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	100%	100%	96.94%	100%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 21 proporciona una vista detallada del avance del revestimiento de goma (Ruber Lining) en el control N°5. Esta tabla desglosa el progreso de diferentes actividades necesarias para completar el revestimiento de goma, como la granallado interno (Shot Blasting Inside), el revestimiento de goma (Rubberize), el vulcanizado y el desmolde (Release Vulcanized). Los datos muestran que varios tanques, como el C2-3430-RE-2871 a C2-3430-RE-2875, han alcanzado un avance del 100% en todas las fases de revestimiento de goma, lo que indica que estos tanques están completamente terminados en términos de revestimiento. Sin embargo, los tanques C2-3430-RE-2883 a C2-3430-RE-2886 presentan un avance significativamente menor en algunas fases, particularmente en las etapas de vulcanizado y desmolde, con porcentajes tan bajos como el 3.2% en el caso del tanque C2-3430-RE-2886. El avance general del revestimiento de goma en todos los tanques es del 73.6%, lo que sugiere que, aunque una parte significativa del trabajo está completa, aún queda trabajo pendiente para algunos tanques, especialmente en las últimas fases del proceso.

Tabla 21

Vista previa de Ruber Linning en el control N°5

DETAILED PREVIEW OF RUBER LINNING									
Valores									
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	SHOT BLASTING INSIDE	RUBBERIZ ED	VULCANIZ ED	RELEASE VULCANIZ ED	% RUBER LINNING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	99%	99%	99%	99%	84.1%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	96%	96%	96%	89%	99.5%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	100%	96%	96%	89%	99.5%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	100%	98%	87%	7%	93.9%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	54%	11%	11%	3%	9.8%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	54%	8%	8%	0%	4.2%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	52%	8%	8%	0%	3.2%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	88%	76%	75%	66%	73.6%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 22 muestra una vista detallada del avance del revestimiento en el control N°5. En esta tabla se desglosan los distintos pasos del proceso de revestimiento de los tanques, incluyendo el granallado al aire libre (Outdoor Shot Blasting), la aplicación de la primera, segunda y tercera capa de pintura, así como el desmolde final del revestimiento (Release Coating). Observamos que los tanques C2-3430-RE-2871 a C2-3430-RE-2875 han alcanzado un avance significativo, completando hasta la tercera capa de pintura con un avance del 100% en varios de estos procesos. Por otro lado, los tanques como C2-3430-RE-2883 a C2-3430-RE-2886 muestran un avance mucho menor, particularmente en las etapas de la segunda y tercera capa de pintura, con algunos tanques apenas comenzando estas etapas o incluso sin iniciar. El avance general del revestimiento se encuentra en un 53.9%, lo cual indica que más de la mitad del proceso está completo, pero aún falta un trabajo considerable para lograr un revestimiento completo de todos los tanques. Esto subraya la necesidad de aumentar los esfuerzos en las fases de aplicación de capas adicionales y desmolde para asegurar

la conclusión exitosa del revestimiento de todos los tanques involucrados en el proyecto.

Tabla 22

Vista previa del revestimiento en el control N°5

DETAILED PREVIEW OF COATING										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	Outdoor shot blasting	Pinted first layer	Pinted second layer	Pinted third layer	Release Coating	% COATING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	96%	99.9%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	96%	99.9%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	96%	99.9%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	93%	93%	99.2%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	99%	99%	94%	87%	87%	79.7%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	89%	89%	89%	7%	0%	49.9%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	76%	76%	0%	0%	0%	20.2%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	7%	7%	0%	0%	0%	2.6%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	3%	3%	0%	0%	0%	1.3%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	0%	0%	0%	0%	0%	0.0%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	64%	64%	57%	49%	47%	53.9%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 23 presenta el avance del lanzamiento y envío en el control N°5, destacando el estado de cada tanque en las etapas de aprobación para el lanzamiento (*Release Approval*), etiquetado y embalaje (*Tagging and Packing*), y preparación para entrega o envío (*Ready for Delivery or Ship*). De acuerdo con los datos, los tanques C2-3430-RE-2871 a C2-3430-RE-2877 muestran un avance significativo, con porcentajes superiores al 98% en todas las fases, lo que indica que están prácticamente listos para el envío. Sin embargo, hay tanques como C2-3430-RE-2881 a C2-3430-RE-2886 que aún no han comenzado estos procesos, registrando un 0% en todas las etapas, lo cual indica que todavía necesitan ser aprobados, etiquetados, y preparados para el envío. El avance general del lanzamiento y envío es del 47.2%, lo que refleja que, aunque casi la mitad del trabajo necesario para preparar los tanques para el envío está completa, aún queda una cantidad considerable de trabajo pendiente.

Tabla 23

Avance del lanzamiento y envío en el control N°5

DETAILED PREVIEW OF RELEASE AND SHIPPING							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	Release Approval	Tagging and Packing	Ready for delivery or ship	% RELEASE AND SHIPPING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	93%	93%	89%	98.3%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	93%	93%	89%	98.3%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	93%	93%	89%	98.3%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	93%	93%	89%	98.3%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	93%	93%	89%	98.2%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	87%	87%	83%	78.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	0%	0%	0%	0.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	0%	0%	0%	0.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	0%	0%	0%	0.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	0%	0%	0%	0.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	0%	0%	0%	0.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	0%	0%	0%	0.0%
Total general			112,167.96 kg	46%	46%	44%	47.2%

Nota. Elaboración Propia

En la Figura 53, se presentan imágenes del proceso de despacho de reactores del tanque C2. En la imagen (a), se observa el reactor C2-2871 ya pintado y listo para ser enviado, destacando el acabado final con el logotipo de la empresa visible en la superficie. La imagen (b) muestra otro ángulo del reactor C2-2871, enfocado en los detalles de la construcción y el acabado. En la imagen (c), se muestran varios componentes menores pintados en verde, que también forman parte del proceso de despacho. Finalmente, la imagen (d) muestra otros reactores pintados y alineados, listos para el despacho. Estas imágenes reflejan la fase final de preparación y entrega de los reactores, asegurando que todas las unidades cumplen con los estándares de calidad requeridos antes del envío.

Figura 53

Despacho de reactor del tanque C2



a) DESPACHO DE REACTOR
C2-2871



b) DESPACHO DE C2-2871



c) DESPACHO DE REACTOR
C2-2871



d) DESPACHO DE REACTOR
C2-2871

Nota. Elaboración Propia

En la Figura 54, se observa el proceso de pintado de los componentes del tanque C2, específicamente la rejilla y el estator. En la imagen (a), se muestra la rejilla C2-2881@2882 después de haber sido pintada. La rejilla presenta un acabado uniforme, lo cual es esencial para proteger el metal de la corrosión y mejorar su durabilidad en condiciones operativas. En la imagen (b), se aprecia el estator C2-2882 también pintado. El estator, siendo una parte crucial del tanque

C2, requiere un recubrimiento resistente para asegurar su funcionamiento óptimo y prolongar su vida útil en ambientes industriales adversos.

