

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**



**Propuesta de mejora en la fabricación de tanques de almacenamiento  
vertical empernado para optimizar el proceso productivo en una empresa  
metalmecánica Arequipa 2024**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Mamani Cornejo, Katuska**

**ORCID: 0009-0002-4376-3801**

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Industrial

Asesor:

**Dr. Valencia Becerra, Rolardi Mario**

**ORCID: 0000-0002-6641-0323**

Arequipa –Perú

2024

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 09 de Febrero del 2024

**Dictamen: 006055-C-EPII-2024**

Visto el borrador del expediente 006055, presentado por:

**2014800502 - MAMANI CORNEJO KATIUSKA**

Titulado:

**PROPUESTA DE MEJORA EN LA FABRICACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO VERTICAL  
EMPERNADO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO PRODUCTIVO EN UNA EMPRESA  
METALMECANICA AREQUIPA 2024**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29291265 - DELGADO MONTESINOS MAX EDWIN  
DICTAMINADOR**



**40697050 - NIETO PEÑA VANESSA GLADYS  
DICTAMINADOR**



**29653773 - CARRASCO BOCANGEL JULIO CESAR  
DICTAMINADOR**



# Propuesta de mejora en la fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado para optimizar el proceso productivo en una empresa metalmecánica Arequipa 2024

## ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
2	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Internet Source	<1 %
3	<a href="https://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
4	Submitted to Universidad Ricardo Palma Student Paper	<1 %
5	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
6	<a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Internet Source	<1 %
7	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Internet Source	<1 %
8	<a href="https://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Internet Source	<1 %

## DEDICATORIA

*Esta tesis se la dedico a mis padres Agustín Mamani y Rosa Cornejo, por brindarme su apoyo incondicional, amor y fortaleza en cada uno de los retos a lo largo de mi carrera, por sus cuidados a pesar de la distancia. Y por la felicidad que me dan al continuar a mi lado apoyándome en todo momento, enseñándome a ser perseverante para cumplir mis objetivos.*

*A mi hermana Elizabeth por sus consejos y comprensión para continuar con mis objetivos y a mi sobrino Franco por mostrarme con su inocencia y entusiasmo a disfrutar de los momentos más pequeños que nos da la vida.*

*A Freddy Valencia, por su compañía y amor incondicional a lo largo de estos años.*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por la protección que me brinda en la vida y por poner en mi camino a buenas personas como las amistades que hice a lo largo de mis estudios universitarios.*

*A mi familia por todo el amor, paciencia, motivación y apoyo para culminar mis tesis. Así como los valores y enseñanzas inculcados.*

*A Freddy Valencia por su cariño inmenso, asesoramiento, orientación y conocimiento.*

*A mis profesores de la universidad Católica de Santa María por su dedicación y enseñanzas a lo largo de mi carrera profesional.*

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fundamental realizar un análisis y propuesta de mejora en el proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empinado para la optimización de procesos en una empresa del rubro metalmeccánico.

Para un mejor entendimiento de los procesos de esta empresa, se brindó los conceptos de los procesos por áreas, así como la utilización del tipo de máquina. Comenzando con el análisis de la situación actual del proceso de fabricación de tanques, usando diversas herramientas como diagramas de flujo, diagrama de recorrido, estudio de tiempos de la operación de corte y pintado, así como el cálculo del consumo de pintura y soldadura, y la estructura de costos del tanque para entender y gestionar eficientemente los recursos del proceso de producción facilitando la identificación de áreas donde se puede realizar mejoras para reducir costos.

Se identificó de problemas y el análisis de sus causas para encontrar alternativas de solución de acuerdo a su grado de causalidad y se propuso mejoras de implementación para las mismas. Las propuestas se enfocaron en la mejora del proceso de soldadura, optimización del proceso de corte, mejora del plan de corte de placas, optimización del proceso de pintado, redistribución de planta, diagrama de análisis del proceso mejorado, plan de capacitación, poka yoke y estandarización de la inspección de calidad del proceso de granallado y pintado; con un costo total de implementación de S/ 78,851.90. El resultado del análisis Beneficio Costo es de 1.08 con un VAN de S/ 1,054,291.19 que significa que la propuesta es rentable.

Palabras clave: optimización del proceso de corte de acero, proceso de fabricación de tanques, estandarización del proceso de granallado.

## ABSTRACT

The fundamental purpose of this research work is to carry out an analysis and proposal for improvement in the manufacturing process of bolted vertical storage tanks for the optimization of processes in a company in the metalworking industry.

For a better understanding of the processes of this company, the concepts of the processes by area were provided, as well as the use of the type of machine. Starting with the analysis of the current situation of the tank manufacturing process, using various tools such as flow charts, route diagrams, time study of the cutting and painting operation, as well as the calculation of paint and welding consumption, and the tank cost structure to understand and efficiently manage the resources of the production process, facilitating the identification of areas where improvements can be made to reduce costs.

Problems were identified and their causes analyzed to find alternative solutions according to their degree of causality and implementation improvements were proposed for them. The proposals focused on the improvement of the welding process, optimization of the cutting process, improvement of the plate cutting plan, optimization of the painting process, plant redistribution, improved process analysis diagram, training plan, poka yoke and standardization of quality inspection of the shot blasting and painting process; with a total implementation cost of S/ 78,851.90. The result of the Benefit Cost analysis is 1.08 with a NPV of S/ 1,054,291.19, which means that the proposal is profitable.

Keywords: optimization of the steel cutting process, tank manufacturing process, standardization of the shot blasting process.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO TEORICO .....	3
1.1. Antecedentes del problema.....	3
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Formulación del problema.....	4
1.4. Sistematización del problema.....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	5
1.5.1. Justificación teórica.....	5
1.5.2. Justificación metodológica.....	5
1.5.3. Justificación practica.....	6
1.6. Limitaciones de la investigación .....	6
1.7. Objetivos de la investigación.....	6
1.7.1. General .....	6
1.7.2. Específicos .....	6
1.8. Alcance .....	7
1.9. Hipótesis .....	7
1.10. Variables .....	8
1.11. Marco metodológico .....	9
1.11.1. Nivel de Investigación.....	9
1.11.2. Diseño de Investigación .....	9
1.11.3. Población muestra .....	9
1.11.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	9
1.11.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos.....	10
CAPITULO II .....	11
2. MARCO TEORICO.....	11
2.1. Antecedentes de la investigación.....	11
2.2. Bases Teóricas .....	12
2.2.1. Definición de Tanques de Almacenamiento vertical .....	12

2.2.2.	Importancia de los tanques de almacenamiento vertical .....	12
2.2.3.	Ventajas del tanque de almacenamiento vertical emperrados o atornillados ....	13
2.2.4.	Normas de los tanques de almacenamiento.....	14
2.2.5.	Tipos de Tanques de almacenamiento de acuerdo a su fabricación.....	15
2.2.6.	Lean Manufacturing .....	17
2.2.7.	Beneficios del Lean Manufacturing .....	18
2.2.8.	Las 7 mudas.....	19
2.2.9.	Diagrama de Causa-Efecto.....	21
2.2.10.	Poka Yoke .....	21
2.2.11.	Trabajo Estándar .....	22
2.2.12.	Estudio de tiempos .....	22
2.2.13.	Presupuestos y Costos .....	27
2.2.14.	Productividad .....	27
2.2.15.	Seguridad y Salud en el Trabajo .....	28
CAPITULO III .....		29
3.	DIAGNOSTICO SITUACIONAL .....	29
3.1.	La empresa.....	29
3.1.1.	Rubro.....	29
3.1.2.	Descripción de la empresa.....	29
3.1.3.	Visión .....	29
3.1.4.	Misión.....	29
3.1.5.	Políticas .....	30
3.1.6.	Organigrama de la Empresa .....	30
3.1.7.	Mapa de Procesos de la empresa.....	36
3.2.	Descripción de los Procesos Operativos de la Empresa .....	37
3.2.1.	Procedimiento General de Ingeniería y Diseño.....	37
3.2.2.	Procedimiento General de Producción.....	38
3.2.3.	Procedimiento General de Control de Calidad.....	40
3.2.4.	Diagrama de Flujo de los Procesos del Área de Operaciones.....	41
3.3.	Áreas de Producción de la Empresa .....	46
3.3.1.	Descripción del Área de Maestranza.....	46
3.3.2.	Descripción del Área de CNC.....	52
3.3.3.	Descripción del Área de Soldadura y Armado.....	53
3.3.4.	Descripción del Área de Pintado.....	57
3.3.5.	Descripción del Área de Ensamble y Embalaje .....	59

3.4.	Descripción del Proceso de estudio .....	60
3.4.1.	Proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado .....	60
3.5.	Análisis de los procesos.....	73
3.5.1.	Layout actual de la empresa .....	73
3.5.2.	Diagrama de análisis del proceso .....	76
3.5.3.	Diagrama de recorrido de actividades .....	84
3.5.4.	Diagrama de Flujo del proceso productivo .....	88
3.5.5.	Diagrama Flowsheet.....	90
3.5.6.	Análisis de los Procesos .....	91
3.5.6.1.	Distribución de placas para el proceso de corte.....	91
3.5.6.2.	Cálculo de Pintura.....	96
3.5.6.3.	Cálculo de Soldadura .....	98
3.5.6.4.	Estudio de tiempos del proceso de Pintado.....	104
3.5.6.5.	Estudio de tiempos del proceso de Habilitado.....	114
3.6.	Análisis de Datos .....	142
3.6.1.	Análisis de Seguridad en el trabajo .....	142
3.6.2.	Análisis del Capital humano .....	146
3.7.	Estructura de Costos y Presupuestos .....	156
3.8.	Identificación de los problemas .....	179
3.8.1.	Análisis de los 7 desperdicios .....	179
3.8.1.1.	Sobreproducción .....	179
3.8.1.2.	Sobre inventario .....	179
3.8.1.3.	Productos defectuosos.....	179
3.8.1.4.	Transportes de materiales y herramientas.....	180
3.8.1.5.	Procesos innecesarios.....	180
3.8.1.6.	Espera.....	181
3.8.1.7.	Movimientos innecesarios del trabajador .....	181
3.8.2.	Diagrama de Ishikawa.....	182
3.8.3.	Matriz de Vester .....	185
CAPITULO IV .....		191
4.	PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	191
4.1.	Objetivo de la propuesta a plantear .....	191
4.2.	Identificación de la propuesta adecuada.....	191
4.2.1.	Análisis de la Causa Problema .....	191
4.2.2.	Alternativas de solución por problema encontrado.....	194

4.2.3.	Metodologías a utilizar en la propuesta de mejora.....	195
4.3.	Desarrollo de la propuesta de mejora .....	197
4.3.1.	Propuesta de mejora del proceso de soldadura.....	197
4.3.2.	Propuesta de optimización del proceso de corte .....	207
4.3.3.	Propuesta de mejora del plan de corte de placas .....	222
4.3.4.	Propuesta de optimización del proceso de pintado .....	230
4.3.5.	Propuesta de redistribución de planta.....	236
4.3.6.	Propuesta del diagrama de análisis del proceso mejorado .....	247
4.3.7.	Propuesta de un plan de capacitación.....	265
4.3.8.	Propuesta del Poka Yoke.....	273
4.3.9.	Propuesta de estandarización de la inspección de calidad del proceso de granallado y pintado.....	277
CAPITULO V	.....	285
5.	ANALISIS DE LA PROPUESTA DE MEJORA .....	285
5.1.	Costos de la propuesta de mejora .....	285
5.1.1.	Costos de Implementación de la mejora del proceso de soldadura.....	285
5.1.2.	Costos de Implementación de la optimización del proceso de corte.....	287
5.1.3.	Costos de implementación de la mejora del plan de corte de placas .....	290
5.1.4.	Costos de implementación de la optimización del proceso de pintado.....	292
5.1.5.	Costos de implementación de redistribución de planta.....	294
5.1.6.	Costos de implementación del diagrama de análisis del proceso mejorado ....	296
5.1.7.	Costos de implementación del plan de capacitación.....	298
5.1.8.	Costos de Implementación del Poka Yoke.....	301
5.1.9.	Costos de Implementación de estandarización de inspección de calidad del proceso de granallado y pintado .....	302
5.1.10.	Costo Total de la propuesta de mejora.....	304
5.2.	Beneficios de la propuesta de mejora mediante indicadores.....	305
5.2.1.	Estimación de mejora de indicadores.....	305
5.3.	Análisis Beneficio Costo .....	311
CONCLUSIONES	.....	316
RECOMENDACIONES	.....	318
REFERENCIAS	.....	319
ANEXOS	.....	322

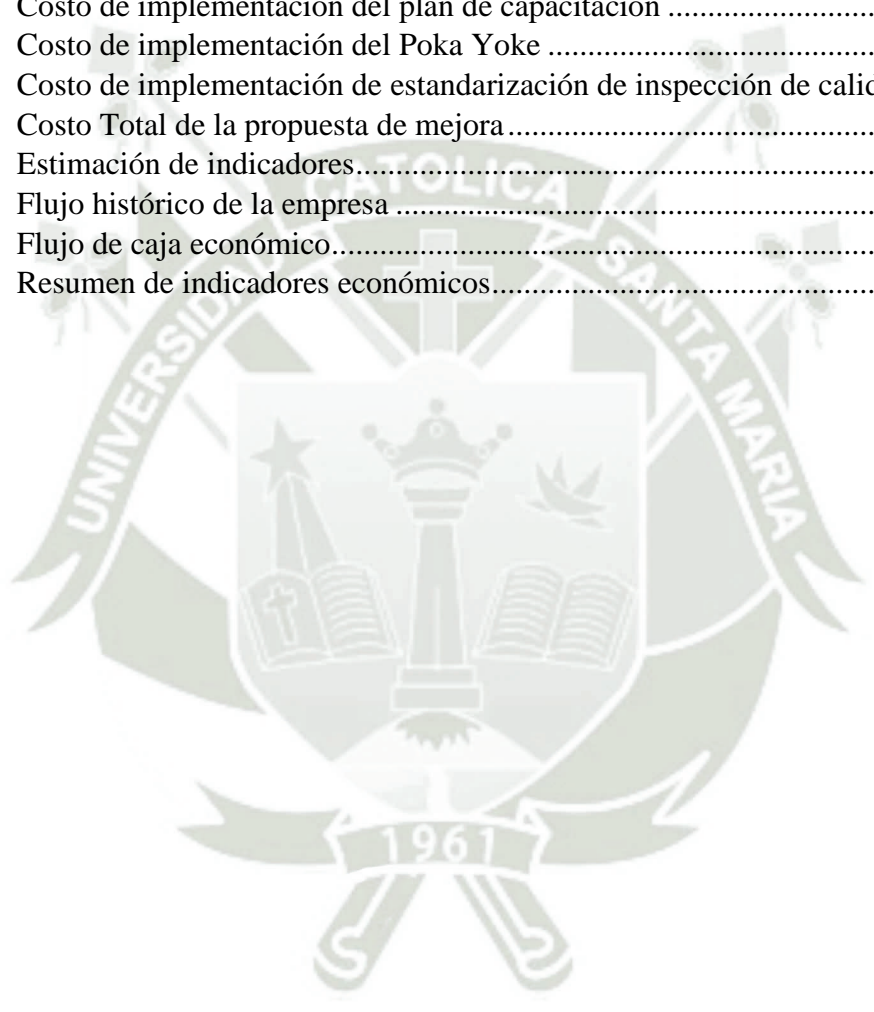
## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Variables e Indicadores de la Investigación.....	8
Tabla 2	Clases de Interrupciones .....	25
Tabla 3	Accesorios del tanque .....	65
Tabla 4	Tipos de pintura para aplicación externa .....	68
Tabla 5	Tipos de pintura para aplicación interna .....	69
Tabla 6	Diagrama de Análisis del Proceso de Habilitado Actual .....	78
Tabla 7	Diagrama de Análisis del Proceso de Soldadura Actual.....	80
Tabla 8	Diagrama de Análisis del Proceso de Granallado y Pintura Actual.....	82
Tabla 9	Diagrama de Análisis del Proceso de Embalaje y Almacenamiento .....	83
Tabla 10	Tiempo total del proceso actual .....	84
Tabla 11	Calculo de Pintura Total Epóxido Poliamida – Capa Externa .....	96
Tabla 12	Calculo de Pintura Total Poliuretano Acrílico – Capa Externa .....	97
Tabla 13	Calculo de Pintura Total Epóxido Poliamida – Capa Interna .....	98
Tabla 14	Tasa de Deposición para Electrodo Revestidos.....	101
Tabla 15	Rendimiento de consumibles .....	102
Tabla 16	Factor de operación Típicos .....	102
Tabla 17	Cuantificación de Cantidad de Soldadura .....	104
Tabla 18	Calificación de los Suplementos en el proceso de pintado .....	107
Tabla 19	Estudio de tiempos del proceso del pintado externo.....	108
Tabla 20	Cálculo de observaciones .....	109
Tabla 21	Calculo del número de observaciones del proceso de pintado – externo.....	110
Tabla 22	Estudio de tiempos del proceso del pintado interno.....	112
Tabla 23	Calculo del número de observaciones del proceso de pintado – interno .....	113
Tabla 24	Total horas hombre empleadas en el proceso de Pintado .....	114
Tabla 25	Estudio de tiempos - operación de corte del acero 6 mm .....	116
Tabla 26	Estudio de tiempos - operación de corte del acero 9 mm .....	117
Tabla 27	Estudio de tiempos - operación de corte del acero 12 mm .....	118
Tabla 28	Estudio de tiempos - operación de corte del acero 16 mm .....	119
Tabla 29	Estudio de tiempos - operación de corte del acero 25 mm .....	120
Tabla 30	Calificación de los Suplementos de la operación de corte del proceso de habilitado .....	121
Tabla 31	Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 6 mm .....	122
Tabla 32	Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 9 mm .....	123
Tabla 33	Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 12 mm .....	123
Tabla 34	Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 16 mm .....	124
Tabla 35	Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 25 mm .....	124
Tabla 36	Total horas hombre empleadas en la operación de Corte - Habilitado .....	125
Tabla 37	Estudio de tiempos - operación perforado acero 6mm techo.....	128
Tabla 38	Estudio de tiempos - operación perforado acero 9mm fondo .....	129
Tabla 39	Estudio de tiempos - operación perforado acero 9mm anillo superior e inferior... ..	130
Tabla 40	Estudio de tiempos - operación perforado acero 6mm casco.....	131
Tabla 41	Estudio de tiempos - operación perforado acero 9mm boquillas manhole .....	132
Tabla 42	Estudio de tiempos - operación perforado acero 6mm escaleras baranda .....	133
Tabla 43	Estudio de tiempos - operación perforado acero 12mm silleta de anclaje.....	134