Figura 54

Pintado de rejilla y estator del tanque C2



a) PINTADO REJILLA C2-2881@2882

b) PINTADO STATOR C2-2882

Nota. Elaboración Propia

4.1.6. Control de avances N° 6

Para el control de avances N° 6, se presenta un resumen general del proyecto que refleja los resultados finales del progreso. En términos de avance acumulado, el avance planeado fue del 100.00%, mientras que el avance real alcanzó el 99.65%, resultando en una diferencia acumulada de -0.35%. Esto indica que el proyecto se encuentra ligeramente retrasado con respecto al plan original. En cuanto al avance semanal, no se había planeado ningún avance adicional (0.00%) ya que todas las actividades programadas se han completado. Sin embargo, se logró un avance real del 0.54%, generando una diferencia semanal de -0.54%. Este detalle final subraya que, aunque el proyecto ha concluido prácticamente todo su proceso, existe una pequeña discrepancia en la ejecución

comparada con lo previsto, cerrando el proyecto con un leve desfase respecto al plan inicial.

Figura 55

Resumen general del proyecto en el control N°6 – Semana 20

% de avance planificado:	100.00%
% de avance actual:	99.65%
Diferencia acumulada:	-0.35%
% de avance planificado semanal:	0.00%
% de avance real semanal:	0.54%
Diferencia semanal (tarde/temprano):	-0.54%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 24 presenta el cronograma de proceso y entrega de los tanques en el control N°6. En esta tabla se detallan las fechas de cada etapa del proceso para los diferentes reactores, desde el inicio con el tratamiento del acero negro (Black Steel), pasando por el revestimiento de goma (Rubber Lining) y la pintura (Painting), hasta la fecha de entrega final (Delivery), con las entregas de los tanques espaciadas desde el 25 de enero de 2023 hasta el 28 de febrero de 2023.

Tabla 24

Cronograma de proceso y entrega



CELDA	ACERO NEGRO	REVESTIMIENTO DE CAUCHO	EMBALAJE	DESPACHO
C2-2871	14/12/2022	29/12/2022	24/01/2023	25/01/2023
C2-2872	17/12/2022	3/01/2023	25/01/2023	26/01/2023
C2-2873	17/12/2022	3/01/2023	26/01/2023	27/01/2023
C2-2874	19/12/2022	3/01/2023	26/01/2023	27/01/2023
C2-2875	22/12/2022	14/01/2023	1/02/2023	2/02/2023
C2-2876	22/12/2022	14/01/2023	1/02/2023	2/02/2023
C2-2881	11/01/2023	2/02/2023	20/02/2023	23/02/2023
C2-2882	16/01/2023	2/02/2023	20/02/2023	23/02/2023
C2-2883	22/01/2023	3/02/2023	22/02/2023	25/02/2023
C2-2884	28/01/2023	6/02/2023	23/02/2023	27/02/2023
C2-2885	30/01/2023	6/02/2023	23/02/2023	27/02/2023
C2-2886	2/02/2023	11/02/2023	24/02/2023	28/02/2023

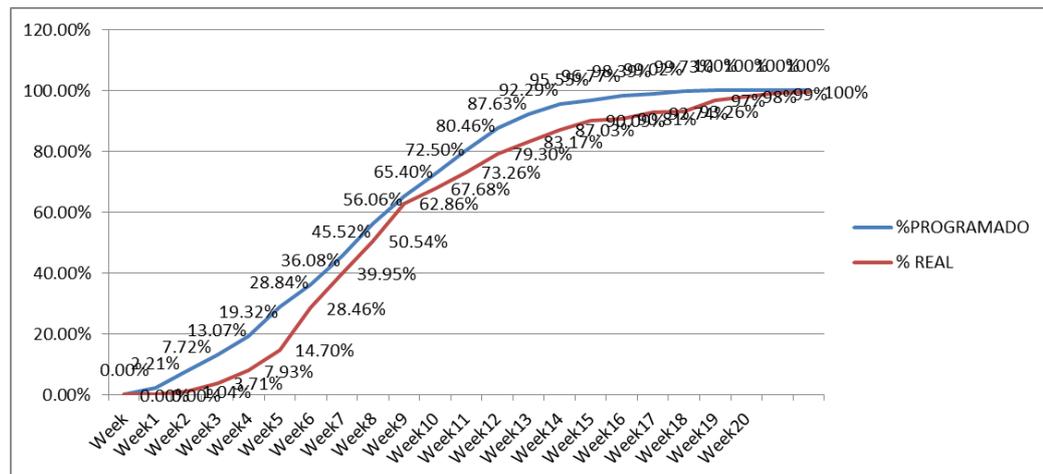
de tanques – control N°6

Nota. Elaboración Propia

La Figura 56 muestra la curva S que representa el nivel de avance del proyecto en el control N°6. La curva azul indica el porcentaje de avance programado, mientras que la curva roja refleja el porcentaje de avance real alcanzado. A lo largo de las 20 semanas de seguimiento, se observa que el avance real (curva roja) sigue de cerca al avance programado (curva azul), con algunas desviaciones menores. Al final del periodo, ambos avances convergen cerca del 100%, lo que indica que se alcanzaron los objetivos planeados casi en su totalidad.