Tabla 44	Calificación de los Suplementos de la operación de perforado del proceso de habilitado.....	135
Tabla 45	Calculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm techo .....	136
Tabla 46	Calculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm fondo.....	137
Tabla 47	Calculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm anillos .....	137
Tabla 48	Calculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm casco .....	138
Tabla 49	Cálculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm boquilla manhole.....	138
Tabla 50	Cálculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm escaleras baranda .....	139
Tabla 51	Calculo del número de observaciones - operación de perforado 12 mm silleta de anclaje.....	140
Tabla 52	Total horas hombre empleadas en la operación de Perforado - Habilitado .....	141
Tabla 53	Tiempo total de las operaciones del proceso de habilitado .....	142
Tabla 54	Datos de Accidentabilidad por mes.....	143
Tabla 55	Número de accidentes leves por proceso .....	144
Tabla 56	Índice de accidentabilidad.....	145
Tabla 57	Costos de materiales directos para el proyecto .....	156
Tabla 58	Costo del acero.....	158
Tabla 59	Otros materiales directos.....	158
Tabla 60	Presupuesto del Personal de Producción.....	162
Tabla 61	Materiales Indirectos – Herramientas e Insumos .....	163
Tabla 62	Equipos de protección personal utilizados .....	165
Tabla 63	Presupuesto Personal de Operaciones.....	167
Tabla 64	Presupuesto Máquinas y Equipos.....	168
Tabla 65	Calculo acabado superficial .....	170
Tabla 66	Costos de Servicios Básicos.....	170
Tabla 67	Servicio externo transporte y movilización de materiales .....	172
Tabla 68	Movilización de materiales .....	173
Tabla 69	Materiales Indirectos - Artículos de Oficina y Limpieza.....	174
Tabla 70	Presupuesto del Personal Administrativo.....	177
Tabla 71	Cuadro Resumen del Precio Total.....	178
Tabla 72	Causas identificadas del diagrama Ishikawa.....	186
Tabla 73	Puntuación para la evaluación de problemas .....	187
Tabla 74	Tabla de clasificación para la matriz de Vester .....	187
Tabla 75	Matriz de Vester de la empresa metalmecánica.....	188
Tabla 76	Cuadro resumen de la clasificación de los problemas por color.....	190
Tabla 77	Análisis Causa Problema.....	192
Tabla 78	Alternativas de solución.....	194
Tabla 79	Tasa de Deposición para Alambre Tubular E71T-1M.....	199
Tabla 80	Resumen de Parámetros de comparación de los dos Procesos .....	200
Tabla 81	Rendimiento de Consumibles para el proceso FCAW-G .....	201
Tabla 82	Parámetros de la máquina de Soldar Multiproceso.....	202
Tabla 83	Parámetro del Alimentador .....	202
Tabla 84	Cuadro comparativo del cálculo de costos del proceso actual y propuesto de soldadura .....	204
Tabla 85	Consumo soldadura anual del proceso actual 2022 .....	205

Tabla 86 Cuadro comparativo del costo total según peso de soldadura utilizado anualmente .....	206
Tabla 87 Parámetros de mecanizado necesarios .....	210
Tabla 88 Parámetros Hypertherm plasma powermax 1650 .....	212
Tabla 89 Características del compresor de aire.....	213
Tabla 90 Tabla de corte 100 A para acero al carbono.....	214
Tabla 91 Comparativa de velocidades de corte del Oxicorte y CNC Plasma.....	215
Tabla 92 Especificaciones para la capacidad de corte con 100 A.....	216
Tabla 93 Tiempo total de la operación de corte .....	217
Tabla 94 Material y velocidad de corte según ft por minuto .....	218
Tabla 95 Feed for Revolution según diámetro de broca .....	219
Tabla 96 Tiempo de perforación según espesor de las partes del tanque .....	219
Tabla 97 Tiempo total de la operación Perforado .....	220
Tabla 98 Comparación del proceso actual del proceso de habilitado con el proceso propuesto .....	221
Tabla 99 Ahorro anual de la propuesta CNC cortadora plasma.....	222
Tabla 100 Cuadro comparativo del costo total del desperdicio .....	228
Tabla 101 Características del equipo airless profesional .....	232
Tabla 102 Tiempo de operación de pintado con el equipo airless .....	233
Tabla 103 Tiempo total del proceso de pintado .....	234
Tabla 104 Comparación del tiempo del proceso de ambas maquinas.....	234
Tabla 105 Ahorro anual de la propuesta equipos airless.....	235
Tabla 106 Significado de colores .....	239
Tabla 107 Datos de Accidentabilidad supuesta.....	245
Tabla 108 Promedio anual del índice de accidentabilidad supuesto.....	246
Tabla 109 Diagrama de Análisis del Proceso de Habilitado Propuesto .....	248
Tabla 110 Diagrama de Análisis del Proceso de Soldadura Propuesto.....	251
Tabla 111 Diagrama de Análisis del Proceso de Preensamble, Granallado y Pintado Propuesto.....	254
Tabla 112 Ahorro en transporte al área de ensamblado .....	255
Tabla 113 Diagrama de Análisis del Proceso de embalaje y almacenamiento .....	256
Tabla 114 Tiempo total del proceso propuesto .....	257
Tabla 115 Comparación de los tiempos del proceso.....	258
Tabla 116 Distancia total del proceso propuesto .....	258
Tabla 117 Comparación de las distancias del proceso .....	259
Tabla 118 Cuadro Resumen de la diferencia de actividades.....	260
Tabla 119 Cálculo del costo de transporte al servicio de granallado propuesto .....	262
Tabla 120 Cálculo del costo de mano de obra al servicio de granallado propuesto.....	263
Tabla 121 Cuadro comparativo del transporte al servicio de granallado de la fabricación del tanque .....	263
Tabla 122 Cálculo de ahorro del tiempo del transporte anual.....	264
Tabla 123 Cálculo de ahorro horas hombre anual.....	264
Tabla 124 Cuadro comparativo del transporte anual al servicio de granallado .....	265
Tabla 125 Listado de temas para la capacitación .....	267
Tabla 126 Cursos de capacitación enfocados en las mejoras.....	268
Tabla 127 Cronograma de plan de capacitación .....	271
Tabla 128 Cronograma de capacitaciones externas .....	272

Tabla 129	Especificaciones de la preparación superficial y aplicación de recubrimiento ....	278
Tabla 130	Formato propuesto del registro de inspección .....	280
Tabla 131	Perfil de anclaje del acero granallado según tipo de abrasivo .....	281
Tabla 132	Costos de implementación de la mejora del proceso de soldadura .....	286
Tabla 133	Costos de implementación de la optimización del proceso de corte.....	288
Tabla 134	Costos de Implementación de la mejora del plan de corte de placas .....	291
Tabla 135	Costos de implementación de la optimización del proceso de pintado.....	293
Tabla 136	Costo de implementación de redistribución de planta .....	295
Tabla 137	Costos del diagrama de análisis del proceso mejorado .....	297
Tabla 138	Costo de implementación del plan de capacitación .....	299
Tabla 139	Costo de implementación del Poka Yoke .....	302
Tabla 140	Costo de implementación de estandarización de inspección de calidad .....	303
Tabla 141	Costo Total de la propuesta de mejora .....	304
Tabla 142	Estimación de indicadores.....	306
Tabla 143	Flujo histórico de la empresa .....	311
Tabla 144	Flujo de caja económico.....	313
Tabla 145	Resumen de indicadores económicos.....	314



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tanque emperrado o atornillado .....	16
Figura 2	Vista interna de un Tanque emperrado o atornillado .....	16
Figura 3	Tanque soldado .....	17
Figura 4	Adaptación actualizada de la Casa Toyota .....	18
Figura 5	Suplementos Factor Postura.....	26
Figura 6	Organigrama de la empresa .....	31
Figura 7	Organigrama del Área de Producción.....	32
Figura 8	Organigrama del Área de Ingeniería y Diseño .....	34
Figura 9	Organigrama del Área de Control de Calidad .....	35
Figura 10	Mapa de Procesos de la Empresa.....	36
Figura 11	Diagrama de Flujo General de Ingeniería y Diseño .....	43
Figura 12	Diagrama de Flujo General de Producción.....	44
Figura 13	Diagrama de Flujo General de Control de Calidad.....	45
Figura 14	Máquina de Rolado.....	47
Figura 15	Torno convencional .....	48
Figura 16	Erosionadora por hilo.....	48
Figura 17	Taladro de columna .....	49
Figura 18	Chiller .....	50
Figura 19	Mandrinadora.....	50
Figura 20	Prensa Hidráulica.....	51
Figura 21	Esmeriladora Angular .....	51
Figura 22	Torno CNC .....	53
Figura 23	Fresa CNC.....	53
Figura 24	Biselado de plancha de acero.....	54
Figura 25	Pantógrafo de corte por oxicorte.....	55
Figura 26	Carro de oxicorte .....	55
Figura 27	Proceso de Armado.....	56
Figura 28	Proceso de Soldadura.....	56
Figura 29	Piezas granalladas .....	57
Figura 30	Equipo pistola para pintado .....	58
Figura 31	Pintado de estructuras .....	58
Figura 32	Montacargas de 2.5 ton.....	59
Figura 33	Paletizado de piezas .....	59
Figura 34	Partes del tanque de almacenamiento .....	61
Figura 35	Anillo inferior del tanque.....	62
Figura 36	Placas del casco y fondo perforadas y con pernería .....	63
Figura 37	Piezas con acabado de pintura .....	70
Figura 38	Proceso de soldadura del anillo inferior .....	70
Figura 39	Emperrado de placas del fondo .....	71
Figura 40	Layout de la planta 1 actual .....	74
Figura 41	Layout de la planta 2 actual .....	75
Figura 42	Diagrama de recorrido del proceso actual .....	86
Figura 43	Diagrama de flujo del proceso productivo general .....	89
Figura 44	Flowsheet del proceso.....	90

Figura 45 Distribución de placas de acero de 6 mm esp. Actual .....	93
Figura 46 Distribución de placas de acero de 9 mm esp. Actual. ....	94
Figura 47 Proceso de Soldadura SMAW .....	99
Figura 48 Tipos de Uniones de Soldadura .....	103
Figura 49 Suplementos recomendadas por la Organización Internacional del Trabajo.....	106
Figura 50 Accidentes leves por proceso.....	145
Figura 51 Índice de accidentabilidad por proceso.....	146
Figura 52 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°1 .....	148
Figura 53 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°2 .....	149
Figura 54 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°3 .....	150
Figura 55 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°4 .....	150
Figura 56 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°5 .....	151
Figura 57 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°6 .....	152
Figura 58 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°7 .....	152
Figura 59 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°8 .....	153
Figura 60 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°9 .....	153
Figura 61 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°10 .....	154
Figura 62 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°11 .....	154
Figura 63 Respuesta en porcentajes de la pregunta N°12 .....	155
Figura 64 Tarifario del transporte terrestre nacional.....	172
Figura 65 Diagrama Ishikawa .....	182
Figura 66 Gráfico Matriz de Vester .....	189
Figura 67 Proceso de Soldadura FCAW .....	198
Figura 68 Máquina de soldar Multiproceso .....	201
Figura 69 Ventajas del corte con plasma .....	209
Figura 70 Maquina de corte CNC por plasma y oxicorte pórtico .....	211
Figura 71 Hypertherm plasma powermax 1650.....	211
Figura 72 Compresor de aire 7.5 HP .....	213
Figura 73 Velocidad de Oxicorte VS Velocidad CNC Plasma del Acero al Carbono.....	215
Figura 74 Vista de la ventana del Programa Corte 7.....	224
Figura 75 Medidas de piezas a utilizar en la placa de 6mm.....	224
Figura 76 Medidas del material.....	225
Figura 77 Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 1 .....	225
Figura 78 Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 2 .....	226
Figura 79 Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 3 .....	226
Figura 80 Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 4 .....	227
Figura 81 Propuesta optima de distribución para placa de 9mm patrón 1 .....	229
Figura 82 Propuesta optima de distribución para placa de 9mm patrón 2 .....	229
Figura 83 Equipo de pintar airless profesional.....	232
Figura 84 Layout de la planta 2 propuesto .....	238
Figura 85 Franja de seguridad – indica zona de peligro .....	240
Figura 86 Franja de seguridad – indica delimitación, pasillos.....	240
Figura 87 Mapa de riesgos y marcaje de piso .....	242
Figura 88 Medidas del rotulo en 6 áreas .....	243
Figura 89 Medidas del rotulo en 1 área.....	243
Figura 90 Rotulación para 6 áreas.....	244
Figura 91 Rotulación para 1 área .....	244

Figura 92 Diagrama de recorrido propuesto .....	261
Figura 93 Formato Propuesto para el requerimiento de materiales .....	275
Figura 94 Lista desglosable del Estado del Material.....	276
Figura 95 Lista desglosable de la Unidad de Medida .....	277
Figura 96 Equipo de medición ELCOMETER 224 .....	283
Figura 97 Equipo de medición ELCOMETER 456 .....	283
Figura 98 Icono Corte 7 Pro.....	291
Figura 99 Diagrama de dispersión que representa una relación lineal.....	312
Figura 100 Diagrama de dispersión que representa una relación lineal.....	314



## INDICE DE ANEXOS

Anexo N°1 Ficha técnica de Macropoxy 851 .....	322
Anexo N°2 Ficha técnica de Sumatane HS .....	323
Anexo N°3 Tarifario de transporte.....	324
Anexo N°4 Análisis de los 5 Porque.....	326
Anexo N°5 Ficha técnica de la Maquina de soldar Multiprocesos .....	330
Anexo N°6 Ficha técnica del Equipo de pintura con sistema airless .....	331
Anexo N°7 Contenido del Programa de Capacitación .....	332
Anexo N°8 Necesidades de Capacitación .....	333
Anexo N°9 Categorías de preparación de superficie definidas por la SSPC .....	334
Anexo N°10 Costo Maquina de Soldar FCAW .....	335
Anexo N°11 Costo transporte Maquina de Soldar Multiproceso Lima - Arequipa.....	336
Anexo N°12 Costo máquina de corte CNC con plasma Hypertherm powermax 1650 .....	337
Anexo N°13 Costos de importación marítima FOB de China a Perú .....	342
Anexo N°14 Costo de compresora de aire 7.5HP .....	343
Anexo N°15 Ficha Técnica Hypertherm plasma powermax1650.....	344
Anexo N°16 Costo Software Corte 7 Pro.....	345
Anexo N°17 Capacitación Software Corte 7 Pro .....	346
Anexo N°18 Costo del equipo de pintado airless.....	347
Anexo N°19 Costo del transporte del equipo airless Lima – Arequipa .....	348
Anexo N°20 Costos materiales para señalizacion y Epp's .....	349
Anexo N°21 Costo de actualizacion de extintores .....	352
Anexo N°22 Costos de la señales de seguridad. ....	353
Anexo N°23 Costos capacitacion Trimble Connect.....	354
Anexo N°24 Costos de la capacitacion de manejo de extintores y primeros auxilios. ....	355
Anexo N°25 Costo de la capacitacion de Excel Intermedio .....	356
Anexo N°26 Costos de capacitacion en Metrología.....	357

## INTRODUCCION

En los últimos años, la industria de metalmecánica ha crecido favorablemente, a causa de la reanudación de proyectos mineros importantes en todo el país; a pesar de la coyuntura generada por la COVID 19, este sector se ha mantenido a lo largo del año 2022, a la actualidad obteniéndose un crecimiento del 1.7% del PBI de la economía peruana estimulado por la gran demanda de la inversión privada y pública, siendo impulso para aumentar la capacidad de desarrollo de la tecnología tanto de procesos como en maquinaria de las empresas enfocadas en el sector; es por ello que es necesaria la investigación, estudio y análisis de los proyectos mineros con el propósito de hacer uso de tecnologías para la automatización de procesos y máquinas, mejora continua de procesos, así como reducción de costos y tiempos.

Toda empresa siempre busca la manera de mejorar diseños y procesos con la finalidad de reducir costos y así tener mayor porcentaje de utilidad en proyectos, es por ello que esta investigación, está centrada en una empresa del rubro de metalmecánica de la ciudad de Arequipa, donde es importante resaltar que para la optimización de procesos se debe realizar un análisis; buscando la mejora en sus procesos de fabricación; tomando como estudio base la fabricación de un tanque de almacenamiento vertical empernado; por lo tanto es muy importante minimizar el alto consumo de materiales, excesivo costo de la mano de obra y largos tiempos del proceso.

También se debe dar la implementación y renovación de equipos ya que algunos son muy antiguos o no son los más eficientes para el tipo de operación que se realiza, falta de procedimientos estandarizados para las operaciones involucradas en la fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado que a la larga generan retraso y confusión; también es importante realizar la mejora del proceso de soldadura; garantizar la seguridad de la mano de

obra directa, de esta forma brindando satisfacción al cliente y cumpliendo los plazos estipulados.

Considerando adicionalmente la falta de capacitación del personal de producción, además de la incorrecta distribución de planta que se explicara más adelante, resaltando la posibilidad de accidentes o incidentes por el desorden actual en las plantas 1 y 2, lo cual debe ser enfocado con medida.

Por lo tanto, la finalidad de esta investigación es proponer realizar la optimización de procesos mediante la utilización de herramientas de mejora continua, por ello se describirá la situación actual de la empresa, se utilizarán diversas herramientas como estandarización de los procesos, Poka Yoke, optimización de procesos, entre otros. La estructura del trabajo de investigación se resume en la descripción de los siguientes capítulos:

En el Capítulo I se explicará en planteamiento teórico, los cuales involucran los antecedentes, descripción, formulación, sistematización y justificación del problema. Así como los objetivos de la investigación, variables que nos ayudaran a cuantificar los resultados obtenidos.

En el Capítulo II se mostrará los antecedentes de la investigación de acuerdo al rubro y fundamentos esenciales para la investigación.

En el Capítulo III se explica a detalle la situación actual de la empresa, tanto los aspectos internos de su funcionamiento, así como la descripción de los procedimientos y procesos involucrados en la fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado mediante la utilización de técnicas y herramientas de diagnóstico.

En el Capítulo IV se planteará la propuesta de mejoras que nos permitirá brindar soluciones para los problemas encontrados a lo largo del proceso de estudio.

En el Capítulo V se realizará el análisis de las propuestas elaboradas considerando los costos involucrados en cada uno de ellos.

## CAPITULO I

### 1. PLANTEAMIENTO TEORICO

#### 1.1. Antecedentes del problema

La empresa en la cual se va a situar la investigación durante años ha tratado de mejorar sus procesos considerando que esto se logra a través del tiempo, sin embargo, esto no se ve reflejado. La comunicación entre las áreas es deficiente y el tiempo de respuesta es largo al momento de iniciar las operaciones.

Ahora en la actualidad, se obtuvieron más problemas debido a la coyuntura, es por ello que se desea implementar mejoras y estrategias para la optimización de procesos, de esta manera lograr la minimización de costos.

#### 1.2. Descripción del problema

Actualmente se observa que el proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical es deficiente, debido a que los tiempos de fabricación son extensos, por varias causas como la ausencia de trabajadores lesionados, accidentes ocupacionales, o también por el hecho de tener maquinas paradas sin previo aviso, falta de mantenimiento preventivo; adicionalmente las inspecciones de calidad del proceso de granallado y pintado no están siendo registrada debidamente generando malos entendidos con el cliente, por otra parte no existe buena comunicación entre las áreas provocando que el tiempo de respuesta sea tardío.

En el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical también se observa que las herramientas, equipos o maquinas no son los adecuadas, algunos son muy antiguos y otros no son los más óptimos para el tipo de operación que se va a realizar; generando desperdicio de tiempo; y altos costos de la mano de obra debido a que para poder operar estas máquinas se necesitan de 2 hasta 4 personas para su operación;

además está también la confusión en el proceso de entrega del material para las distintas áreas.

Además de lo descrito en el párrafo anterior, estas máquinas en su gran mayoría de veces son utilizadas en medio del pasillo por el espacio reducido en las áreas, una vez que termina la operación los materiales cortados son colocados también en el pasillo obstruyendo la zona y limitando las áreas seguras de libre tránsito, generando riesgos de golpes o caída, tanto que el personal debe dar saltos para poder avanzar.

La utilización de soldadura manual con electrodo revestido tiende a ser menos productivo debido a la necesidad de cambiar los electrodos constantemente, producto de esto, su velocidad de deposición es relativamente baja.

Otro problema visualizado es la falta de capacitación del personal, los formatos son llenados erróneamente, por ello se ve la necesidad de realizar una propuesta de mejora para la optimización de procesos.

Dicho todo esto, nos lleva a identificar las causas de todos estos problemas específicos, con el propósito de optimizar los procesos.

### **1.3. Formulación del problema**

- ¿Es posible realizar una propuesta de mejora en la fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado para optimizar el proceso productivo en una empresa metalmecánica?

### **1.4. Sistematización del problema**

- ¿Es posible analizar el proceso actual de fabricación de tanque de almacenamiento vertical empernado?

- ¿Cuáles son los principales problemas y sus causas que se presentan en el proceso de fabricación del objeto de estudio?
- ¿De qué manera se planteará la propuesta de mejora para la optimización de procesos?
- ¿Cuál será la relación costo beneficio de la propuesta?

## **1.5. Justificación de la investigación**

### **1.5.1. Justificación teórica**

En la presente investigación, se analizará a profundidad el proceso de fabricación de los tanques de almacenamiento vertical según el desarrollo de estándares de las normas internacionales que lo rigen, a su vez utilizando los conceptos de las herramientas de manufactura esbelta con el objeto de proponer mejoras aplicando los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera de ingeniería industrial; por tal motivo mediante la propuesta se buscará optimizar los procesos y estandarizar operaciones que logran una importante reducción de los costos y tiempos, con su mejoría respectiva.

### **1.5.2. Justificación metodológica**

Para obtener los objetivos propuestos, se debe realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa, haciendo énfasis en los proyectos de fabricación de tanques de almacenamiento vertical; dichos tanques son objeto de estudio, para realizar un seguimiento a su proceso de fabricación, analizando cada operación mediante un estudio de métodos y tiempos en la cual se elaborará una propuesta de mejora de mejora para optimizar los procesos utilizando diversas herramientas de mejora.

### 1.5.3. Justificación practica

La siguiente investigación se realiza porque se desea mejorar el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado con el uso de herramientas de mejora continua para la optimización del proceso y estandarización de operaciones permitiendo así cumplir con los requerimientos del cliente y elevando la productividad de la empresa.

### 1.6. Limitaciones de la investigación

Para la presente investigación se identificaron las siguientes limitaciones:

- La empresa a evaluar es una empresa dedicada a la fabricación y montaje de estructuras metálicas en adelante denominada como “La empresa”, debido a que se mostrara información confidencial y sensible para la empresa.
- El desarrollo de la tesis se dará solo en Arequipa ciudad.

### 1.7. Objetivos de la investigación

#### 1.7.1. General

Elaborar la propuesta de mejora en la fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado para optimizar el proceso productivo en una empresa metalmecánica.

#### 1.7.2. Específicos

- Analizar el proceso actual de fabricación de los tanques de almacenamiento empernado.
- Desarrollar las principales causas de los problemas para optimizar el proceso de fabricación.
- Plantear la propuesta de mejora para la optimización de procesos
- Elaborar y analizar el costo beneficio de la propuesta.

### **1.8. Alcance**

Este estudio será aplicado a las áreas involucradas en el proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado.

### **1.9. Hipótesis**

Tomando en cuenta que se realizara la propuesta de mejora, se lograra optimizar los procesos de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado.



## 1.10. Variables

**Tabla 1**

*Variables e Indicadores de la Investigación*

VARIABLE	CLASE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES
<b>PROPUESTA DE MEJORA</b>	Independiente	Propuesta de Mejora utilizando las herramientas lean para la mejora de procesos	Reducción de tiempos de proceso, y estudio de tiempos. Estandarización de formatos de los procesos. Desarrollo del plan de capacitación. Poke Yoke.	Tiempo total del proceso Procesos estandarizados RRHH Distribución de corte de piezas
<b>OPTIMIZACION PROCESO</b>	Dependiente	Análisis de los procesos para reducir errores, tiempos o recursos, minimizando costos.	Tiempos de operación de máquina, mano de obra. Recopilación información, cotizaciones, hoja de datos.	Costos de operación Tiempo de operación Índice de accidentabilidad Relación Beneficio Costo

## **1.11. Marco metodológico**

### **1.11.1. Nivel de Investigación**

El presente trabajo tendrá un nivel de investigación descriptiva, puesto que se analizará la situación actual de la empresa en la fabricación de este tipo de tanques de almacenamiento en la cual a partir de este análisis se realizará la propuesta de mejora para la optimización de sus procesos.

Explicativa porque se enfocará en explicar porque ocurre un conjunto de fenómenos, explicándonos la razón y el porque de las cosas de forma compleja, en este caso, explicando el porque de los tiempos extensos de producción y otros.

### **1.11.2. Diseño de Investigación**

La presente investigación es considerada como investigación no experimental ya que se recolectará datos directamente en el lugar donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables.

### **1.11.3. Población muestra**

La presente investigación se desarrollará enfocada al proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado desarrollados por el área de Ingeniería y Diseño; y fabricados por el Área de Producción en una empresa de metalmecánica de la ciudad de Arequipa.

### **1.11.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos**

Para el desarrollo de esta investigación es necesario utilizar diversas técnicas para poder recopilar la mayor cantidad de datos posible, como: observación directa (toma de tiempos), entrevistas o encuestas elaboradas a operarios y encargados de las áreas involucradas, análisis de registros y documentos existentes, los cuales servirán para reforzar la información que se posee de primera mano.

Para el siguiente trabajo se empleará como instrumentos los registros de datos del Área de Diseño e Ingeniería y del Área de Producción, información del personal, así como también manuales de la empresa, diagrama de análisis del proceso, mapeos de procesos, layout, diagrama de Ishikawa, entre otros; que represente de forma más clara el diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Además de realizar cotizaciones, uso de internet, y libros referentes al tema que se está investigando, entre otros. Adicional a ello, la data obtenida será diaria, realizando mediciones de tiempos.

#### **1.11.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de datos**

El procesamiento y análisis de datos de la investigación se dará en relación a los procesos de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado, toda la información obtenida desde el campo permitirá su desarrollo, la cual esta será sintetizada mediante varias herramientas y metodologías para realizar la optimización del proceso.

La utilización del programa Ms Excel será esencial para el análisis de datos, mediante el uso de tablas y el cálculo de los valores reales se obtendrán gráficos y representaciones para el diseño de la propuesta de mejora.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

A continuación, se mostrará algunos antecedentes similares al de esta investigación, de acuerdo a su propósito, rubro o metodología a desarrollar:

- LEAN MANUFACTURING ¿UNA HERRAMIENTA DE MEJORA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN?

Según Vargas-Hernández, Muratalla-Bautista, & Jimenez-Castillo (2016), en este artículo se analiza el impacto de la implementación de las herramientas del Lean Manufacturing en la mejora continua y optimización de un sistema de producción, utilizando métodos como la recolección de datos y el análisis documental.

- PROPUESTA DE ESTUDIO PARA MEJORAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LA SECCION METAL MECANICA, FABRICA INDUGLOB

En la Universidad Politécnica Salesiana, se realizó un estudio para mejorar el flujo de la cadena de producción, regulando niveles de inventario, La problemática inicia por el aumento de inventario ocasionando desordenes en el área, por la cual, el fin es producir lo necesario y de esta manera reducir el capital de trabajo, brindando beneficios y productividad a la empresa. (Jara, 2012)

- DISEÑO DE TANQUES DE ACERO SOLDADO APOYADOS SOBRE EL SUELO PARA ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

En la Universidad Ricardo Palma, mediante esta investigación, se elaboró el diseño de tanques de acero soldado apoyados sobre el suelo, siguiendo los estándares internacionales de la norma API 650, donde hace detalle de su procedimiento de fabricación, utilización de tipos de soldaduras, elaboración de

diseño mecánico óptimo de un tanque de almacenamiento vertical de hidrocarburos. (Aranda, 2011)

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Definición de Tanques de Almacenamiento vertical**

Los tanques de almacenamiento son estructuras que se usan para la preservación de fluidos a presión ambiente. Generalmente, los tanques de almacenamiento son cilíndricos, aunque pueden presentar otras formas. Respecto al material del que están hechos, este va a depender del fluido que requieran contener. Los usos más comunes de los tanques de almacenamiento son para aceites pesados o semipesados, crudo sin procesar, diésel, cloruro férrico, entre otros. (Ingeniería y Construcción, 2020)

Su principal función es guardar y preservar líquidos como agua, aceite, combustibles, etc., o gases a presión por un tiempo determinado, puesto que no dañan ni contaminan al contenido. Estos tanques pueden fabricarse de distintas formas como cilíndrica, esféricas o rectangulares, de acuerdo a lo que vayan a almacenar. (Grupo Acura, 2021)

### **2.2.2. Importancia de los tanques de almacenamiento vertical**

Según Oiltanking (2017), desde el descubrimiento del petróleo mediante perforación en Titusville, Pennsylvania en 1859, los sistemas de almacenamiento en tanques han experimentado una considerable evolución.

Inicialmente el crudo extraído era almacenado en depósitos tipo piscina, en el cual se presentaron varios problemas como la evaporación del producto, contaminación del crudo por agua o elementos sólidos de la atmosfera o ambiente, y en algunos casos peligro de incendios por el inadecuado control. (Jibaja, 2006)

Después de ello, los barriles de madera sirvieron como depósitos de almacenamiento, sin embargo, no daba hermeticidad total al tanque y se presentaron fugas en las uniones de las placas de madera, por lo tanto, inicio la búsqueda de una solución más confiable, de largo plazo y mayor capacidad. Durante las últimas dos décadas de los 1800s, los barriles de madera fueron reemplazados por tanques remachados, que pasaron a ser el estándar para el almacenamiento de petróleo y líquidos. La mayor parte de los tanques eran pequeños, a juzgar por los estándares de hoy, con un volumen que no llegaba a alcanzar los 1,200 galones (4,164 litros). (Oiltanking, 2017)

Durante los 1920s y 1930s, se construyeron tanques de mayor calidad, reemplazando el proceso de remachado por el de soldadura de arco, utilizando acero galvanizado. Solo con la emergencia de nuevos productos, se modificó el diseño cilíndrico básico que había permanecido invariable durante décadas. (Oiltanking, 2017)

Es aquí, donde con el pasar de los años, el diseño va mejorando de acuerdo a la finalidad de su uso, teniendo como enfoque diseñar tanques resistentes a la corrosión, duraderos, desarmables, este último como tanque empernado, ahorrando tiempos, materiales, manos de obra, y a su vez considerando las solicitudes y requerimientos del cliente.

### **2.2.3. Ventajas del tanque de almacenamiento vertical empernados o atornillados**

Los tanques empernados poseen flexibilidad en el desarmado para su póstuma reubicación, es decir, puede desarmarse y ser trasladados a otros campos según requiera la empresa, de esta manera su vida útil se amplía, ofreciendo un buen valor de salvamento o residual por su capacidad de ser reubicados. Además, su transporte es fácil y económico.

En cuanto a su proceso de fabricación, es rápido y sencillo, así como su instalación a un costo bajo de montaje produciendo impacto mínimo en el lugar de levantado.

También es amigable con el medio ambiente, esto es debido a que su proceso de fabricación involucra en lo más mínimo el uso de soldadura, a comparación de los tanques soldados (Tuberia Moreno, 2015).

Según Yuridia (2010), posee soluciones menos costosas durante el tiempo de vida útil del producto puesto que no requieren un mantenimiento continuo, y tampoco se invierte en químicos especiales para conservarlos en buen estado.

Posee gran capacidad de almacenamiento hasta un máximo de 3 000 000 litros, de esta manera a las empresas le es beneficioso ya que puede elegir el tamaño que desees de acuerdo a sus necesidades. Y además pueden ser usados para gran variedad de aplicaciones como almacenamiento de petróleo en crudo, agua residual y agua para protección contra incendios. (Superior Tank Company INC., 2017)

No se necesita equipo personal certificado o especializado para su fabricación, además de queda eliminado la necesidad del pintado y lijado de los tanques en el campo, todo se hace en el área de producción.

Superior Tank Company INC (2017), nos dice que el riesgo de incendio es reducido dramáticamente con un tanque atornillado de acero, ya que no se requiere soldadura, pulido u otro trabajo que involucre calor.

#### **2.2.4. Normas de los tanques de almacenamiento**

##### **2.2.4.1. Norma API 650**

Según American Petroleum Institute (2020), la norma API 650 es la que fija la construcción de tanques soldados en sitio para el almacenamiento de petróleo y derivados; explica los requerimientos de materiales, fabricación, montaje y pruebas, y diseño para construirlos con la seguridad adecuada.

#### 2.2.4.2. Norma AWWA D103

Según Association American Water Works (1998), la finalidad de esta norma es la de facilitar la fabricación, instalación de tanques de acero cilíndricos atornillados para el almacenamiento de agua; estos tanques pueden o no tener techo, dependiendo del tipo de agua que se utilice.

### 2.2.5. Tipos de Tanques de almacenamiento de acuerdo a su fabricación

#### 2.2.5.1. Tanques empernados

Son diseñados y acondicionados como elementos segmentados los cuales son montados en localidades para poder proporcionar un alineamiento vertical, encima del terreno, cierre y apertura de la parte superior de los tanques. Los tanques empernados API estandarizados están disponibles en capacidad nominal de 100 a 10000 bls, diseñados a presión atmosférica. (De la Cadena & Larrea, 2012)

Estos tanques ofrecen la ventaja de ser fácilmente transportados en cualquier localidad y levantados manualmente. Son utilizados para almacenamiento de agua potable o agua contra incendios (De la Cadena & Larrea, 2012).