Figura 56

Curva S – Nivel de avance en el control N°6



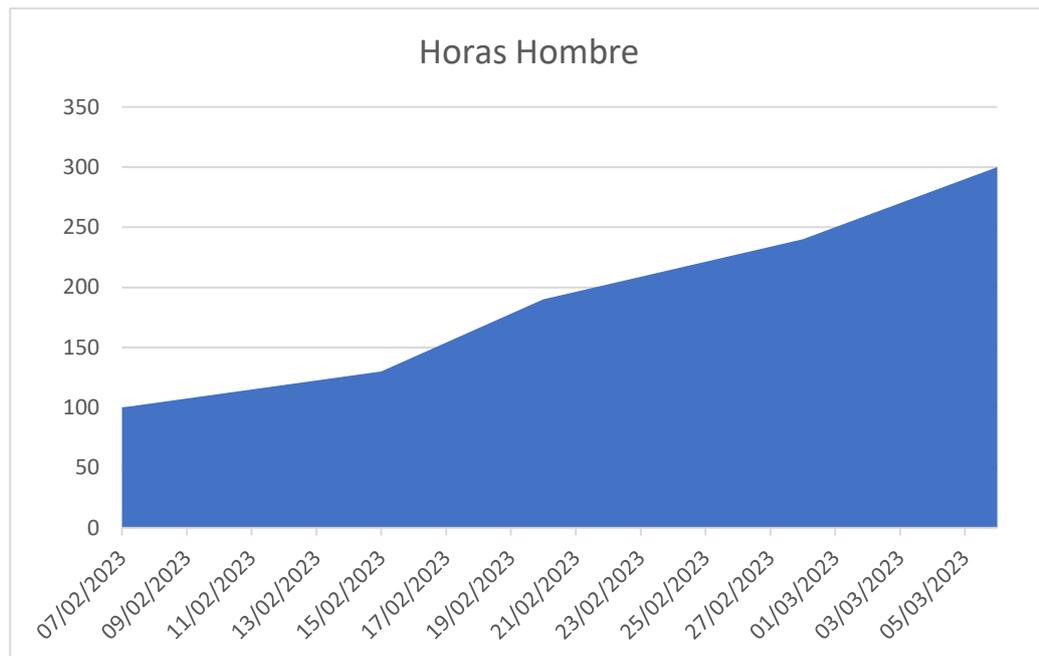
Nota. Elaboración Propia

La Figura 57 ilustra la distribución de horas hombre diarias durante el control N°6, destacando cómo se gestionó el recurso humano a lo largo de un período específico. Al comparar esta distribución con la curva S presentada anteriormente en la Figura 56, se observa un patrón de incremento gradual en las horas hombre asignadas. Este patrón es coherente con el avance acumulativo del proyecto, que muestra un aumento progresivo en la carga de trabajo conforme se avanza hacia las etapas finales. A medida que el proyecto se acerca a su culminación, el notable incremento en las horas hombre refleja un esfuerzo concentrado para cumplir con los objetivos restantes y completar las actividades pendientes. Esto indica una planificación estratégica de recursos, donde se intensifica el esfuerzo en las fases críticas del proyecto, asegurando que el trabajo programado se cumpla de manera efectiva y dentro del plazo establecido. La correlación observada entre el incremento de las horas hombre y el avance real del proyecto, tal como se evidencia en la convergencia de las curvas de avance real y programado en la curva S, subraya un manejo eficiente del equipo de trabajo

y una adaptación dinámica a las necesidades del proyecto. Esta estrategia de gestión no solo permite cerrar brechas en el avance sino también asegurar el éxito del proyecto al cumplir los plazos y estándares de calidad estipulados.

Figura 57

Cantidad horas hombre/día en el control N°6



Nota. Elaboración Propia

La Tabla 25 muestra la vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°6. Todos los ítems enumerados, desde el tanque C2-3430-RE-2871 hasta el C2-3430-RE-2886, han alcanzado el 100% de avance en todos los aspectos evaluados: planes detallados, medición y planes de fabricación. Esto indica que la fase de ingeniería del proyecto se ha completado completamente para todos los componentes, alcanzando un avance total del 100%. Esta conclusión resalta que no quedan actividades pendientes en esta etapa del proyecto, lo que es crucial para el cumplimiento de los plazos establecidos y para asegurar la calidad y eficiencia en la ejecución del proyecto.

Tabla 25

Vista preliminar del avance de ingeniería en el control N°6

DETAILED ENGINEERING PREVIEW							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	DETAIL PLANS	METERING	MANUFACTURING PLANS	% ENGINEERING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100.0%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	100.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 26 presenta el avance de la contratación en el control N°6. Todos los tanques listados, desde C2-3430-RE-2871 hasta C2-3430-RE-2886, han alcanzado el 100% en cada una de las etapas del proceso de contratación: solicitud, orden de compra y recepción. Este resultado indica que todos los materiales y componentes necesarios han sido adquiridos y recibidos en su totalidad, cumpliendo con los requisitos de contratación establecidos para el proyecto. El 100% de avance en la contratación garantiza que no hay retrasos o faltantes en el suministro de materiales, lo cual es fundamental para mantener el cronograma de producción y montaje del proyecto.

Tabla 26

Avance de la contratación en el control N°6

DETAILED PROCUREMENT ADVANCE							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRIC	WEIGHT (KG)	REQUEST	PURCHASE ORDER	RECEPTION	% PROCUREMENT ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100.0%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	100.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 27 presenta la vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°6. En esta tabla se puede observar que todas las actividades relacionadas con la fabricación, como el corte, el rolado, el ensamblaje y la soldadura, han alcanzado un 100% de avance en todos los tanques desde el C2-3430-RE-2871 hasta el C2-3430-RE-2886. Además, el alineamiento y el premontaje también muestran un avance completo del 100%. Esto indica que todas las tareas de preparación y ensamblaje previo de los componentes de los tanques se han completado con éxito, garantizando que el proyecto esté listo para la fase final de montaje y operaciones.

Tabla 27

Vista previa de la fabricación y el premontaje en el control N°6

DETAILED PREVIEW OF FABRICATION AND PRE-ASSEMBLY										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	CUTTING	ROLLING	ASSEMBLY	WELDING	STRAIGHTENED	% FABRICATION ADVANCE	PRE-ASSEMBLY
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	99%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
1	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
2	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
3	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
4	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%
Total general			112,167.96 kg	100%	100%	100%	100%	100%	100.00%	100%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 28 muestra la vista previa del proceso de Ruber Linning (revestimiento de goma) en el control N°6. En esta tabla, se observa que todos los tanques, desde el C2-3430-RE-2871 hasta el C2-3430-RE-2886, han completado al 100% todas las actividades relacionadas con este proceso, incluyendo shot blasting (granallado), revestimiento de goma, vulcanizado y liberación posterior al vulcanizado. El avance del revestimiento de goma es del 100% para cada tanque, lo que asegura que todos los tanques estén completamente preparados con el revestimiento adecuado, cumpliendo así con los requisitos de calidad establecidos para el proyecto.

Tabla 28

Vista previa de Ruber Linning en el control N°6

DETAILED PREVIEW OF RUBER LINNING									
Valores									
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	SHOT BLASTING INSIDE	RUBBERIZED	VULCANIZED	RELEASE VULCANIZ ED	% RUBER LINNING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	100%	100%	100%	100%	100.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	100%	100%	100%	100%	100.0%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	100%	100%	100%	100%	100.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 29 proporciona una visión exhaustiva del avance del proceso de revestimiento de los tanques durante el control N°6. En ella se detalla el progreso de cada tanque, desglosado en diferentes etapas críticas del revestimiento, como el granallado exterior (un proceso esencial para preparar la superficie del tanque), la aplicación de múltiples capas de pintura (primera, segunda y tercera capa), y la aplicación del revestimiento final. Cada una de estas etapas es fundamental para asegurar que los tanques cumplan con los estándares de resistencia a la corrosión, durabilidad y acabado estético requeridos por las especificaciones del proyecto. El hecho de que todos los tanques hayan alcanzado un avance del 100% en cada una de estas etapas indica que todas las actividades programadas para el revestimiento se han completado según lo previsto. Este logro no solo resalta la eficiencia del equipo de trabajo en la ejecución de las tareas, sino también la efectividad de la planificación y la supervisión continua a lo largo del proceso. Además, la culminación exitosa de estas actividades con el cumplimiento al 100% sugiere que se han seguido rigurosamente los procedimientos operativos estándar

y las directrices de control de calidad establecidas para el proyecto. En consecuencia, se garantiza que los tanques están debidamente protegidos contra factores ambientales y listos para su posterior uso o entrega, cumpliendo así con los altos estándares de calidad requeridos por el cliente y las normativas del sector.