### **Figura 1**

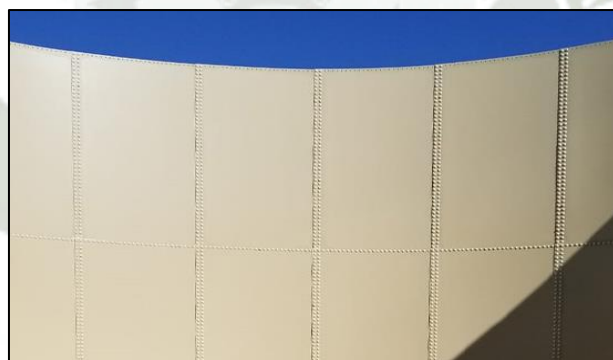
*Tanque empernado o atornillado*



*Nota.* La figura muestra la parte externa de un tanque empernado de gran dimensión. Tomado de Superior Tank Company INC., 2017.

### **Figura 2**

*Vista interna de un Tanque empernado o atornillado*



*Nota.* La Figura muestra la parte interna del casco del tanque empernado. Tomado de Superior Tank Company INC., 2017.

#### 2.2.5.2. Tanques soldados

Superior Tank Company INC (2017), indica que los tanques soldados son fabricados con acero al carbón de alto espesor, las planchas o también llamados paneles, son unidas por soldadores certificados y altamente calificados; estas uniones son permanentes en el tiempo.

**Figura 3***Tanque soldado*

*Nota.* La figura nos muestra el clásico modelo de tanque vertical soldado. Tomado de Superior Tank Company INC., 2017.

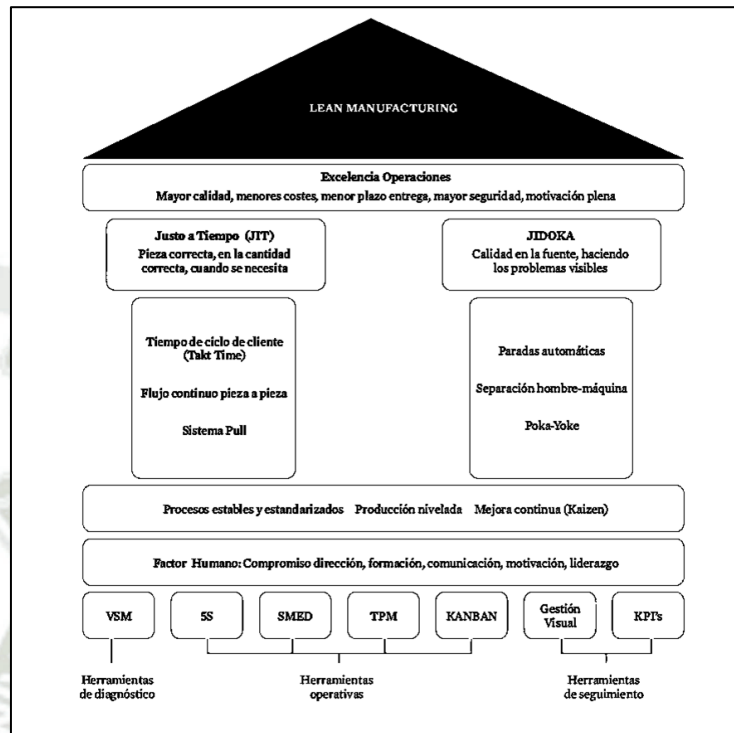
**2.2.6. Lean Manufacturing**

Se define como una manera sencilla de mejorar las operaciones o actividades de cualquier línea de producción donde tienen como prioridad generar valor agregado o incremento en la producción, mediante la minimización del esfuerzo (humano, equipos, tiempos, espacio, etc.) de esta manera se lleva a la perfección todo el sistema. (Ibarra & Ballesteros, 2017)

De acuerdo con Hernandez & Vizán (2013), de manera tradicional, tenemos la conocida “casa del Sistema de Producción Toyota” para poder visualizar la filosofía del Lean y las técnicas disponibles.

**Figura 4**

*Adaptación actualizada de la Casa Toyota*



*Nota.* La figura nos muestra las herramientas necesarias para lograr el Lean Manufacturing. Obtenida de Hernandez & Vizán, 2013.

Según Ibarra & Ballesteros (2017), mediante la aplicación de esta metodología se obtiene la eliminación de todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio o proceso, reducción de desperdicios y mejorando las actividades los cuales serán medible y cuantificables.

### 2.2.7. Beneficios del Lean Manufacturing

Ibarra & Ballesteros (2017) afirma que implementando esta metodología brinda beneficios como:

- Crecimiento de la productividad: debido al incremento de la eficiencia.
- Reducción de desperdicios: optimizando los sistemas de producción obtenemos un menor número de desperfectos.

- Plazos cortos de fabricación, obteniéndose así una rápida disponibilidad del producto en el mercado.
- Mejora del servicio al cliente: al optimizar los procesos, los tiempos de entrega disminuyen, evitando retrasos y aumentando la satisfacción del cliente.

Ibarra & Ballesteros (2017) también nos dice que existen tres términos que ayudan a identificar los desperdicios que deben ser eliminados, los cuales se nombra a continuación: Muda, Mura y Muri.

### 2.2.8. Las 7 mudas

Como meta del Lean Manufacturing el cual es conocer, detectar y eliminar todos los desperdicios, es conveniente explicar cuáles son las actividades que agregan valor, ya que estas hacen la diferencia al grado en que el cliente esté dispuesto a pagar el precio dado. Sin embargo, existen siete tipos de desperdicios que afectan negativamente la productividad de la empresa, es por ello que deben ser erradicado o minimizados todos los días. (Socconini, 2008)

Toyota clasifica estos desperdicios en siete grandes grupos:

- Muda de sobreproducción: significa producir más de lo que se necesita o fabricar productos antes de que sea requerido, esto se genera comúnmente porque la producción se adelanta justificando “por si acaso” (Just In Case), ineficiente comunicación entre departamentos, cambios o reajustes muy lentos, incapacidad en la toma de decisiones, programación errónea, entre otros, ocasionando que el inventario acumulado, mayor carga laboral injustificada, espacio mal invertido, lotes de fabricación de tamaño excesivo. (Socconini, 2008)

- Muda de sobre inventario: es cualquier material, producto en proceso o PT que excede a lo que se necesita, ocupando grandes espacios en el almacén y ocasionando baja rotación de inventarios (Socconini, 2008).
- Muda de productos defectuosos: pérdida de los recursos empleados para producir un artículo o servicio defectuoso, ya que se invirtió tiempo máquina, hombre, materiales los cuales no sirvieron para agregar valor al cliente (Socconini, 2008).
- Muda de transportes de materiales y herramientas: consiste en aquellos traslados innecesarios dentro del sistema de producción, produciendo un exceso de equipo para transportar materiales, exceso de bandas transportadoras, exceso de racks o estantes incluyendo un inadecuado diseño y aprovechamiento de las instalaciones o utilización del personal mal aprovechado. (Socconini, 2008)
- Muda de procesos innecesarios: procesos que no agregan valor al cliente, esto es debido a la mala comprensión de los procesos, tecnología nueva mal utilizada o toma de decisiones a niveles inadecuados (Socconini, 2008).
- Muda de espera: tiempo que se pierde cuando un operador espera a que su máquina termine su trabajo, cuando las maquinas se detienen para hacer algún ajuste o ambos están a la espera de materiales, herramientas o instrucciones (Socconini, 2008).
- Muda de movimientos innecesarios del trabajador: nos indica que el traslado de personas de un lugar a otro no genera valor, como por ejemplo búsqueda de herramientas, materiales o información, estos movimientos reducen la productividad de los procesos (Socconini, 2008).

### 2.2.9. Diagrama de Causa-Efecto

El diagrama de causa y efecto nos ayuda a la generación de ideas sobre las probables causas de los problemas, y a consecuencia de esto, poder encontrar nuevas soluciones. Este diagrama es representado por una espina de pescado donde en sus ramificaciones encontramos las causas más probables de un problema sirviendo con base para identificar soluciones. (Evans & Lindsay, 2015)

### 2.2.10. Poka Yoke

Los dispositivos poka yoke son métodos que evitan los errores humanos en los procesos antes de que se conviertan en efecto, permitiendo que los operarios se concentren en sus actividades. De esta manera este sistema, se asegura la calidad en los puestos de trabajo, reduciendo la posibilidad de cometer errores, evitando accidentes y desarrollando a su vez la creatividad del operario, ya que son sencillos y baratos de implementar. (Socconini, 2008)

Según Socconini (2008), los elementos de este sistema poseen categorías como:

- I. Poka Yoke de advertencia: El operario es alertado antes de que ocurra un error.
- II. Poka Yoke de prevención: Se busca que no haya errores, utilizando mecanismos para que no se dé por concretado el error.

Según Socconini (2008), los mecanismos poka yoke poseen una clasificación respectiva para poder aplicarlos:

- I. Poka Yoke físicos: Sirve para identificar errores físicos a simple vista
- II. Poka Yoke secuenciales: Busca seguir un orden predeterminado secuencial, ya que la alteración de este orden genera errores.

- III. Poka Yoke de agrupamiento: Se utilizan kits de materiales de tal manera que se tenga todo listo y agrupado antes de comenzar la operación.
- IV. Poka Yoke de información: Retroalimentan a la persona con información específica y completa para evitar errores.

### **2.2.11. Trabajo Estándar**

Cuando se realiza un evento kaizen, se prepara la documentación estandarizada para utilizarse en las distintas etapas del proceso y tenerlo todo documentado y en orden. El primer paso del procedimiento para implementar el trabajo estándar sería el de seleccionar un proceso específico o una operación de proceso, de ahí realizamos las mediciones de tiempo correspondientes mediante formatos, después calculamos la capacidad de operación para finalmente diseñar y dibujar el proceso de acuerdo a la secuencia optimizada, por lo tanto, es aquí donde se deben documentar las instrucciones de la operación. (Socconini, 2008)

### **2.2.12. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos puede reducir y controlar los costos, mejorando las condiciones de trabajo y su entorno, así como motivar a las personas. Este estudio es de mucha utilidad para que los empleados puedan conocer la naturaleza y el verdadero costo del trabajo, y del mismo modo a gerencia les facilita la tarea de reducir costos innecesarios. (Meyers, 2000)

#### **2.2.12.1. Tiempo Standard de tiempo**

Según Meyers (2000), nos dice que es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las tres condiciones siguientes:

- Operador calificado y bien capacitado: la experiencia nos demuestra que un operario está calificado y bien capacitado

- Velocidad o ritmo normal: 100% será un ritmo usual
- Tarea específica: descripción de lo que debe ejecutarse, como método prescrito, especificación del material, herramientas y equipo que se utilizaran, posiciones de entrada y salida del material, entre otros requerimientos.

#### 2.2.12.2.Elementos del estudio de tiempos

- I. Selección del operario: El primer paso para comenzar un estudio de tiempos consiste en seleccionar el operario con la ayuda del supervisor de línea o supervisor del departamento. En otras palabras, un operario que posea un desempeño promedio o ligeramente más arriba, que esté capacitado mostrando interés en realizar su tarea correctamente. El analista debe acercarse al operario de manera amigable y demostrar que entiende la operación que va a estudiar. (Niegel & Freivalds, 2009)
- II. Registro de Información significativa: El analista debe registrar las máquinas, herramientas manuales, soportes, condiciones de trabajo, materiales, operaciones, nombre y número del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del observador. Las condiciones de trabajo durante el estudio deben ser normales para que no afecte el desempeño del operario y el resultado del estudio. (Niegel & Freivalds, 2009)
- III. Posición del observador: El observador debe estar de pie, no sentado, unos cuantos pies atrás del operario, de manera que no lo distraiga o interfiera con su trabajo, evitando cualquier tipo de conversación con el operario (Niegel & Freivalds, 2009).

- IV. División de la operación en elementos: Para facilitar su medición, la operación debe dividirse en grupos de movimientos conocidos como elementos. El analista debe determinar los elementos de la operación antes del inicio del estudio (Niebel & Freivalds, 2009).

#### 2.2.12.3. Inicio del estudio

Según Niebel & Freivalds (2009), al inicio del estudio se registra la hora del día al mismo tiempo que inicia el cronometro, utilizando una de los dos métodos que detallaremos a continuación:

- I. Tiempos Continuos: permite que el cronometro trabaje de manera continua, donde el analista es quien lee el reloj en el punto de quiebre de cada elemento y se deja que el tiempo siga corriendo.
- II. Regreso a cero: después de leer el punto de quiebre en cada elemento, el reloj regresa a cero, y el tiempo del siguiente elemento parte de cero. Una desventaja de este método era el tiempo perdido que se tomaba el analista reprogramando el cronometro manualmente para regresar a cero.

#### 2.2.12.4. Ejecución del estudio

- I. Calificación del desempeño del operario: el analista debe dar una calificación justa e imparcial al desempeño en el estudio. En este sistema, el observador evalúa la efectividad del operario, este valor de calificación se expresa en decimal o porcentaje. El operario calificado se define como operario experimentado que trabaja un paso ni muy rápido ni muy lento, es decir, trabaja a un paso uniforme durante el resto del día. (Niebel & Freivalds, 2009)

$$TN = TO \times C/100$$

TO = Tiempo medio observado

TN= Tiempo normal

II. Según Niebel & Freivalds (2009), en la adición de suplementos y holguras, ningún operario puede mantener un paso estándar durante todo el día laboral, por lo general el suplemento y holgura se da como una fracción del tiempo normal y se usa como un multiplicador a 1+ holgura.

Pueden ocurrir tres clases de interrupciones por las que debe asignarse tiempo extra, se pueden observar en el siguiente recuadro:

**Tabla 2**

*Clases de Interrupciones*

<b>Interrupciones personales</b>	Viajes al baño, o tomar agua
<b>Fatiga</b>	Que afecta hasta a los individuos más fuertes
<b>Retrasos inevitables</b>	Herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, variaciones del material

*Nota.* Adaptado de Niebel & Freivalds, 2009.

Estos tipos de interrupciones formaran parte del tiempo estándar como holgura.

#### 2.2.12.5. Suplementos

Si bien conocemos, el estudio o medición de tiempos es un conjunto de técnicas que determinan el tiempo en que una persona cualificada necesita para desarrollar su tarea, sin embargo, cuando se determina el tiempo estándar, se debe agregar la aplicación de suplementos o también llamados

márgenes adicionales de tiempo, esto refleja el tiempo necesario para recuperarse de un trabajo prolongado. Estos suplementos suelen expresarse en porcentajes de tiempo adicional. (Estelles-Miguel, Palmer-Gato, Albarracín-Guillem, & Andrés-Romano, 2012)

Para aplicar los suplementos correctamente, existen algunas tablas que nos brinda una puntuación con respecto al tipo de suplemento, una de ellas y más utilizadas es la tabla de postura para determinar si el trabajador debería tener un suplemento adicional de acuerdo a la posición en la que se encuentre realizando su trabajo, los puntos a evaluar se pueden observar en la Figura a continuación:

**Figura 5**  
*Suplementos Factor Postura*

	Puntos
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente	2
A veces sentado y a veces de pie	2
De pie o andando sin carga	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano	8
Debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16
Movimientos o posturas continuos y excesivamente forzados	16

*Nota.* Los suplementos son importantes para agregarle un puntaje adicional al tiempo estándar en el estudio de tiempos. Obtenido de Estelles-Miguel, Palmer-Gato, Albarracín-Guillem, & Andrés-Romano, 2012.

### 2.2.13. Presupuestos y Costos

Según Horngren, Datar, & Madhav (2012), un presupuesto es a) la expresión cuantitativa de un plan de acción propuesto por la administración para un periodo determinado y b) una ayuda para coordinar aquello que deberá hacerse para implementar dicho plan. Un costo (como los materiales directos o la publicidad) por lo general se mide como la cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes o servicios.

Según Hansen, Mowen & Maryanne (2007), los costos de producción pueden clasificarse en:

- Materiales directos: aquellos que se puede rastrear, el costo de estos materiales se puede cargar de forma directa a los productos porque mediante la observación directa se puede medir la cantidad consumida.
- Mano de obra directa: es el trabajo que se les asigna a los artículos y servicios que se están produciendo, se puede utilizar la observación física para medir la cantidad de mano de obra empleada para elaborar un producto o servicio
- Costos Indirectos: la categoría de los costos indirectos contiene una amplia variedad de conceptos. Se necesitan muchos insumos además de la mano de obra directa y de los materiales directos para elaborar los productos. Algunos ejemplos incluyen la depreciación de los edificios y del equipo, el mantenimiento, los suministros, la supervisión, la energía, y la seguridad de la planta.

### 2.2.14. Productividad

La productividad concierne a la capacidad para elaborar la producción de manera eficiente, puesto que trata en específico de la relación entre la producción final y los insumos que se utilizan para obtenerla. Por lo general se utilizan diferentes

combinaciones o mezclas de insumos para elaborar un nivel de producción determinado. (Hansen, Mowen & Maryanne, 2007)

### **2.2.15. Seguridad y Salud en el Trabajo**

La SST, es una disciplina que trata sobre la prevención de accidentes y enfermedades dadas en el ámbito laboral, y a su vez, de su protección sobre como mitigarlos. Su objetivo es crear las condiciones aceptables para que el trabajador pueda desenvolverse eficientemente sin riesgos, evitando daños que puedan afectar su salud e integridad, obteniendo así un aumento de la calidad de vida del trabajador, familia y estabilidad social. (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, 2015)

Una de las normas nacionales vinculadas es la Ley N°29783, la cual nos dice que el empleador debe garantizar los medios y condiciones que protejan la vida y la salud de los trabajadores en el ámbito laboral (Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo, 2015).