Tabla 29

Vista previa del revestimiento en el control N°6

DETAILED PREVIEW OF COATING										
Valores										
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	M2	Outdoor shot blasting	Pinted first layer	Pinted second layer	Pinted third layer	Release Coating	% COATING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	170.46	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	196.72	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	196.65	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	170.46	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%
Total general			112,167.96 kg	2,308 m2	100%	100%	100%	100%	100%	100.0%

Nota. Elaboración Propia

La Tabla 30 presenta el avance detallado de los procesos de lanzamiento y envío de los tanques en el control N°6. En ella se detalla el porcentaje de avance en etapas críticas como la aprobación de lanzamiento, etiquetado y embalaje, y preparación para la entrega o envío. Los datos reflejan que la mayoría de los tanques han alcanzado un alto nivel de avance en cada una de estas etapas, con varios de ellos mostrando un progreso cercano o igual al 100%. Sin embargo, algunos tanques, como los identificados con las letras M, N, O, P, Q, y R, muestran un avance menor, lo que indica que aún hay actividades pendientes para completar completamente el proceso de envío. El porcentaje total de avance para el proceso de lanzamiento y envío se encuentra en un 86.5%, lo cual sugiere que, aunque se ha logrado un progreso significativo, se requieren esfuerzos adicionales para

alcanzar la finalización total. Esta información es crucial para la gestión del proyecto, ya que permite identificar rápidamente los puntos críticos que necesitan atención inmediata para asegurar que todos los tanques estén listos para su entrega en el tiempo estipulado, cumpliendo con los estándares de calidad y los plazos acordados con el cliente.

Tabla 30

Avance del lanzamiento y envío en el control N°6

DETAILED PREVIEW OF RELEASE AND SHIPPING							
Valores							
Nro.	TANKS	LYRICS	WEIGHT (KG)	Release Approval	Tagging and Packing	Ready for delivery or ship	% RELEASE AND SHIPPING ADVANCE
1	C2-3430-RE-2871	G	9,068.23 kg	100%	100%	92%	99.4%
2	C2-3430-RE-2872	H	9,065.67 kg	100%	100%	92%	99.4%
3	C2-3430-RE-2873	I	9,065.67 kg	100%	100%	92%	99.4%
4	C2-3430-RE-2874	J	9,065.67 kg	100%	100%	92%	99.4%
5	C2-3430-RE-2875	K	9,065.67 kg	100%	100%	92%	99.4%
6	C2-3430-RE-2876	L	10,753.07 kg	100%	100%	92%	99.6%
7	C2-3430-RE-2881	M	9,068.23 kg	93%	93%	93%	98.5%
8	C2-3430-RE-2882	N	9,065.67 kg	93%	93%	93%	98.5%
9	C2-3430-RE-2883	O	9,065.67 kg	93%	93%	92%	65.5%
10	C2-3430-RE-2884	P	9,065.67 kg	93%	93%	92%	65.5%
11	C2-3430-RE-2885	Q	9,065.67 kg	93%	93%	92%	65.5%
12	C2-3430-RE-2886	R	10,753.07 kg	87%	87%	86%	52.0%
Total general			112,167.96 kg	96%	96%	92%	86.5%

Nota. Elaboración Propia

La Figura 58 ilustra el proceso de despacho final de componentes clave del tanque C2, incluyendo módulos (MOD), estatores y celdas, asegurados para el transporte seguro al sitio de instalación. En la primera imagen se observa el despacho de los módulos 1 y 2 (C2-2881 y C2-2882), bien asegurados sobre el tráiler, lo que garantiza su llegada en óptimas condiciones. La segunda imagen muestra el envío del estator correspondiente a estos módulos, protegido cuidadosamente para evitar daños durante el transporte. La tercera imagen destaca el despacho de la celda C2-2881, con un embalaje robusto para

protegerla de posibles daños en tránsito. Finalmente, la cuarta imagen muestra el envío del módulo 3 (C2-2881 y C2-2882), también asegurado adecuadamente.

Figura 58

Despacho celda, MOD, estator C2



a) DESPACHO MOD1,2 C2-2881@2882



b) DESPACHO STATOR C2-2881@2882



c) DESPACHO DE CELDA C2-2881



d) DESPACHO DE MOD3 C2-2881@2882

Nota. Elaboración Propia

Figura 59

Despacho de celdas C2 hacia el cliente



a) DESPACHO DE CELDAS C2-2883@2886



b) DESPACHO CE CELDAS C2-2883@2886



c) DESPACHO C2-2883@2886



d) DESPACHO C2-2883@2886

Nota. Elaboración Propia

La Figura 58 ilustra el proceso de despacho de las celdas C2, correspondientes a los módulos C2-2883 a C2-2886, hacia el cliente final. Las imágenes muestran diferentes perspectivas del equipo siendo cargado en los remolques, evidenciando un embalaje robusto y seguro. Cada celda está cuidadosamente asegurada con amarres y materiales de protección, lo cual garantiza la estabilidad durante el transporte y minimiza el riesgo de daños. Este paso es crítico, ya que asegura la entrega de los equipos en condiciones óptimas, cumpliendo con las especificaciones del cliente y los estándares de calidad



establecidos. La atención al detalle en la logística del despacho refleja una planificación cuidadosa y una ejecución precisa del proyecto. El proceso de carga y envío demuestra no solo el cumplimiento de los plazos de entrega, sino también el compromiso con la satisfacción del cliente, asegurando que los equipos lleguen de manera segura y eficiente al destino final. Esta fase final del proyecto subraya la eficacia en la gestión y coordinación entre los equipos de fabricación y logística, completando exitosamente el ciclo de producción y entrega.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: El análisis del procedimiento constructivo para la fabricación de celdas de flotación DFR en IMCO Servicios SAC permitió identificar las etapas críticas del proceso, optimizando la secuencia de actividades y reduciendo tiempos innecesarios. Esto se logró mediante una revisión continua de los avances y una adecuada asignación de recursos en cada fase. Como resultado, se evidencia una mejora en la fluidez del proceso productivo, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad exigidos por la Sociedad Minera Cerro Verde. Este enfoque permitió mejorar la consistencia en los resultados obtenidos y fortalecer la capacidad de la empresa para abordar proyectos de mayor complejidad.

SEGUNDA: Para determinar el tiempo de planificación necesario para la entrega de la fabricación de celdas de flotación DFR, se estableció un cronograma detallado que incluyó todas las etapas del proceso productivo. Este cronograma consideró cada actividad crítica y su duración, permitiendo una planificación precisa que evitó retrasos y garantizó la entrega a tiempo. La correcta definición de los tiempos de cada actividad facilitó la identificación de posibles cuellos de botella y permitió realizar ajustes proactivos en la programación, logrando así el cumplimiento de los plazos establecidos en un 98% y la optimización del flujo de trabajo.

TERCERA: En cuanto a la determinación de los recursos necesarios y la optimización del tiempo de horas hombre para la fabricación de las celdas de flotación DFR, se realizó un análisis que ayudó a identificar las necesidades específicas de mano de obra, maquinaria y materiales. Con esta

información, se redistribuyeron las tareas de manera más eficiente, lo que permitió aprovechar mejor el tiempo disponible y reducir el número de horas hombre necesarias, sin que esto afectara la calidad del trabajo. Estas acciones contribuyeron a una ejecución más ordenada del proyecto, logrando que cumpla con los estándares establecidos por la Sociedad Minera Cerro Verde.