## CAPITULO III

### 3. DIAGNOSTICO SITUACIONAL

#### 3.1. La empresa

##### 3.1.1. Rubro

Empresa peruana que se encuentra en el rubro de metalmecánica.

##### 3.1.2. Descripción de la empresa

La empresa del caso estudio está ubicada en la ciudad de Arequipa, con más de 30 años de experiencia, conformada por profesionales idóneos, dedicados al diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, fabricación de piezas de caucho, poliuretano y plástico de pequeño y gran tamaño, y prestación de servicios de mantenimiento para las diferentes unidades mineras del país.

Sus procesos están enfocados en habilitado, tornería, fresado y rectificado de todo tipo de material, así como soldadura y mecanizado de piezas de pequeño y gran tamaño.

Adicional a ello también realiza servicios de revestimiento y fabricación en caucho y poliuretano.

##### 3.1.3. Visión

La organización en estudio busca ser una empresa segura y competitiva, realizando trabajos de calidad, liderando en el mercado ofreciendo mejores productos y servicios para lograr mayor satisfacción a sus clientes, estando en constante actualización en tecnología de punta.

##### 3.1.4. Misión

La organización tiene como misión proveer servicios y trabajos de calidad, asegurando una relación continua y permanente con sus clientes, colaboradores, comunidad y

medio ambiente, de tal forma que se adquiriera mayor rentabilidad garantizando su crecimiento.

### 3.1.5. Políticas

Las Políticas de la empresa están direccionadas en sus objetivos, donde estos principios son aceptados y cumplidos por los integrantes de la organización.

- Política de Calidad

Esta política está basada en incrementar el porcentaje de satisfacción de sus clientes manteniendo la mejora continua. Fortaleciendo la capacidad de la empresa, con un moderno equipamiento para brindar una atención adecuada.

- Política de Seguridad y Salud Ocupacional

Se debe garantizar la seguridad y salud en el trabajo, fomentando una cultura de prevención de riesgos laborales donde su principal y más importante capital es el personal, de esta manera se promueve la participación de todos los integrantes de la organización para cumplir con la responsabilidad y buenas prácticas de seguridad.

- Política Ambiental

La empresa está comprometida a hacer uso eficiente de los recursos, minimizando los residuos y ruidos en relación a sus actividades; cumpliendo las normas legales y capacitando al personal promoviendo la concientización sobre el cuidado del medio ambiente.

### 3.1.6. Organigrama de la Empresa

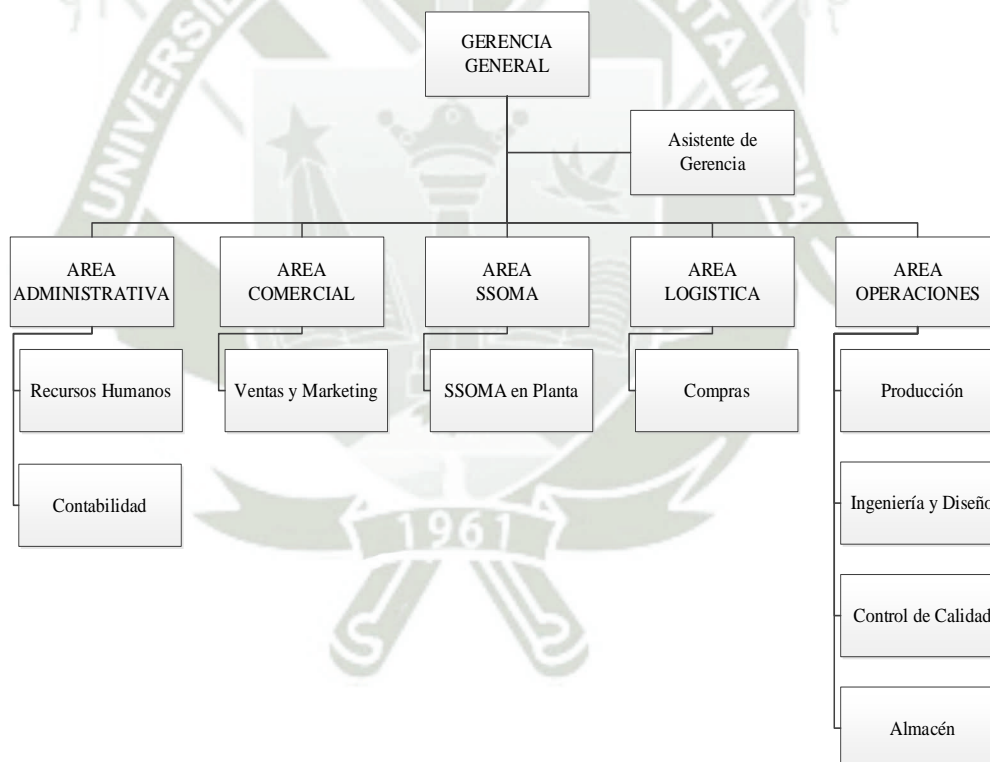
La empresa del caso estudio está conformada por varias áreas agrupadas. La estructura de la organización está compuesta por varios niveles jerárquicos de acuerdo a las áreas

y funciones establecidas, mejorando la comunicación y los procesos, así obteniendo control sobre la empresa.

A continuación, en la Figura 9, se muestra la estructura de la organización de forma general y ordenada, haciendo énfasis en el área de Operaciones, siendo éste el lugar donde se agrupan las áreas involucradas en el objeto de estudio para poder realizar el análisis y la mejora de procesos de la fabricación de los tanques de almacenamiento vertical empernado.

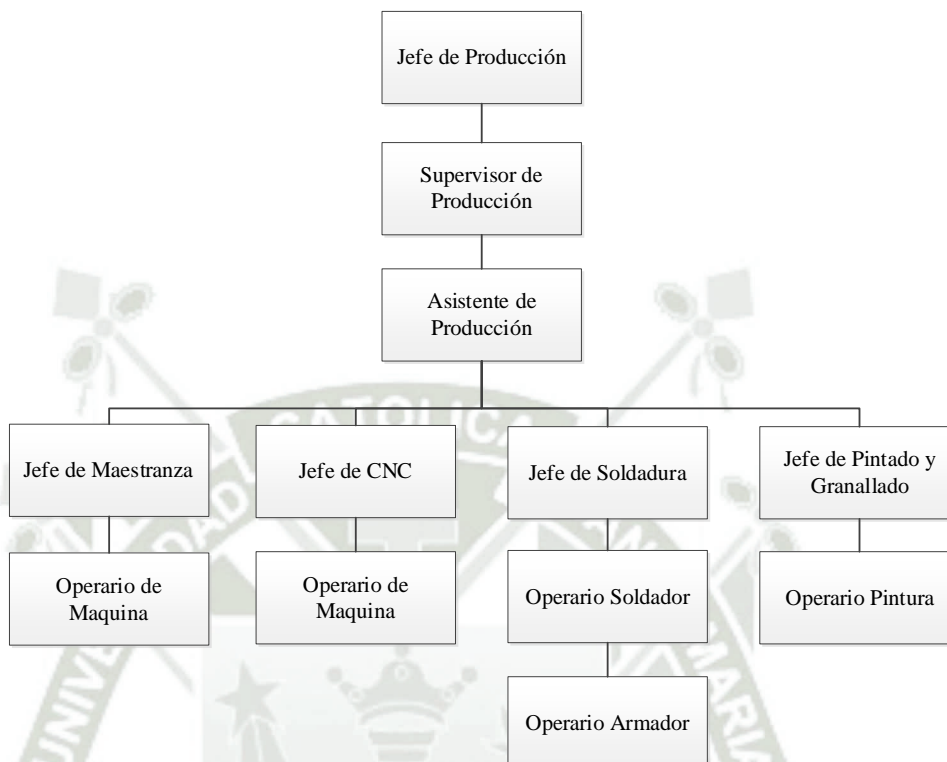
**Figura 6**

*Organigrama de la empresa*



### 3.1.6.1. Organigrama del Área de Producción

El Área de Producción consta de una estructura jerárquica que inicia desde el jefe de Producción, después en la cadena de mando le siguen los 1 Supervisor de Producción donde está a cargo de uno o más proyectos, y sucesivamente apoyado por un Asistente de Producción.

**Figura 7***Organigrama del Área de Producción*

Para entender mejor los procesos de fabricación de los tanques soldados y empernados debemos saber cuán importante es la participación de los profesionales que dirigen estos tipos de proyectos, así como sus funciones con respecto al cargo.

**A) Jefe de Producción**

El jefe de Producción posee las siguientes responsabilidades:

- Planificar, coordinar y ejecutar los planes de producción de acuerdo a los proyectos, cumpliendo los objetivos de la empresa.
- Supervisar la labor de los operarios de la planta.
- Organizar nuevos proyectos para la mejora continua.

- Revisar los proyectos que se llevaran a cabo manteniendo contacto constante con los jefes de las otras áreas para la coordinación de los mismos.

#### B) Supervisor de Producción

El Supervisor de Producción posee las siguientes responsabilidades:

- Supervisar el cumplimiento de los proyectos asignados.
- Supervisar y controlar las horas de trabajo de los operarios según la programación establecida.
- Distribuir y controlar las actividades a realizar por el personal a cargo.
- Emitir y revisar reportes de la producción diaria.

#### C) Asistente de Producción

El Asistente de Producción posee las siguientes responsabilidades:

- Apoyar al jefe de producción a coordinar áreas de producción
- Seguimiento y elaboración de informes detallados del avance de las órdenes de trabajos.
- Generar indicadores, KPI's de producción.

#### D) Jefe de Maestranza, CNC, Soldadura, Pintado y Granallado

Los Encargados de estas áreas específicas cumplen la función de dirigir a los operarios, repartiendo el trabajo al personal.

#### E) Operarios

Los operarios o también conocidos como la mano de obra directa, son quienes tienen contacto directo con la materia prima y quienes realizan el proceso de fabricación de los proyectos en planta y en campo, haciendo uso de las diferentes máquinas de la planta como tornos, fresas, centro de mecanizados, roladora, equipos de soldado, pintado, granallado, etc.

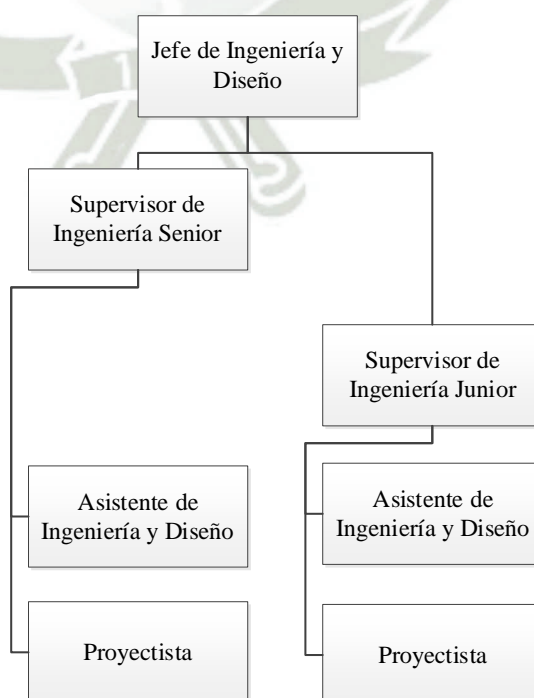
### 3.1.6.2. Organigrama del Área de Ingeniería y Diseño

En el Área de Ingeniería y Diseño, el alto mando se encuentra ocupado por el jefe de Ingeniería que es quien define los objetivos y planes que se van a aplicar en los proyectos del área. Además de dirigir y distribuir las actividades de acuerdo al orden de prioridad para la generación de solicitudes de trabajo y ordenes de servicio.

Según la estructura jerárquica, se cuenta con 2 Supervisores, de los cuales uno es senior y el otro es junior, estos profesionales se encargan de elaborar las simulaciones de los proyectos con la utilización de programas especializados y en constante comunicación con los supervisores de producción para la definición y elección de material a utilizar para la simulación, así como sus dimensiones o cantidades, en otras palabras, realizan el requerimiento de material.

**Figura 8**

*Organigrama del Área de Ingeniería y Diseño*



Los Supervisores son apoyados de asistentes, proyectistas y practicantes para la recopilación de información, elaboración y diseño de planos, planificación y organización de reuniones, entre otras actividades.

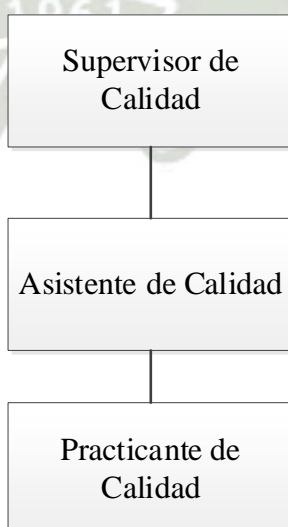
### 3.1.6.3. Organigrama del Área de Control de Calidad

Como se puede apreciar en la Figura 8, el área de Control de Calidad está compuesto por un jefe en primer lugar que se encarga de supervisar, implementar y optimizar los procedimientos para el aseguramiento de la calidad, gestionando el tratamiento de las no conformidades y reclamos, manteniendo comunicación con las otras áreas sobre calidad con respecto a los proyectos.

Sucesivamente le sigue el Asistente de Calidad, quien se encarga de registrar las inspecciones de control realizadas, para poder elaborar informes mostrando los resultados a gerencia. Además de tomar muestras de la M.P y P.T para su respectiva aprobación o retención.

#### **Figura 9**

*Organigrama del Área de Control de Calidad*



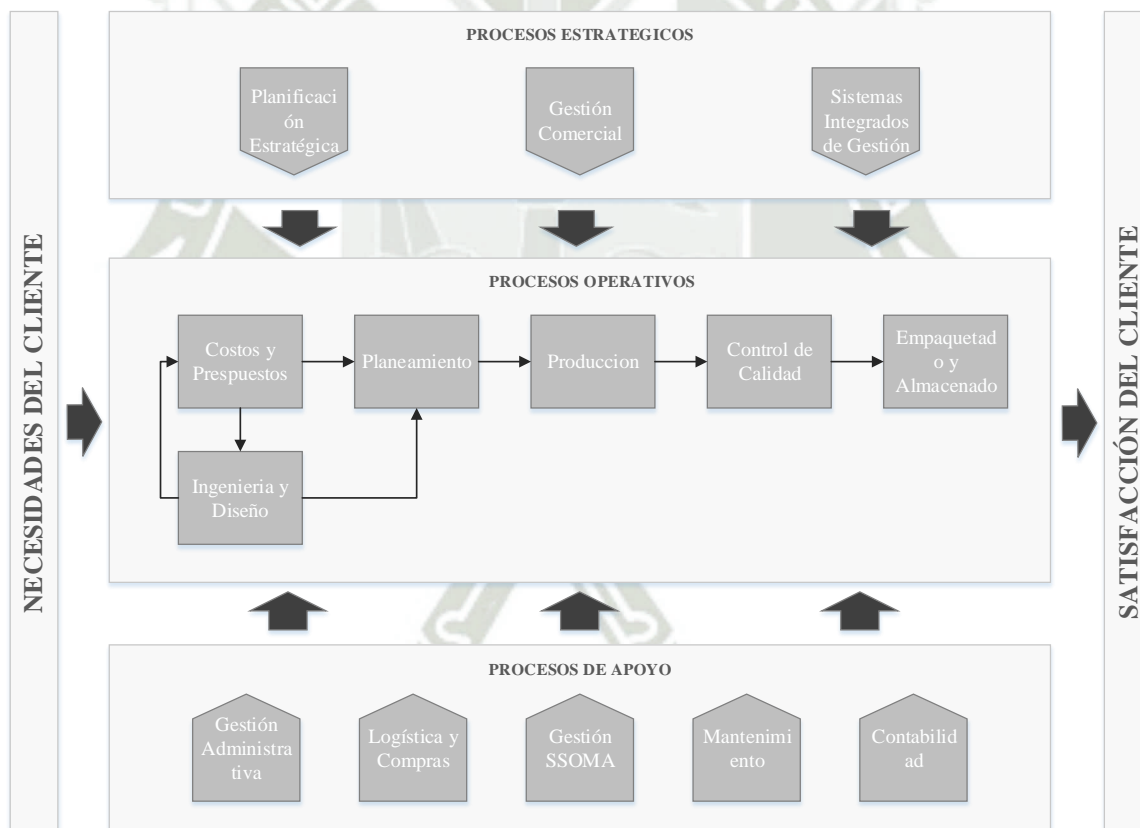
### 3.1.7. Mapa de Procesos de la empresa

Para tener más claro la estructura de los procesos de la empresa, consideraremos el mapa de procesos de esta misma, tomando en cuenta que estos se dividen en procesos estratégicos, operativos y de apoyo.

Este Mapa de Procesos inicia desde el origen de las necesidades del cliente, mediante una serie de procesos, partiendo desde la generación de los presupuestos en coordinación con el área de Ingeniería y Diseño.

**Figura 10**

*Mapa de Procesos de la Empresa*



*Nota:* La figura nos muestra el origen de las necesidades del cliente para dar inicio con la fabricación del producto o servicio hasta su despacho.