CUARTA: En cuanto a la implementación de control se obtiene los siguientes resultados, presentando mejorías según el siguiente cuadro:

Control de Avances	Mejoras Realizadas	Sin Control	Con Control
N° 1	Se recuperó tiempo perdido mediante un cronograma detallado.	El avance acumulado habría sido solo del 7.93% frente al 19.32% planificado.	Se logró un avance real del 28.46%, cerrando parcialmente la brecha con el planificado del 36.08%.
	Se redujo la desviación inicial del 11.39% al 7.62%.		
N° 2	Incremento en horas hombre/día.	La brecha acumulada habría crecido más allá del 5.52%.	Se aceleró el ritmo de trabajo, alcanzando un avance acumulado del 50.54% frente al planificado del 56.06%.
	Diferencia semanal positiva del 5.65%.		
N° 3	Refuerzo en estrategias para reducir el desfase del 4.82%.	El avance real se habría estancado en niveles menores al planificado.	Se recuperó parcialmente, logrando un avance real del 67.68% frente al 72.50% planificado.
	Implementación de pruebas como el Vacuum Test.		
N° 4	Uso de Curvas S para monitoreo y ajustes en tiempo real.	El desfase habría sido mucho mayor al 9.12%.	Avance real del 83.17%, acercándose al planificado del 92.29%.
	Reducción del desfase acumulado.		
N° 5	Aumento de horas hombre en semanas críticas.	La brecha acumulada habría persistido o aumentado, afectando la entrega.	Se logró un avance real del 93.26% frente al planificado del 99.79%.
	Gran parte de la brecha acumulada fue cerrada.		
N° 6	- Ajustes finales y consolidación del proyecto.	La desviación habría sido significativa, afectando el cumplimiento del plan.	Se alcanzó un avance acumulado del 99.65%, con una desviación mínima del 0.35%.
	- Reducción de la desviación al mínimo.		



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda realizar una evaluación de desempeño del equipo involucrado en el proyecto, desde operarios hasta supervisores y gerentes de proyecto. Este análisis debe destacar las fortalezas y las áreas de mejora de cada miembro del equipo, para promover el desarrollo profesional y asegurar un equipo más eficiente para futuros proyectos.
- SEGUNDA:** Se recomienda analizar el uso de recursos durante el proyecto para identificar oportunidades de ahorro y optimización. Este análisis debe considerar tanto los recursos materiales como humanos, evaluando si se pudiesen haber utilizado de manera más eficiente o económica sin comprometer la calidad del producto final.
- TERCERA:** Se recomienda revisar los canales de comunicación utilizados durante el proyecto para identificar posibles mejoras en la coordinación entre los diferentes equipos y departamentos. Una comunicación más fluida y efectiva puede reducir los tiempos de respuesta ante problemas y mejorar la colaboración en proyectos futuros.
- CUARTA:** Se recomienda realizar un análisis financiero del proyecto para evaluar la relación entre los costos incurridos y los beneficios obtenidos. Este análisis ayudará a identificar si las inversiones en materiales, equipos y mano de obra fueron rentables y sugerirá ajustes para mejorar la rentabilidad en futuros proyectos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arpita Calsina, A. (2019). *Estudio de los factores de riesgos disergonómicos en las actividades de habilitado, armado y soldadura de estructuras en la industria metal mecánica (Caso IMCO Servicios S.A.C. 2018)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10278>
- Churata Laura, E. J., & Roque Roque, M. A. (2021). *Determinación de patrones de rugosidad en una plancha de acero a-36 con una arenadora de laboratorio “extra fuerza” para determinar la adherencia con recubrimiento de pintura epóxica*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/14019>
- Conde Fernandez, J. A. (2023). *Construcción de un prototipo de celda circular modificada y consideraciones comparativas con celdas convencionales de flotación, en la implementación de tecnologías de proceso*. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/36287>
- Giraldez Llerena, J. M. (2022). *Montaje de celdas de flotación para el proyecto minero Las Bambas*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/15203>
- Godoy Gatia, J. L., & Valle Moya, A. E. (2022). *Diseño y construcción de una celda de flotación para la planta piloto de obtención de metales preciosos del laboratorio de mineralogía de la facultad de ciencias*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/20252>
- Guanuchi Ocampo, L. P., & Romero Tacury, D. R. (2020). *Recuperación de metales por flotación de relaves auríferos en la sociedad civil minera “goldmins” ubicada en el cantón Zaruma*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15659>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 6, 600. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008&info=resumen&idioma=SPA>
- ICEX. (2022). *El mercado de los servicios mineros en Perú*. <http://Peru.oficinascomerciales.es>
- Inca Alca, P. J. (2019). *Diseño de un modelo de mejora en la línea de ingreso de aire a una celda de flotación (BGRIMM KYF-300) en una empresa minera de extracción de cobre 2018*. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5540>
- Ingemecanica. (n.d.). *Tipos de Tornillos*. Retrieved August 4, 2024, from <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn31.html>
- McCormac, Jack. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. https://books.google.com/books/about/Dise%C3%B1o_de_estructuras_de_acero_5a_ed.html?hl=es&id=wgNLDgAAQBAJ
- Montes Amaro, M. A. (2016). *Modelo de análisis integral de riesgos, aplicado a nivel micro, en componentes estructurales y mecánicos de celdas de flotación del tipo Wemco*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139522>