### **3.2. Descripción de los Procesos Operativos de la Empresa**

#### **3.2.1. Procedimiento General de Ingeniería y Diseño**

El Área de Ingeniería es muy importante, ya que posee la obligación de gestionar los proyectos mediante la elaboración y diseño e ingeniería de planos mediante modelamiento y simulación, así como el requerimiento de material mediante la cuantificación del consumo de materiales en su simulación.

Las operaciones del área inician cuando la empresa recibe solicitud de cotización o licitación del cliente, en este caso el cliente puede ser minería o industria, mediante correo se notifica al área para solicitar el apoyo de diseño e ingeniería de planos y el consumo de materiales para poder aclarar la solicitud del cliente; tan pronto se tenga la información, ésta es enviada al Área de Costos para la elaboración del Presupuesto y posteriormente el Área Administrativa pueda mandar la cotización finalizada en respuesta.

Cuando la cotización se envía, se espera la respuesta del cliente, cuando es Aprobado, el cliente envía una Orden de Compra, de esta manera queda confirmado la autorización para el inicio de las operaciones del Área de Ingeniería.

El Área de Ingeniería recibe un correo con la Orden de Compra, procediendo con la elaboración de solicitud de trabajo, elaboración, simulación y modelamiento de diseños y planos, además del requerimiento de material; por consiguiente, se inician las reuniones con el cliente para definir los alcances del proyecto, realizar modificaciones, adicionales y coordinaciones pertinentes.

Después de haberse absuelto las dudas, se envían los planos y solicitud de trabajo al área de producción y al área de calidad, en el caso se debe hacer algún servicio externo con otra empresa, se hace la orden de servicio.

El requerimiento de materiales elaborado por el área de Ingeniería, es enviado al área de planeamiento, de modo que los planners puedan iniciar sus operaciones en coordinación con Almacén, de acuerdo al stock de material.

Cabe mencionar que la solicitud de trabajo es un documento donde ellos solicitan que se inicien las fabricaciones, esta solicitud es enviada al jefe de producción y al jefe de calidad para que puedan iniciar con sus operaciones.

### **3.2.2. Procedimiento General de Producción**

El proceso operativo del proceso de Producción inicia desde la generación de la Orden de Trabajo Interna elaborada por el Área Administrativa. Como se explicó anteriormente, una vez que se haya elaborado la cotización respectiva, se debe esperar a que el cliente la acepte formalmente mediante la generación de una orden de compra, una vez afirmado esto, se abre el canal para que el área de Ingeniería elabore la solicitud de trabajo y planos, y estos sean enviados al área de producción. Después, el Área Administrativa envía la Orden de Trabajo a Producción, a la espera de la llegada de la solicitud de trabajo conjuntamente con los planos para poder iniciar con las operaciones de fabricación en planta o en campo. El Supervisor de Producción comienza a gestionar la información recibida de las demás áreas, dando apertura a la Orden de Trabajo. Es aquí donde Logística debe realizar las compras de materiales según el requerimiento que fue enviado desde el Área de Ingeniería y Diseño. De la mano, el planner realiza seguimiento a la compra de materiales para poder armar su cronograma en coordinación con el área de producción. Es por ello que se verifica los materiales con almacén para la verificación del stock; si en caso no existiese stock, se le comunica al área de Logística para realizar el procedimiento de comprar de materiales.

Una vez que el área de producción recibe el aviso para iniciar sus actividades, el Supervisor inicia con la gestión del proyecto. Los operarios cumplen una labor importante, ya que el Supervisor distribuye las funciones de acuerdo al orden de prioridad, mediante la entrega de planos desarrollados por el área de Ingeniería, así se forman los equipos de trabajo para poner en marcha el proyecto en el tiempo estimado. En esta área es muy importante la comunicación vertical y horizontal, dado que depende de ello poder trabajar sin generar cuellos de botella.

Cuando se notifica la existencia de material, se procede a la fabricación del producto o ejecución del proyecto, iniciando con el habilitado de materiales, utilizando el carro oxicorte, o esmeriles, para después pasar por el proceso de mecanizado, utilizando el torno, fresadora o taladro radial. Culminado estas operaciones generales, dependiendo de los alcances del proyecto o servicio, se procederá a realizar el armado para realizar posteriormente el proceso de soldadura. Al finalizar esta operación, control de calidad realiza la inspección correspondiente a la soldadura mediante pruebas, para verificar las dimensiones o discontinuidades que posee la unión soldada.

A continuación, se realiza el proceso de granallado, este proceso es tercerizado y se coordina con administración para su salida, después que retorna a la empresa, continua el proceso de pintado. Dependiendo de los alcances del proyecto puede llegar a revestirse en caucho. Finalizada las operaciones, el Supervisor de Producción realiza el registro de la fabricación realizada, el producto es llevado a almacén para ser embalado dependiendo de los requerimientos del cliente, ya que muchas veces el transporte está incluido en el presupuesto; a la espera de sus guías de remisión para poder ser despachado.

### 3.2.3. Procedimiento General de Control de Calidad

El área de Control de Calidad interviene en todo el proceso de producción del proyecto, verificando que se cumplan con los requerimientos y especificaciones del cliente.

Como se explicó en el punto anterior, el proceso de producción consta de varias operaciones, y donde Control de Calidad se involucra mayormente es en los procesos de soldadura, granallado y pintado.

Al igual que el Área de producción, el área de calidad también recibe una Orden de trabajo interna y la Solicitud de Trabajo enviada del Área de Ingeniería. Esta Solicitud es analizada por el Supervisor de Calidad, ya que contiene la descripción de los tipos de ensayos que se deben de realizar al proceso de soldadura y al de pintado.

Cuando la materia prima fue comprada, almacén verifica que las cantidades sean las correctas, así como el tipo de material, sin embargo, control de calidad es quien verifica que todos los materiales que han ingreso posean su respectivo Certificado de Calidad

Antes de comenzar con el proceso de soldadura, comúnmente se realiza una preparación de la soldadura donde se esmerila la zona a soldar, en otras palabras, biselar los bordes para producir una ranura para la soldadura y de esta manera se pueda penetrar. Toda esta información esta especificada en los planos, es por ello que control de calidad verifica que se realicen estas preparaciones haciendo cumplir el plano especificado.

La empresa realiza ensayos no destructivos como el de CNC ultrasonido, el de líquidos penetrantes o partículas magnéticas y los ensayos destructivos son el ensayo de tracción y el ensayo de charpy (impacto), entre otras.

Iniciada las operaciones, en el proceso de soldadura comienzan a realizarse los ensayos destructivos o no destructivos según se requiera en la descripción de los alcances de la solicitud de trabajo, si los resultados salen negativos, se vuelve a realizar la operación por segunda vez, en caso aun continúe de forma desfavorable se emite una no conformidad mediante correo.

Después del proceso de soldadura, sigue el proceso granallado, este proceso es tercerizado, se coordina con administración para realizar el envío y retorno de la o las piezas que requieran ser granalladas, una vez que llegue a la empresa, se realizan inspecciones con el rugosímetro para verificar el nivel de rugosidad de la superficie del metal, posteriormente se realiza el proceso de pintado, en esta etapa se realizan ensayos destructivos como el ensayo de adherencia para verificar que la pintura se haya adherido adecuadamente a los substratos sobre los que se aplican y ensayos no destructivos como la inspección visual, medición del espesor y rugosidad.

Culminado los trabajos de producción, la estructura es llevada a almacén para su respectivo embalaje según se requiera. Control de calidad realiza una última inspección del producto terminado, y elabora los Dossiers de Calidad para poder adjuntarlos al Packing List de la estructura, notifica al área administrativa para adjuntar los documentos y finalmente pueda ser despachado.

#### **3.2.4. Diagrama de Flujo de los Procesos del Área de Operaciones**

Es necesario hacer uso de diagramas de flujo para poder ordenar los procedimientos según el Área en específico. Por lo tanto, a continuación, se presenta el Diagrama de Flujo de los siguientes procesos explicados anteriormente.

- Proceso General de Ingeniería y Diseño
- Proceso General de Producción
- Proceso General de Control de Calidad

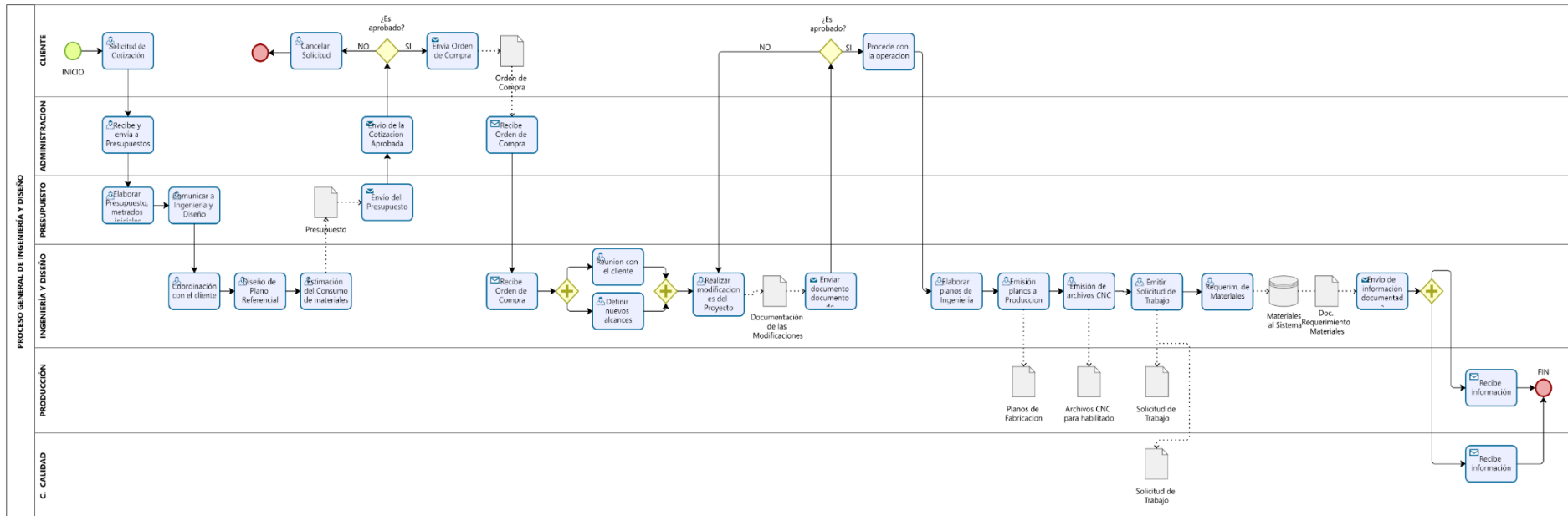
En las siguientes figuras, se identificarán la secuencia de actividades del proceso para tener una visión más clara y ordenada de cómo se desarrollan decisiones y documentos a lo largo del proceso en cada área.



### 3.2.4.1. Diagrama de Flujo General de Ingeniería y Diseño

**Figura 11**

*Diagrama de Flujo General de Ingeniería y Diseño*

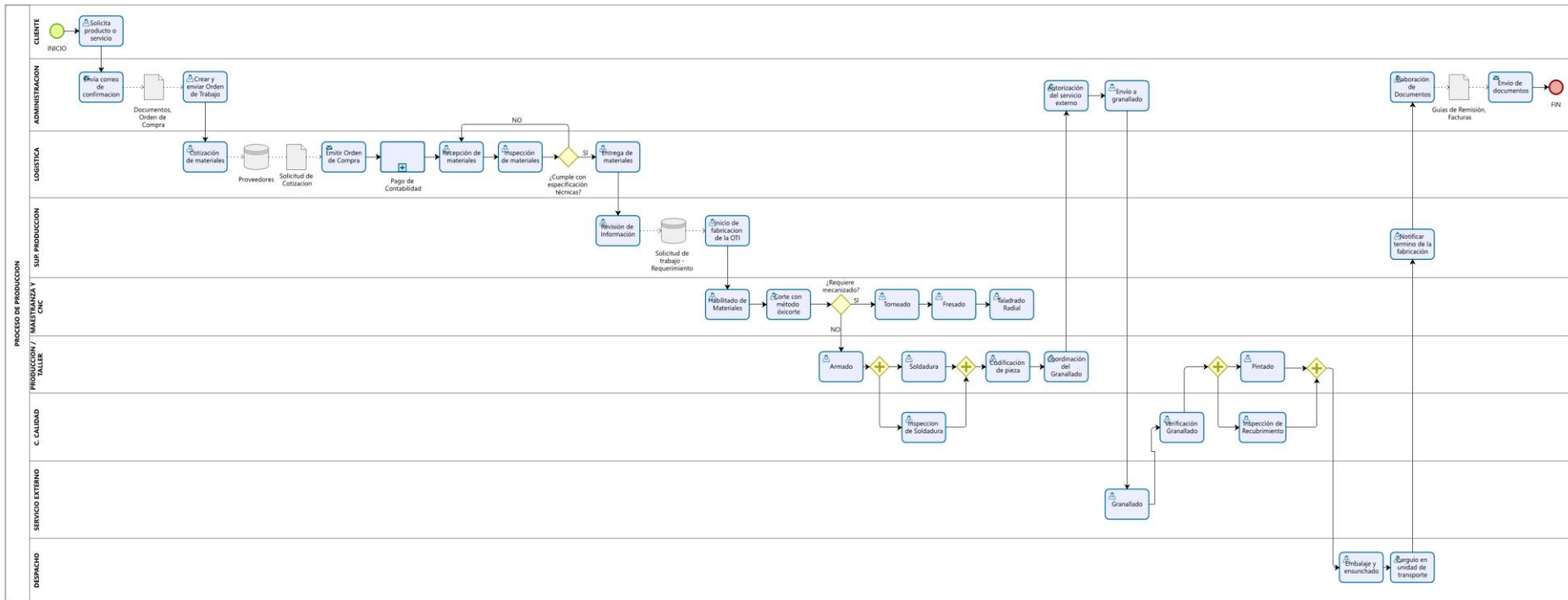


*Nota.* Este proceso pone de manifiesto todas las tareas que se deben realizar para poder ejecutar el proceso general del area de Ingeniería y Diseño, este proceso es importante porque es el punto intermedio entre el area administrativa y el area de produccion y calidad, iniciando desde la solicitud de cotizacion por parte del cliente en gestion con el area administrativa para tener conocimiento de los alcances, hasta el area de produccion y calidad con respecto en la entrega de la emision de los planos de fabricacion y algunos documentos de calidad.

### 3.2.4.2. Diagrama de Flujo General de Producción

**Figura 12**

*Diagrama de Flujo General de Producción*

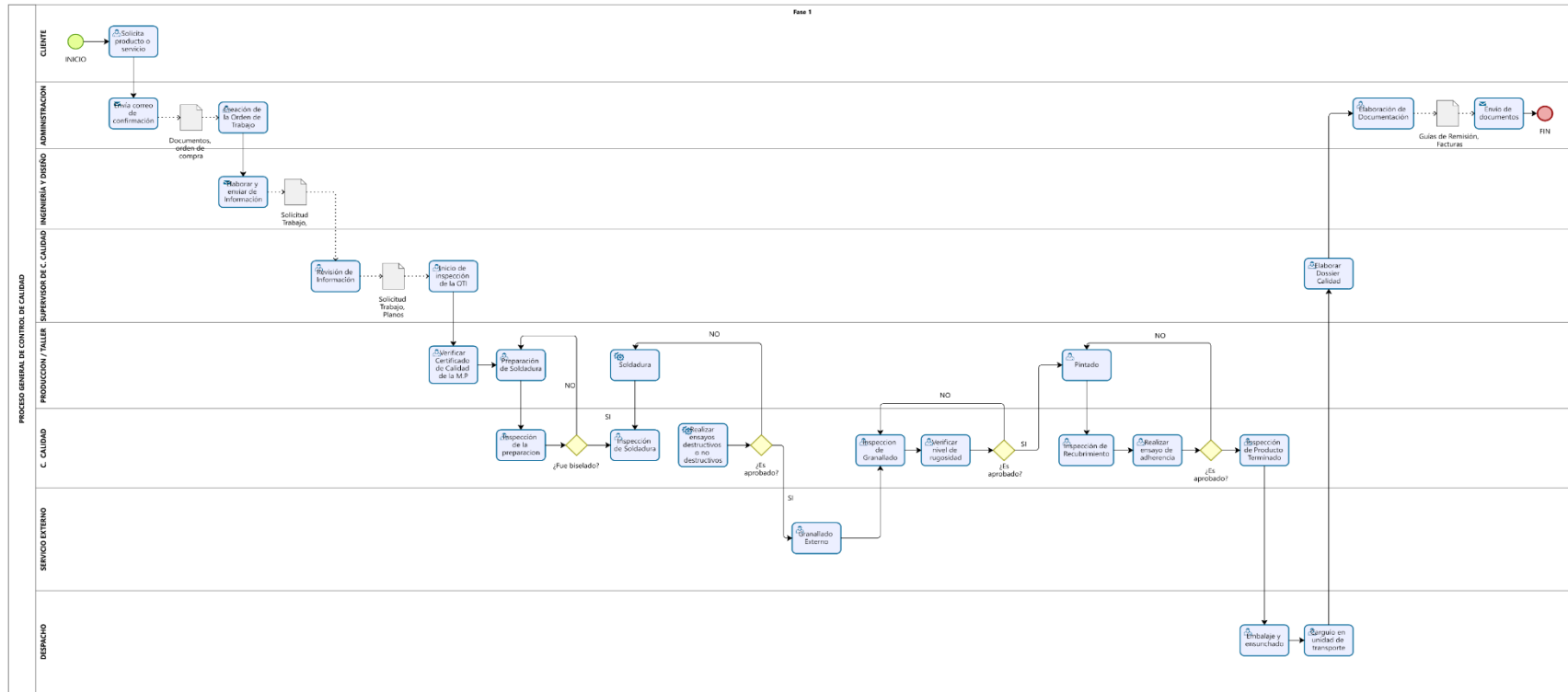


*Nota.* Este proceso pone de manifiesto todas las tareas que se deben realizar para poder ejecutar el proceso general del área de Producción, este proceso está enlazado desde que el cliente aprueba el presupuesto brindado por la empresa, a la parte con el área administrativa que inicia con el proceso de compra de los materiales y después de haber emitido los planos de fabricación por parte del área de Ingeniería y Diseño, el área de producción inicia con la fabricación de lo solicitado.

3.2.4.3. Diagrama de Flujo General de Control de Calidad

**Figura 13**

*Diagrama de Flujo General de Control de Calidad*



*Nota.* Este proceso pone de manifiesto todas las tareas que se deben realizar para poder ejecutar el proceso general del area de Control de Calidad, este proceso inicia con la generacion de la orden de trabajo que conjuntamente con las coordinacion del area de produccion se realizan las inspecciones y la emision de documentacion correspondiente finalizando con la elaboracion de los dossiers de calidad.

### 3.3. Áreas de Producción de la Empresa

El área de Producción es quien se encarga de aplicar los recursos de la empresa como la materia prima, máquinas y el mismo personal, para poder ejecutar los proyectos de acuerdo a la demanda.

En esta área se distinguen procesos muy diversos como el proceso de cortes, mecanizado, soldadura, granallado y pintado, rolado, prensado e inyectado y molienda.

#### 3.3.1. Descripción del Área de Maestranza

Aquí se distribuyen las actividades de acuerdo al nivel de producción, es directamente proporcional a la cantidad de proyectos y tiempos de fabricación, así como la verificación de la disponibilidad de máquinas o equipos ya que algunas están paradas por su respectivo mantenimiento.

Cada máquina y equipo es manejada por operarios capacitados y especializados, distribuidas estratégicamente en toda la planta, donde cada una de ellas lleva pegado en la parte delante un formato de mantenimiento, donde se registran las fechas en las que se realizó el mantenimiento a la máquina, así como información de la marca, modelo, número de serie, etc.

En el área de maestranza se desarrollan diferentes procesos de acuerdo al tipo de máquina - herramienta que se use, estas en mención, realizan un proceso de mecanizado que consiste en transformar una o más piezas, llevándola desde su estado actual a la forma ideal que se desea, mediante el trabajo de herramientas o alguna matriz. Por medio de estas herramientas de corte es que se logra desbastar la pieza, el proceso de mecanizado que se desarrolla es el de arranque con viruta, para pasar al siguiente proceso o llevarla al su diseño definido final.

En esta área se realizan proceso de taladrado, rectificado, tronzado, fresado, torneado, esmerilado, erosionado entre otros, para poder trabajar la pieza y transformarla mediante el proceso de mecanizado.

Asimismo, los operarios también hacen uso del equipo de rolado para poder deformar las planchas según su requerimiento, el cual se utiliza un montacargas para poder reubicar las planchas que fueron roladas o piezas mecanizadas, este proceso se describe a continuación:

A) Proceso de Rolado: este proceso genera que la pieza tenga una curvatura, en otras palabras, mediante la presión que ejercen una serie de rodillo se produce un curvado uniforme sin que su espesor se reduzca o tenga alguna variación.

La empresa cuenta con una maquina roladora que cuenta con 3 rodillos que ejercen presión para generar el doblado al momento de introducir la pieza.

#### **Figura 14**

*Máquina de Rolado*



*Nota.* Tomado del área de Producción 2022.

#### 3.3.1.1. Maquinarias y equipos

Las máquinas y equipos que se usan en el área de maestranza para realizar el proceso de mecanizado se describirán a continuación:

A) Tornos convencionales: es una máquina que arranca la viruta por medio de una herramienta dándole forma cilíndrica que avanza de forma longitudinal mientras que la pieza gira sostenida en un plato, obteniendo piezas como ejes, casquillos, mangos, etc.

### Figura 15

*Torno convencional*



*Nota.* La figura nos muestra el torno convencional de gran dimensión para todas las fabricaciones que se soliciten. Tomado del área de producción de la empresa

B) Erosionadora por hilo: el sistema de funcionamiento de este tipo de máquina es mediante un hilo metálico empleando descargas de corriente continua para cortar las piezas de acuerdo al diseño que este programado en la computadora.

### Figura 16

*Erosionadora por hilo*



*Nota.* Esta máquina es utilizada mayormente para cortes de piezas pequeñas fabricadas en masa. Tomado del área de Maestranza 2022.

C) Taladro de columna: este tipo de máquina realiza o perfora agujeros de manera manual o mecánica mediante un eje que gira una herramienta de corte llamada broca avanzando hacia la pieza. Esta bronca puede tener diversos diámetros.

**Figura 17**

*Taladro de columna*



*Nota.* Este taladro se utilizó para realizar las perforaciones de las placas de acero que conforman el fondo y el casco del tanque. Tomado de Shenzhen Integrity Industry Co., Ltd., 2021.

D) Chiller: o también llamado enfriador de agua, esta máquina trabaja en automático haciendo que el agua se enfríe, de esta manera el calor se transfiere hacia el ambiente manteniendo la temperatura del proceso de la maquina a la que sirve.

**Figura 18**

*Chiller*

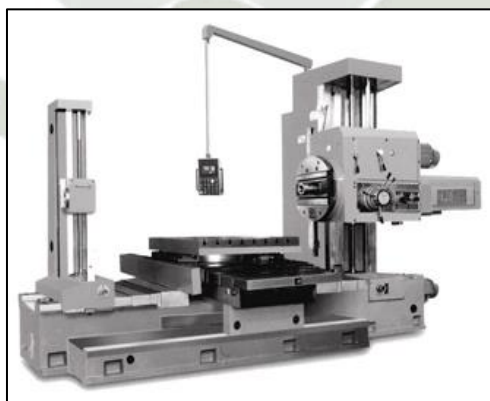


*Nota.* El chiller es usado mayormente con el molino de caucho en la planta 2 de Rio Seco. Tomado de Mgreenbelt Company, 2021.

E) Mandrinadora: este tipo de maquinaria realizan el mecanizado en pequeñas y grandes piezas realizando perforaciones.

**Figura 19**

*Mandrinadora*



*Nota.* Esta máquina es la más antigua que posee la empresa, ubicada en el área de maestranza de la planta 1. Tomado de RAF Import & Export - Chile, 2021.

F) Prensa Hidráulica: utilizada especialmente por la empresa para enderezar piezas, funcionan mediante un sistema hidráulico.

**Figura 20**

*Prensa Hidráulica*



*Nota.* Este tipo de maquina es usado mayormente con moldes de acero para la formación de producto en caucho.

G) Otros equipos: también la empresa posee otros equipos – herramientas como esmeriles y cierras circulares, para cortar y darles acabados mediante el proceso de desbaste a las piezas.

**Figura 21**

*Esmeriladora Angular*



*Nota.* Esta herramienta se utiliza después de la operación de corte con el carro oxicorte, dado que es necesario brindar un buen acabado.

### 3.3.2. Descripción del Área de CNC

En esta área se realizan distintos procesos de mecanizado utilizando maquinas CNC, ya que estas por medio de un programa de ordenador fabrican piezas de metal o plásticos y matrices que serán utilizadas en prensas, haciendo que la presencia del operario sea mínima produciéndose mayor seguridad. Las máquinas que posee la empresa en esta área son el centro de mecanizado y Torno CNC, entre otras.

Estas máquinas CNC, permiten programar dos o más movimientos en ejes lineales o giratorios y requiere que operario las maneje de forma mínima, verificando medidas y realizando ajustes a las partes de las herramientas de la máquina.

Las maquinas CNC brindan mayor precisión a diferencia de las maquinas manuales ya que se manejan mediante un programa de computadora y se realizan en un menor tiempo con mínimos errores.

Para poder operar las maquinas CNC, se necesita un archivo especial que fue creado inicialmente desde el Programa Tekla en el Área de Diseño e Ingeniería, este archivo con un formato especial es ingresado al programa de la CNC, de esta manera se revisa la programación y se realiza una prueba al vacío para cerciorarse que las herramientas estén en óptimas condiciones para poder iniciar el mecanizado.

#### 3.3.2.1. Maquinarias y equipos

- A) Torno CNC: esta máquina herramienta realiza el arranque de viruta en los procesos de mecanizado que realiza brindando precisión en la fabricación.

**Figura 22**

*Torno CNC*



*Nota.* Esta máquina es usada para fabricaciones de piezas pequeñas o de corto alcance.

- B) Centro de mecanizado CNC: o fresa cnc, esta máquina realiza procesos de mecanizado de piezas pequeñas mediante procesos como el taladrado, fresado y roscado.

**Figura 23**

*Fresa CNC*



*Nota.* La fresa CNC también es utilizado para fabricación de menor tamaño.

### 3.3.3. Descripción del Área de Soldadura y Armado

En esta área labora personal capacitado y especializado que son los soldadores, armadores y ayudantes. Aquí se realizan distintos procesos que requieren el uso de máquinas herramientas de pequeño y gran tamaño.

#### 3.3.3.1. Maquinarias y equipos

Las máquinas que manejan los operarios en esta área son de acuerdo a los procesos que se deban realizar, mencionando a continuación:

A) Proceso de Habilitado: para poder iniciar con las fabricaciones donde esté involucrado procesos de soldadura, es necesario que estos materiales estén preparados. El proceso de habilitado es un proceso de transformación que consiste en preparar el acero para su siguiente proceso, que puede ser soldado o armado. Aquí es donde se realiza el corte de acuerdo a la forma y cantidad que indique el plano o también se realiza el biselado, utilizando maquinas como el equipo pantógrafo.

**Figura 24**

*Biselado de plancha de acero*



*Nota.* En este proceso también se enderezan y se someten al plegado, con el fin de prepararlos para su siguiente proceso.

Entre las máquinas que maneja la empresa para realizar la operación de corte se utilizan algunas de las siguientes maquinas demostradas en las figuras 29 y 30.

**Figura 25**

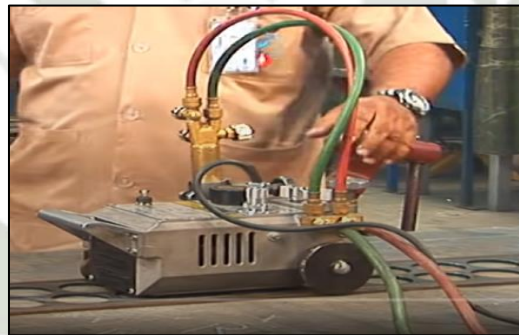
*Pantógrafo de corte por oxicorte*



*Nota.* Utilizado para cortar materiales en acero comúnmente en la empresa.

**Figura 26**

*Carro de oxicorte*



*Nota.* Este equipo fue utilizado en todo el proceso de corte, su manejo fue dado por varios operarios.

- B) Proceso de Armado: una vez que las piezas fueron habilitadas, se procede al proceso de armado donde se ensamblan estas piezas mediante un punto de soldadura el cual se le conoce como apuntalado. Estas piezas comienzan a juntarse y ubicadas para poder ser soldadas al 100% en el siguiente proceso.

### Figura 27

#### *Proceso de Armado*



*Nota.* Todas las boquillas del tanque pasaron por el proceso de armado.

C) Proceso de Soldadura: este proceso de fabricación es la unión de dos piezas de algún material en específico mediante una aleación metálica que se puede fundir. Se utilizan varios métodos de soldeo, como la soldadura mediante gas o los que requieren energía eléctrica como soldadura de punto, arco, entre otros. (Federación de Enseñanza de CC. OO, 2010).

### Figura 28

#### *Proceso de Soldadura*



*Nota.* Las boquillas del casco y los anillos son sometidas al proceso de soldadura.

### 3.3.4. Descripción del Área de Pintado.

En esta área está compuesta por un jefe de Pintado, y operarios que realizan estas operaciones, mayormente todos los proyectos pasan por esta área para darle los acabados necesarios ya que el proceso de pintado brinda protección contra la oxidación a través del tiempo. El jefe realiza la gestión del proceso de granallado que es tercerizado.

Todas las piezas que son pintadas deben pasar por el proceso de granallado que se detalla de la siguiente manera:

Proceso de Granallado: este proceso mediante un chorro abrasivo pule la superficie del metal, brindándole rugosidad a la pieza de metal; como este proceso es tercerizado, una vez que regresa a la planta, esta rugosidad es inspeccionada por el jefe de pintado, así como por el área de calidad para verificar que el nivel de rugosidad sea el adecuado, ya que posteriormente se realizara el proceso de pintado o de revestimiento en caucho y éste debe adherir bien a la pieza.

#### **Figura 29**

*Piezas granalladas*



*Nota.* El proceso de granallado es realizado por un proveedor externo de este servicio, por ello el material debe ser traslado constantemente de un lugar a otro.

### 3.3.4.1. Maquinarias y equipos

A) Proceso de Pintado: este proceso es realizado por los operarios utilizando equipos convencionales de pintura, estos equipos trabajan mediante presión de aire permitiendo pulverizar la pintura y así aplicarla directamente sobre la superficie del metal ya previamente granallado. De esta manera se le brinda un mejor acabado a la pieza y una protección para evitar la oxidación con el tiempo.

**Figura 30**

*Equipo pistola para pintado*



*Nota.* La empresa siempre utiliza este tipo de equipo convencional para la operación de pintado de piezas

**Figura 31**

*Pintado de estructuras*



*Nota.* El pintado de estructuras en la Planta 1 se da en el pasadizo como se observa en la imagen, debido a la falta de espacio en este lugar.

### 3.3.5. Descripción del Área de Ensamble y Embalaje

Para finalizar todas las operaciones dentro del proceso general de producción, al final llegan al área de Ensamble y Embalaje. Aquí el encargado, gestiona el embalado de las estructuras de acuerdo a sus dimensiones usando como material el stretch film, así como su distribución en las parihuelas según su número de piezas y de acuerdo a la orden de compra y lo que se haya coordinado con el cliente en las reuniones.

#### 3.3.5.1. Maquinarias y equipos

##### **Figura 32**

*Montacargas de 2.5 ton*



*Nota.* Para poder movilizar estas estructuras y colocarlas encima de la parihuela se utiliza un montacargas de 2.5 ton como se muestra en la figura.

##### **Figura 33**

*Paletizado de piezas*



*Nota.* Después de embalar las piezas con el stretch film, se procede a colocar el zuncho para sujetarlo a la parihuela.

### **3.4. Descripción del Proceso de estudio**

Como se comentó anteriormente en el punto 3.2.2 (Procedimiento de Producción General), una vez que los materiales estén disponibles en planta, las operaciones comienzan. Para poder realizar las mejoras en el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado, se debe realizar un análisis de la situación actual en este tipo de proceso que a su vez engloba la gran mayoría de procesos en toda la planta como lo son el de soldadura, cnc, maestranza, habilitado, armado, etc.

Para realizar el análisis se debe explicar los procesos de fabricación de este tanque, para ello se utilizarán varias herramientas como estudio de tiempos, diagramas de análisis, inspección visual haciendo uso de herramientas y equipos como vernier, cronometro, o uso de documentos solicitados a la empresa, entre otros, los cuales serán de vital importancia para poder lograr este estudio.

#### **3.4.1. Proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado**

Es necesario explicar las partes de la estructura que conforman este tipo de tanque para poder entender su proceso de fabricación de mejor manera.

Este tanque está conformado por tres partes las cuales denominaremos como:

- a) Fondo: que vendría hacer la base de esta estructura, compuesta por placas de acero con forma triangular, superpuestas unas sobre otras de forma giratoria, unidas mediante soldadura. Y en el centro del fondo encontramos una placa circular que una todas las piezas.
- b) Casco: es el cuerpo de la estructura, conformado por placas rectangulares unidas entre sí mediante juego de pernería, en ella encontramos también los accesorios

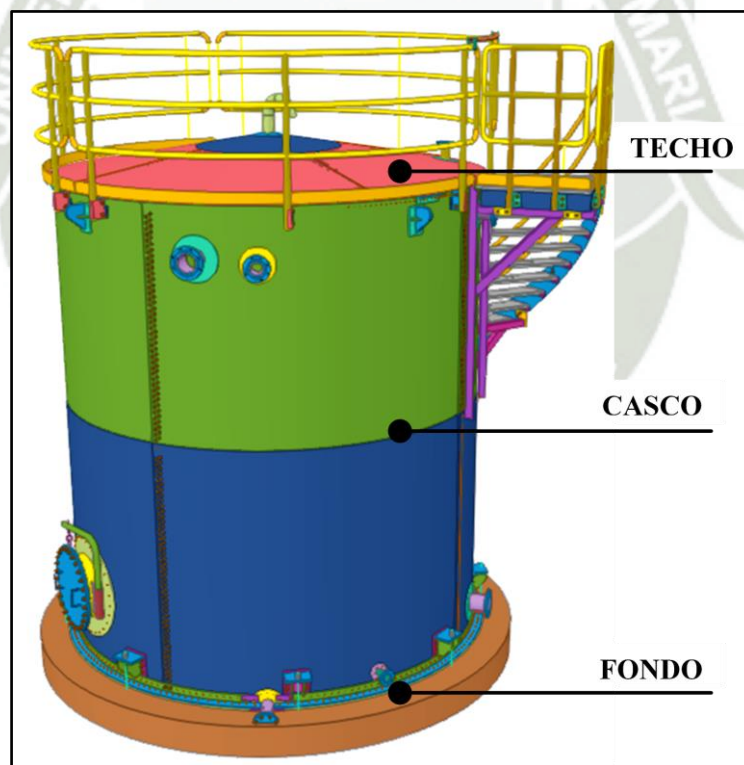
como el manhole del cuerpo que ayuda al mantenimiento interior del tanque, la escalera vertical y plataforma, silletas de anclaje, anillos, drenajes, boquillas de entrada y de salida de acero.