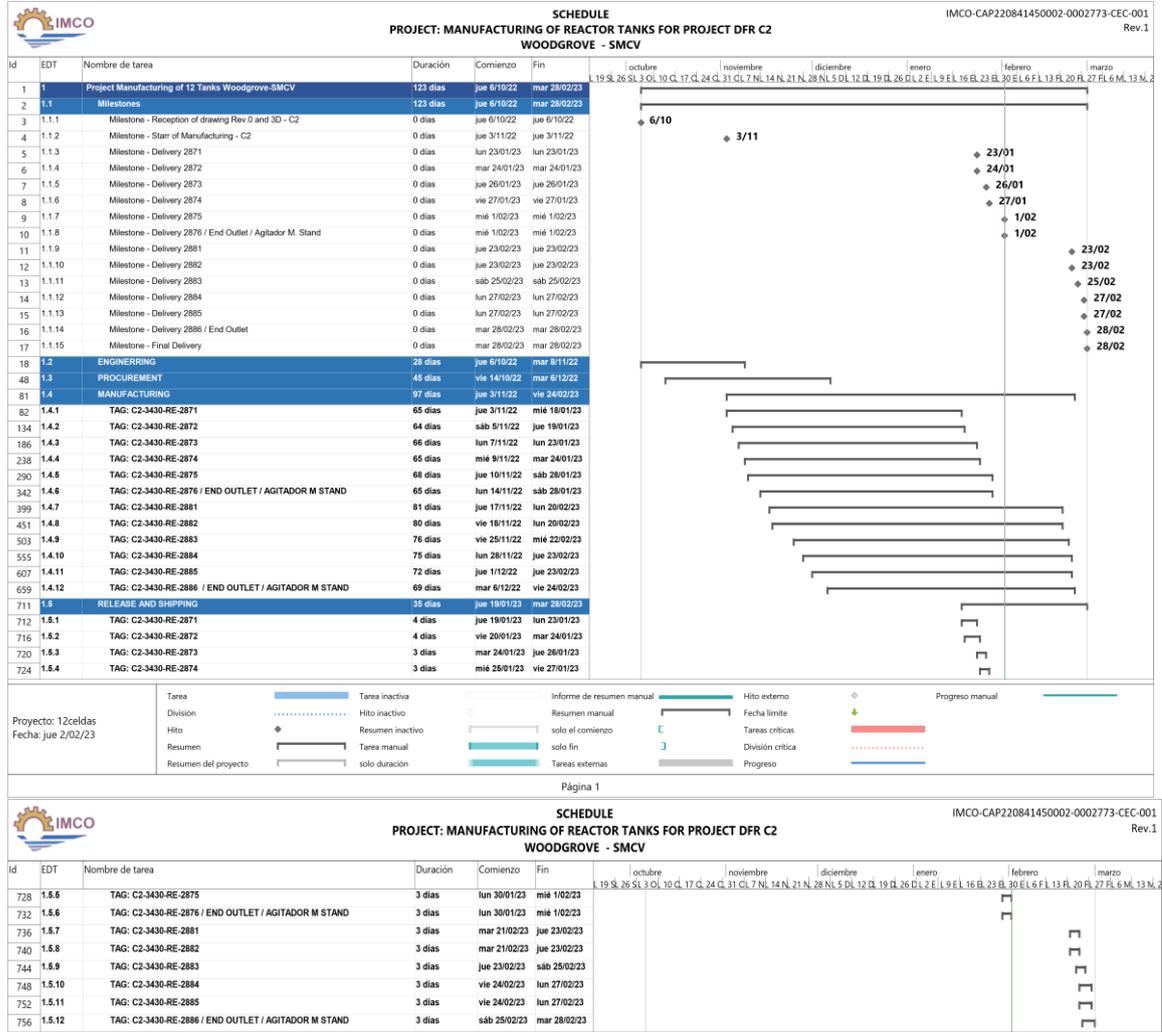


- Morales Juárez, L. A. (2020). Efecto de la intensidad de corriente de soldadura SMAW sobre la resistencia a la tracción en uniones de acero ASTM A36. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53145>
- Palella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2012). *Metodología de la investigación cuantitativa* 3ra Ed. <https://metodologiaecs.wordpress.com/2015/09/06/metodologia-de-la-investigacion-cuantitativa-3ra-ed-2012-santa-palella-stracuzzi-y-feliberto-martins-pestana-2/>
- Quispe Alvarez, L. R. (2022a). *Diseño de una estructura de soporte para una celda de flotación RCS-30 en la planta Animón, Compañía Minera Chungar Unidad*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8017>
- Rojas Campillay, B. (2022). *Implementación de rediseño de celda de flotación tipo Denver, en el laboratorio químico metalúrgico de la Universidad de Atacama*. <https://repositorioacademico.uda.cl/handle/20.500.12740/16999>
- Villalta Obando, A. A. (2014). *Optimización y control de calidad en la construcción de celdas de flotación de molibdeno empleando Acero astm A36*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2931>



ANEXOS

ANEXO 1: Cronograma de ejecución





ANEXO 2: Presupuesto de Fabricación

Item	Cant.	Descripción	Unid.	Precio Unit.	PARCIAL
1.00	1.00	Fabricación de 18 Celdas - Estructuras DFR Woodgrove, según plano N° 18929-43692030-ME-DWG 17300 Rev.08, según Anexo '1'. ALCANCES DE LA OFERTA: - No se considera suministro de Equipos Motorreductores. - No se considera suministro de equipos eléctricos, ni de instrumentos. - No se considera suministro de agitador Ø500 (20") AGITADOR - No se considera suministro de PINCH VALVE TO TANK FLANGE - No se considera suministro de salida tipo Y de longitud 3184 mm, "LAYOUT PLAN", plano 22061-43692030-ME-DWG-17101 Rev.0A - Los Planos de Fabricación y de Taller estará a cargo de Imco Servicios S.A.C. - Los metrados considerados fueron tomados según los planos enviados. - La Ingeniería Básica, Diseño estructural y cálculos serán por cuenta del cliente - Se incluye suministro de Mano de Obra calificada para la realización de los trabajos. - Materiales: suministrados según las indicaciones de los metrados ,con perfiles comerciales según norma americana en nuestro medio. - Se considera suministro de bridas de diametro mayor a Ø26" serán fabricadas de plancha ASTM A36 (mecanizadas). - Las tuberías de diametro mayor a Ø16", se suministrarán roladas y soldadas de acero ASTM A36 fabricadas en nuestros talleres. - Se incluye Trabajos de Pre ensamble de las fabricaciones. - Soldadura según norma American Welding Society, AWS D1.1. - Incluye suministro de pernos para el armado de las Celdas en norma ASTM A325. - No incluye suministro ni instalación de equipos; válvulas, acoples victaulic, juntas de expansión, motores, etc - Se considera revestimiento en caucho natural Shore 40, al caliente en autoclave o vapor directo - No se incluye suministro ni instalación de equipos de instrumentación - Preparación superficial y acabado según sistema P-2 Documento N° 560-000-GC-S-012_4 Especificación de Pintura - Se considera elaboración de DOSSIER de calidad. - Se considera pruebas NDT, según API 620 - No se considera levantamiento de información en campo, el cliente enviará los planos completos para construcción. - Todas las Fabricaciones se entregarán en los Almacenes de Imco Servicios SAC, sobre nuestro camión. NOTA: Otros trabajos no están considerados	Gbl.	\$1,930,752.00	\$1,930,752.00
Sub-total					\$ 1,930,752.00

Condiciones Generales:

Forma de pago: 30% de Adelanto contra carta Fianza, Saldo según Valorizaciones Factura a 30 días

Garantía del Servicio: 12 meses Bajo Condiciones Normales de Trabajo

Plazo de entrega: 150 días - Fabricación y Revestimiento en Caucho Shore 40, con entregas parciales.

El inicio será cuando se tenga la O/C y planos aprobados por el cliente para construcción.

Validez de la Oferta: 30 Días

IGV

18.00%

\$ 347,535.36

TOTAL

\$ 2,278,287.36

PRESUPUESTO DE INGENIERIA, FABRICACIÓN, SUMINISTRO DE CELDAS DFR

SEÑORES: WOODGROVE TECHNOLOGIES
 ATENCIÓN: Sr. Daniel Bustos / Procurement
 REFERENCIA: Fabricación de Estructuras DFR Woodgrove

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PARCIAL (\$)	PARCIAL (\$)
01	C1 CLEANER DFR, PLANO N° 18929-43692030-ME-DWG-17300 Rev.08	Unds	6.00	\$ 107,264.00	\$ 643,584.00
02	C1 CLEANER DFR, PLANO N° 18929-43692030-ME-DWG-17300 Rev.08	Unds	12.00	\$ 107,264.00	\$ 1,287,168.00
				TOTAL SIN IGV=	\$1,930,752.00

NOTA:
Este cuadro de soldadura es solo referencial, se debe especificar la soldadura especificada en el plano.

LA FLECHA APUNTA EL ELEMENTO HACER BEISELADO
OPCIÓN RAZ B
ANGULO DE RAMERA

PROFUNDIDAD DE BEISEL GARGANTA EFICAZ OPCION RAZ

LA FLECHA APUNTA EL ELEMENTO HACER BEISELADO
OPCIÓN RAZ B
ANGULO DE RAMERA

BACKGROUSE
OPCIÓN RAZ B
PENETRACIÓN COMPLETA CON ESPACIO POSTERIOR

LA FLECHA APUNTA EL ELEMENTO HACER BEISELADO
OPCIÓN RAZ B
ANGULO DE RAMERA

MILIMETROS LINEALES DE SOLDADURA
A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z
AA
AB
AC
AD
AE
AF
AG
AH
AI
AJ
AK
AL
AM
AN
AO
AP
AQ
AR
AS
AT
AU
AV
AW
AX
AY
AZ
BA
BB
BC
BD
BE
BF
BG
BH
BI
BJ
BK
BL
BM
BN
BO
BP
BQ
BR
BS
BT
BU
BV
BW
BX
BY
BZ
CA
CB
CC
CD
CE
CF
CG
CH
CI
CJ
CK
CL
CM
CN
CO
CP
CQ
CR
CS
CT
CU
CV
CW
CX
CY
CZ
DA
DB
DC
DD
DE
DF
DG
DH
DI
DJ
DK
DL
DM
DN
DO
DP
DQ
DR
DS
DT
DU
DV
DW
DX
DY
DZ
EA
EB
EC
ED
EE
EF
EG
EH
EI
EJ
EK
EL
EM
EN
EO
EP
EQ
ER
ES
ET
EU
EV
EW
EX
EY
EZ
FA
FB
FC
FD
FE
FF
FG
FH
FI
FJ
FK
FL
FM
FN
FO
FP
FQ
FR
FS
FT
FU
FV
FW
FX
FY
FZ
GA
GB
GC
GD
GE
GF
GG
GH
GI
GJ
GK
GL
GM
GN
GO
GP
GQ
GR
GS
GT
GU
GV
GW
GX
GY
GZ
HA
HB
HC
HD
HE
HF
HG
HH
HI
HJ
HK
HL
HM
HN
HO
HP
HQ
HR
HS
HT
HU
HV
HW
HX
HY
HZ
IA
IB
IC
ID
IE
IF
IG
IH
II
IJ
IK
IL
IM
IN
IO
IP
IQ
IR
IS
IT
IU
IV
IW
IX
IY
IZ
JA
JB
JC
JD
JE
JF
JG
JH
JI
JJ
JK
JL
JM
JN
JO
JP
JQ
JR
JS
JT
JU
JV
JW
JX
JY
JZ
KA
KB
KC
KD
KE
KF
KG
KH
KI
KJ
KK
KL
KM
KN
KO
KP
KQ
KR
KS
KT
KU
KV
KW
KX
KY
KZ
LA
LB
LC
LD
LE
LF
LG
LH
LI
LJ
LK
LL
LM
LN
LO
LP
LQ
LR
LS
LT
LU
LV
LW
LX
LY
LZ
MA
MB
MC
MD
ME
MF
MG
MH
MI
MJ
MK
ML
MN
MO
MP
MQ
MR
MS
MT
MU
MV
MW
MX
MY
MZ
NA
NB
NC
ND
NE
NF
NG
NH
NI
NJ
NK
NL
NM
NO
NP
NQ
NR
NS
NT
NU
NV
NW
NX
NY
NZ
OA
OB
OC
OD
OE
OF
OG
OH
OI
OJ
OK
OL
OM
ON
OO
OP
OQ
OR
OS
OT
OU
OV
OW
OX
OY
OZ
PA
PB
PC
PD
PE
PF
PG
PH
PI
PJ
PK
PL
PM
PN
PO
PP
PQ
PR
PS
PT
PU
PV
PW
PX
PY
PZ
QA
QB
QC
QD
QE
QF
QG
QH
QI
QJ
QK
QL
QM
QN
QO
QP
QQ
QR
QS
QT
QU
QV
QW
QX
QY
QZ
RA
RB
RC
RD
RE
RF
RG
RH
RI
RJ
RK
RL
RM
RN
RO
RP
RQ
RR
RS
RT
RU
RV
RW
RX
RY
RZ
SA
SB
SC
SD
SE
SF
SG
SH
SI
SJ
SK
SL
SM
SN
SO
SP
SQ
SR
SS
ST
SU
SV
SW
SX
SY
SZ
TA
TB
TC
TD
TE
TF
TG
TH
TI
TJ
TK
TL
TM
TN
TO
TP
TQ
TR
TS
TT
TU
TV
TW
TX
TY
TZ
UA
UB
UC
UD
UE
UF
UG
UH
UI
UJ
UK
UL
UM
UN
UO
UP
UQ
UR
US
UT
UU
UV
UW
UX
UY
UZ
VA
VB
VC
VD
VE
VF
VG
VH
VI
VJ
VK
VL
VM
VN
VO
VP
VQ
VR
VS
VT
VU
VV
VW
VX
VY
VZ
WA
WB
WC
WD
WE
WF
WG
WH
WI
WJ
WK
WL
WM
WN
WO
WP
WQ
WR
WS
WT
WU
WV
WW
WX
WY
WZ
XA
XB
XC
XD
XE
XF
XG
XH
XI
XJ
XK
XL
XM
XN
XO
XP
XQ
XR
XS
XT
XU
XV
XW
XX
XY
XZ
YA
YB
YC
YD
YE
YF
YG
YH
YI
YJ
YK
YL
YM
YN
YO
YP
YQ
YR
YS
YT
YU
YV
YW
YX
YZ
ZA
ZB
ZC
ZD
ZE
ZF
ZG
ZH
ZI
ZJ
ZK
ZL
ZM
ZN
ZO
ZP
ZQ
ZR
ZS
ZT
ZU
ZV
ZW
ZX
ZY
ZZ

UBICACION ENSAMBLE
BASE EJES: 70°
ELEVACION: +2.740

GRADO DE TOLERANCIA

GRADO DE TOLERANCIA	Tolerancias en mm para rangos de medidas en mm estructura soldada (lineal)											
	0-25	25-50	50-75	75-100	100-150	150-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-800	800-1000
A	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
B	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
C	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
D	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

PERFILES
281 p- 16
281 p- 10

SECCION A
ESCALA: 1:5

ISOMETRICO

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-10
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:5

LEGENDA

CODIGO → ENSAMBLES

CODIGO → SUB - ENSAMBLE

CODIGO → PARTE / HABILITADO

ITEM **CODIGO** **REV** **DESCRIP.** **PERFILES** **MATERIAL** **LONG (mm)** **CANT.** **PESO (kg.)**

ITEM	CODIGO	REV	DESCRIP.	PERFILES	MATERIAL	LONG (mm)	CANT.	PESO (kg.)
1	281p-10	0	PLATE	PL16X75	A36	172	6	1 8.41
2	281p-16	0	PLATE	PL12X150	A36	200	6	3 16.86
TOTAL:								25.27

PROYECTO PARA CONSTRUCCION
FECHA DE EMISION: 25 NOV. 2022
MICHAEL K. HUAMAN TITO

EQUIPO	MARCA	SUBENSAMBLE	PRIORIDAD	CANT.
C-3430-RE-1871	A	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
C-3430-RE-1872	B	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
C-3430-RE-1873	C	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
C-3430-RE-1874	D	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
C-3430-RE-1875	E	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
C-3430-RE-1876	F	281-EN-10	PRIORIDAD 3	1
TOTAL				6

REVISION	FECHA	EMITIDO PARA FABRICACION	J. CR.	M. H.
1	25 10 2022	EMITIDO PARA FABRICACION	J. CR.	M. H.

IMCO
WOODGROVE S.A.C.

Cerro Verde
sociedad minera cerro verde s.a.a.
AREQUIPA - PERU

06 TANQUES REACTORES DFR C1
MECHANICAL
SUBENSAMBLE

PROYECTO N°: CERRO VERDE
LAMINA: 1-1
N° DE PLANO: 281-EN-10

PROYECCION: ISO-A

ESCALA: S/E FORMATO: A3 (420x297)

REV. 0

UBICACION ENSAMBLE

BASE EJES	ELEVACION
Z70°	+1.803

GRADO DE TOLERANCIA

Tolerancias en mm para grupos de montaje en mm estructura soldada (lineal)	350	400	450	500	600	700	800	900	1000	1200	1500	1800	2000
A	11	11	11	12	13	14	15	16	17	18	19	19	19
B	11	12	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
C	11	13	14	15	16	18	19	21	22	24	26	28	30
D	11	14	17	19	21	24	27	30	33	37	41	45	50

SUBCONJUNTO: MODULO 1 - 281-EN-1 - CANT: 6 UND.

ITEM	CODIGO	REV	DESCRIP.	PERFILES	MATERIAL	LONG (mm)	CANT. TOTAL	PESO (kg.) UNIT.	TOTAL
1	281p-2	0	PLATE	PL8X1781.5	A36	8457	6	945.45	5672.68
2	281p-3	0	PLATE	PL19X495.4	A36	2051	24	32.79	787.00
3	281p-4	0	PLATE	PL12X3000	A36	3000	6	865.69	3394.14
								TOTAL:	10453.82

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

SECCION B
ESC.: 1:30

DETALLE 1
ESC.: 1:5

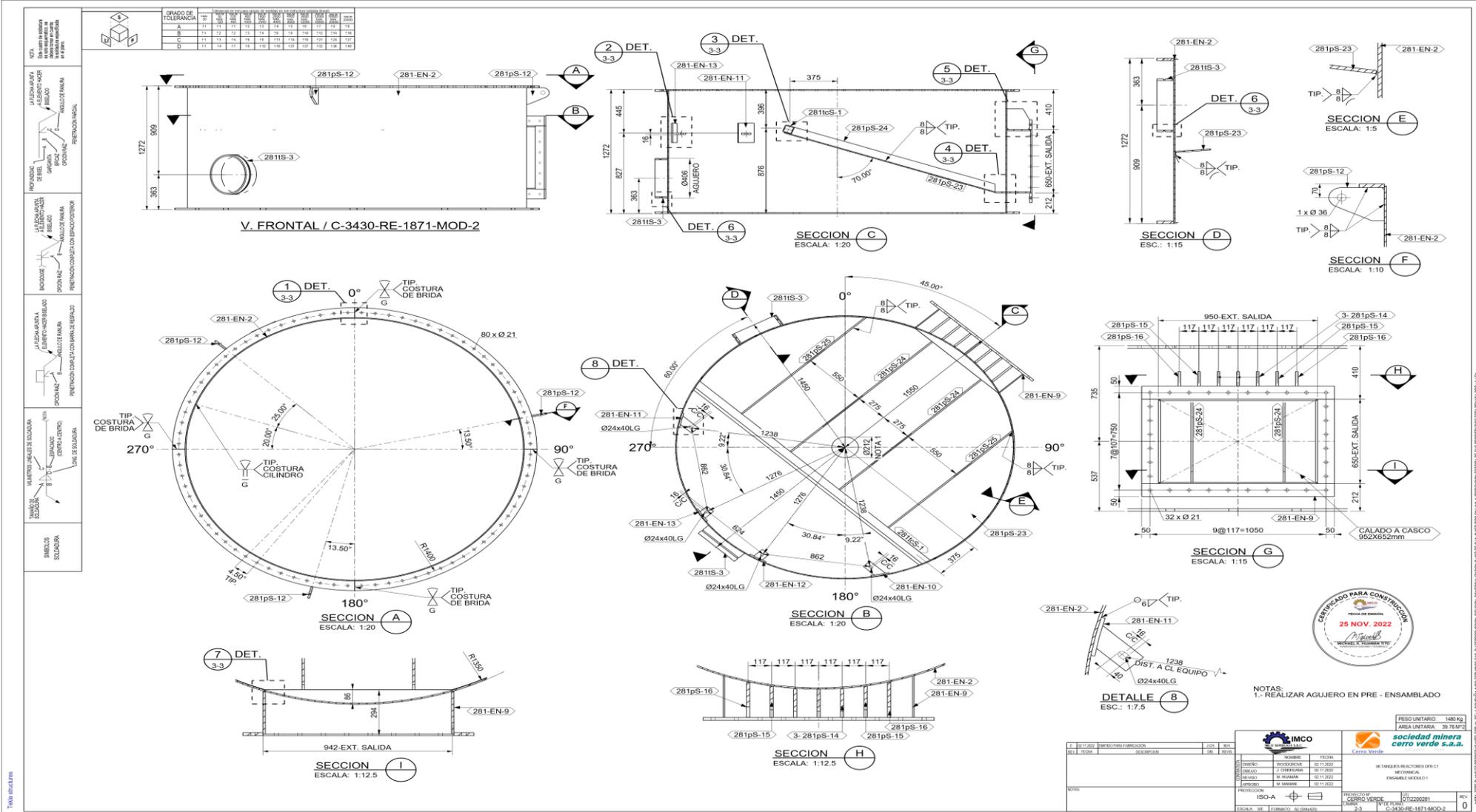
DETALLE 2
ESC.: 1:5

DETALLE 3
ESC.: 1:2.5

SUB-ENSAMBLE / 281-EN-1
CANTIDAD: 6 UNIT (S)
ESCALA: 1:1

SECCION A
ESC.: 1:30

ANEXO 4: Planos de ensamblaje





AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Rushiel Nieves Incahuasiaco Canaza, identificado con DNI 71348693 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
de INGENIERIA METALURGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

" FABRICACION DE CELDAS DE FLOTACION DFR, EN LA EMPRESA IMCO SERVICIOS SOC, PARA LA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE - AREQUIPA 2023

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

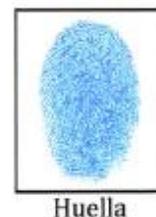
Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de Diciembre del 2024


FIRMA (obligatoria)





DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Rushiel Nieves Incahuancaco Candaza
, identificado con DNI 7348693 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

DE INGENIERIA METALURGICA

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

" FABRICACION DE CELDAS DE FLOTACION DFR, EN LA EMPRESA IMCO

SERVICIOS SDC, PARA LA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE - AREQUIPA 2023

" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de Diciembre del 20 24



FIRMA (obligatoria)



Huella