- c) Techo: se encuentra en la parte superficial de la estructura, compuesta por cuatro placas a las cuales se les dio una curvatura para darle forma y unidas mediante pernería.

Cabe recalcar que adicional a las partes mencionadas, también tenemos los accesorios que van unidos al casco del tanque y se acoplan con algunas tuberías.

### Figura 34

*Partes del tanque de almacenamiento*



*Nota.* La base de color marrón en la parte del fondo, no forma parte de la fabricación del tanque, dado que es solo una representación gráfica de que el tanque va colocado encima de una estructura de cemento.

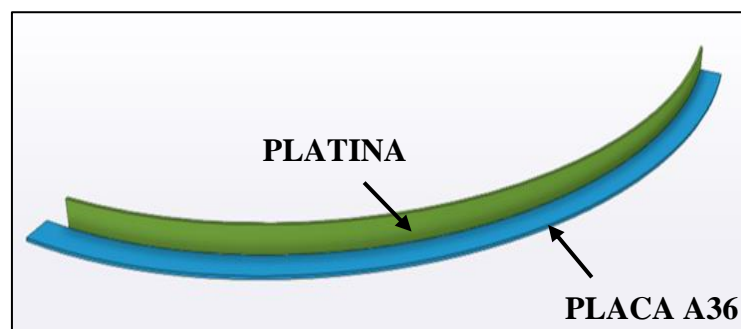
### 3.4.1.1. Proceso de habilitado, mecanizado y rolado de las placas de acero para el casco, fondo y techo.

Para iniciar el proceso de fabricación, se requiere transportar las placas de acero desde el almacén a la planta por medio de un montacargas, el operario coloca las planchas en el lugar de operación.

El proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado inicia con el proceso de mecanizado de las placas de gran dimensión, las cuales son ingresadas al área de maestranza para poder ser habilitadas, este proceso consiste en prepararlas para su siguiente operación; estas placas de 2400 x 6000 mm son cortadas mediante el equipo herramienta carro oxicorte, el cual es manejado por un operario de maestranza. Las piezas que resultan de este proceso tienen forma cuadrangular que son exclusivamente para el casco; las que tienen forma triangular que son para el fondo y el techo; y también nos brinda piezas largas que son parte del anillo inferior y superior. Estos anillos están compuestos por dos estructuras metálicas, una es la placa A36 que es cortada de forma irregular dándole forma circular que está adherida al fondo y la platina que es cortada de forma rectangular y es posteriormente rolada para estar adherida al casco. Observar la siguiente figura.

#### **Figura 35**

*Anillo inferior del tanque*

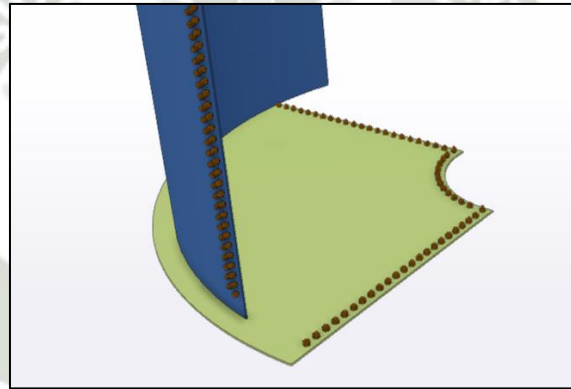


*Nota.* La platina es rolada como se muestra en la figura, a diferencia de la placa A36 que es cortada en forma de curva.

Posteriormente continua la operación de taladrado que consiste en perforar las placas habilitadas tanto del casco como del fondo de acuerdo con las especificaciones del plano, haciendo uso de brocas especiales que arrancan la viruta del material, generando orificios con el diámetro requerido para que pueda encajar la pernería. Observar la siguiente figura.

### **Figura 36**

*Placas del casco y fondo perforadas y con pernería*



*Nota.* Las placas que conforman el fondo son transportadas al área de soldadura para iniciar con la operación de apuntalado mediante soldadura.

Para el habilitado de las placas del techo, se cortan las 4 placas de forma triangular, después son perforadas y con ayuda de un teclé señorita se les da la forma cónica, para poder ejercer presión se le sueldan pequeñas placas en forma de orejas en las esquinas que sirven como apoyo para poder generar la curvatura. En la parte superior se tiene un tubo de venteo el cual está compuesto por 3 tubos de 4" cada uno y en su base de esta tubería encontramos una placa de refuerzo que fue previamente cortada y doblada para obtener una forma cónica.

Para el proceso de rolado de las placas de acero del casco y anillos se describe de la siguiente manera:

Como se pudo observar en la Figura 40, el casco está compuesto por placas con forma curva, esto se logra a través del proceso de rolado, es por ello que las placas son transportadas al área de rolado para pasar por el proceso de curvado por medio de la maquina roladora, caracterizándose por que esta operación no provoca que el espesor varíe. Las placas que conforman el anillo del fondo y del techo también pasan por el proceso de rolado.

Estas placas son acumuladas unas encima de otras, a la espera de ser trasladadas al área de soldadura para poder apuntalar las piezas. Estas piezas son llevadas mediante el puente grúa.

#### 3.4.1.2. Proceso de habilitado y armado de accesorios

Este tipo de tanque requiere varios tipos de accesorios, estos ayudan a su mantenimiento y funcionamiento.

Para su mantenimiento según la norma, se requiere una entrada donde el personal pueda ingresar, esta es denominada manhole o entrada hombre cuerpo; y una escalera vertical para poder llegar al techo del tanque.

Todos estos accesorios necesitan estar adheridos al casco del tanque, es por ello que el casco tendrá algunas perforaciones y soldaduras para poder lograrlo, en algunos casos serán acoplados con tuberías.

Para iniciar con la descripción de la fabricación de los accesorios, los mencionaremos a continuación en la siguiente tabla con la cantidad necesaria:

**Tabla 3***Accesorios del tanque*

ACCESORIOS	CANTIDAD (UN)
Boquilla de alimentación 6"	1
Boquilla de retorno 3"	1
Boquilla de descarga 6"	1
Boquilla de descarga 2"	1
Boquilla de derrame 4"	1
Tubería de drenaje 4"	1
Transmisor de nivel 3"	1
Manhole 24" (Entrada hombre cuerpo)	1
Tubo de venteo	1
Escalera y baranda de techo	1
Silleta de anclaje	8

En la tabla observamos los nombres de todos los accesorios que forman parte de este tanque; la gran mayoría de accesorios comparten las mismas operaciones en su proceso de fabricación, solo varía de acuerdo a su tamaño y funcionamiento en cual describiremos a continuación:

- Boquilla de alimentación de 6": esta boquilla está compuesta por una placa circular de acero A36 perforada, por una tubería sin costura de diámetro de 6" y una brida del mismo diámetro clase 150. Estas piezas son habilitadas y unidas mediante soldadura y adherida al casco del tanque.
- Boquilla de retorno 3": compuesta por una placa circular calidad A36 denominada como poncho perforado, por una tubería de 3" y una brida del mismo diámetro, estas piezas son soldadas y adheridas al casco del tanque.

- Boquillas de descargas: mismo proceso de fabricación que la boquilla de alimentación, para este caso tenemos de dos tamaños, uno de 6” y otro más pequeño de 2”. Estas piezas son habilitadas y unidas mediante soldadura y adherida al casco del tanque.
- Boquilla de derrame: compuesta por una placa de circular A36 perforada, una tubería de 4” y una brida de la misma dimensión, unidas con soldadura
- Tubería de drenaje: contiene una placa de acero como poncho de la pieza que está adherida al tanque, una tubería de 4” de diámetro y dos placas circulares perforadas al otro extremo.
- Transmisor de nivel: placa de acero A36 circular perforada, tubería de 3” y brida de 3” clase 150, soldadas entre sí y adherida al techo del tanque.
- Manhole, o también llamado entrada hombre cuerpo: este accesorio es de gran tamaño midiendo 24” por el cual puede ingresar una persona a realizar el mantenimiento al tanque. Para la tapa, está conformado por 2 planchas circulares con un espesor de 16 mm y un diámetro de 832 mm perforadas con el carro oxicorte originando 28 agujeros, adheridas 2 varillas dobladas que sirven de agarre al momento de abrir la tapa; una tubería de 24” que vendría a ser el cuello del manhole, una placa circular de 9 mm de espesor con 1023 mm de diámetro que vendría a ser el poncho la cual posee 28 agujeros y esta parte es la que está adherida al casco del tanque; y por último el brazo pescante que sostiene la tapa cuando se abre que está conformada por un tubo de 2” de diámetro SCH 80. Todas las uniones son mediante soldadura.
- Tubo de venteo: conformado por 3 tubos de 4” en la parte superior del techo unidos con soldadura, estos tubos tienen en su base una placa de refuerzo

circular de 305 mm de diámetro y una placa cónica con forma de sombrero, para darle esta forma se corta una placa circular, de ahí se extrae una proporción para que posteriormente se unida dándole forma cónica.

- Escalera y baranda de techo: posee 21 peldaños, un grating (rejillas metálicas) como descanso en la parte superior cerca al techo, 2 guarda pies, 2 cantoneras en cada extremo de los peldaños y pasamanos compuestos por tuberías de 1 ½” roladas previamente. Lo demás vienen a ser los accesorios como canales en U o ángulos en L para sostener los peldaños junto con el grating y algunas otras estructuras adheridas al tanque que están alrededor del techo. Todas las barandas son soldadas.
- Silleta de anclaje: son en total 8 silletas alrededor del casco del tanque, ubicadas en la base, para formar estas silletas se necesitan 4 placas unidas mediante soldadura, cada silleta posee un espárrago de 691 mm de longitud, 2 tuercas y una arandela en un extremo.

#### 3.4.1.3. Proceso de granallado y pintado

Es importante una correcta preparación de la superficie del área que se va a trabajar, esta debe ser limpiada previamente para que la pintura tenga mayor adherencia debido a la rugosidad que se genera por el proceso de granallado. Existen muchos tipos de limpieza superficial de acuerdo a la norma SSPC (Society for Protective Coatings), el que se utiliza comúnmente es el de limpieza con chorro abrasivo.

Una vez habilitadas las piezas, ya sea que estén cortadas, roladas, biseladas y después de haber pasado por diferentes operaciones, deben ser llevadas a granallar, este proceso la empresa lo terceriza, se coordina con el jefe de calidad para que las piezas puedan salir de la planta.

La solicitud por parte del cliente fue que el tipo de granallado que se realice sea el de Limpieza mediante Chorro abrasivo al grado blanco SSPC-SP5. Después del proceso de granallado, cuando las piezas son transportadas nuevamente a la empresa, pasan por control de calidad para verificar su nivel de rugosidad utilizando algunas herramientas especiales como el ELCOMETER 224, sin embargo, este proceso comúnmente suele tardar más de lo debido, porque no se tiene estandarizado estos procesos de inspección según las diferentes categorías de preparación de superficie definidas por la SSPC.

Posteriormente se realiza el proceso de pintado el cual utilizan un equipo convencional de pintado en forma de pistola para poder cubrir todas las superficies de la pieza, este equipo tiene una capacidad de 1000 ml. El color de la pintura es determinado según la función del elemento fabricado, en este caso el cliente determina el color de la pintura de acuerdo a sus normas establecidas, esto forma parte de las condiciones del contrato.

Para esta operación de pintado según los requerimientos del cliente, se utilizaron 3 tipos de pintura para la parte externa del tanque los cuales se describen en el siguiente cuadro:

**Tabla 4**  
*Tipos de pintura para aplicación externa*

Capa	Tipo de Pintura	Tipo de recubrimiento	EPS (mils)
Primera	Macropoxy 851	Epoxico Poliamina amida 85% solidos en volumen	3
Intermedia	Macropoxy 851	Epoxico Poliamina amida 85% solidos en volumen	5

Acabado	Sumatane HS	Poliuretano Acrílico Alifatico	2
<b>EPS TOTAL (mils)</b>			<b>10</b>

*Nota.* Las capas de pintura externa suman 10 mils, la capa externa es más delgada a comparación de la capa interna.

Y para la parte interna del tanque se utilizaron los siguientes tipos de pintura que se detallan en el siguiente recuadro:

**Tabla 5**  
*Tipos de pintura para aplicación interna*

Capa	Tipo de Pintura	Tipo de recubrimiento	EPS (mils)
Primera	Macropoxy 851	Epoxico Poliamina amida 85% solidos en volumen	4
Intermedia	Macropoxy 851	Epoxico Poliamina amida 85% solidos en volumen	4
Acabado	Macropoxy 851	Epoxico Poliamina amida 85% solidos en volumen	4
<b>EPS TOTAL (mils)</b>			<b>12</b>

*Nota.* La capa interna debe ser más gruesa debido a que el agua de proceso que almacenara generara corrosión con el paso del tiempo, por ello es importante que tenga un grosor adicional para proporcionar una mayor protección contra la corrosión interna

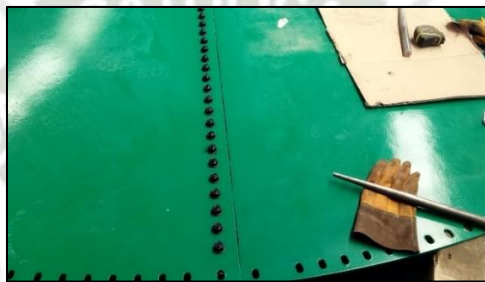
Cada capa de pintura es aplicada cada 6-8 horas. Seguidamente se verifica el espesor del recubrimiento colocado. Después de haber colocado todas las capas, se espera una semana para su secado total, esto vendría a ser el proceso

de curado, lo recomendable es esperar este tiempo para garantizar el correcto secado de las piezas.

Culminado este tiempo, se procede a realizar una vez más la inspección del recubrimiento total EPS (espesor de película seca), para poder pasar a las pruebas de adherencias de la pintura.

### **Figura 37**

*Piezas con acabado de pintura*



*Nota.* La figura nos muestra las piezas del fondo ya pintadas, donde fueron colocados los pernos para verificar el ajuste.

#### 3.4.1.4. Proceso de soldadura del anillo inferior y superior.

Las piezas que ya fueron pintadas y que requieran ser soldadas son transportadas al área de soldadura, las piezas para formar el anillo superior e inferior que consta de platinas y placas de acero son soldadas entre sí, formando una L que une el casco con el fondo del tanque. Las piezas son apuntaladas previamente, ósea, se le da pequeñas soldaduras para fijar las piezas en la posición debida, posteriormente son soldadas por completo.

### **Figura 38**

*Proceso de soldadura del anillo inferior*



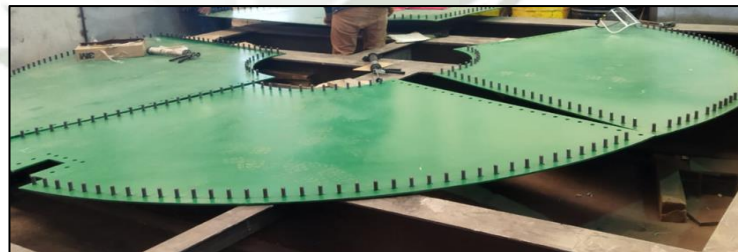
*Nota.* La soldadura SMAW es utilizada para la fabricación de los accesorios, en las uniones de las tuberías con las bridas, como se explicó en el punto 3.4.1.3.

#### 3.4.1.5. Proceso de ensamble del fondo y cuerpo del tanque

Para el proceso de empernado se inicia uniéndose las piezas del fondo, se hacen encajar las piezas según el plano para poder colocar la pernería en su base, éste juego de pernería de 5/8" genera la unión de las piezas, ajustándolas mientras se va avanzando, esta operación se realiza manualmente colocando cada perno, tuerca y arandela progresivamente.

#### **Figura 39**

*Empernado de placas del fondo*



*Nota.* Las placas del fondo son empernadas previamente para verificar los grados de ajuste.

La misma operación se realiza para las placas del cuerpo del tanque, se comienzan a unir las placas roladas mediante pernería de 1/2", poco a poco desde el primer nivel hacia arriba. Una vez empernado la mayor parte del

casco, éste se une con la base, como ya tenemos el ángulo formado del anterior proceso, el ángulo une el casco con el fondo mediante pernería de 5/8”.

Una vez unido el casco con la base, se comienzan a unir los accesorios, las boquillas llevan pernería de 1/2”, las silletas de anclaje llevan pernería de 5/8” y el manhole lleva de 3/4“. Luego se comienzan a unir las piezas para formar el techo, la pernería a usar es de 1/2” y en el medio se ensambla el tubo de venteo, finalmente se instala la escalera ya armada previamente en conjunto con las barandas que se va acoplando poco a poco.

#### 3.4.1.6. Proceso de embalaje para su transporte

En estos casos es a solicitud del cliente, si bien este puede optar por recibir su pedido ya armado, o también desarmado donde todas las piezas se embalan por separado, utilizando el stretch film y para asegurar su estabilidad en el transporte se utiliza el zuncho de plástico utilizando la maquina enzunchadora para ajustarlo en pallet.

### **3.5. Análisis de los procesos**

#### **3.5.1. Layout actual de la empresa**

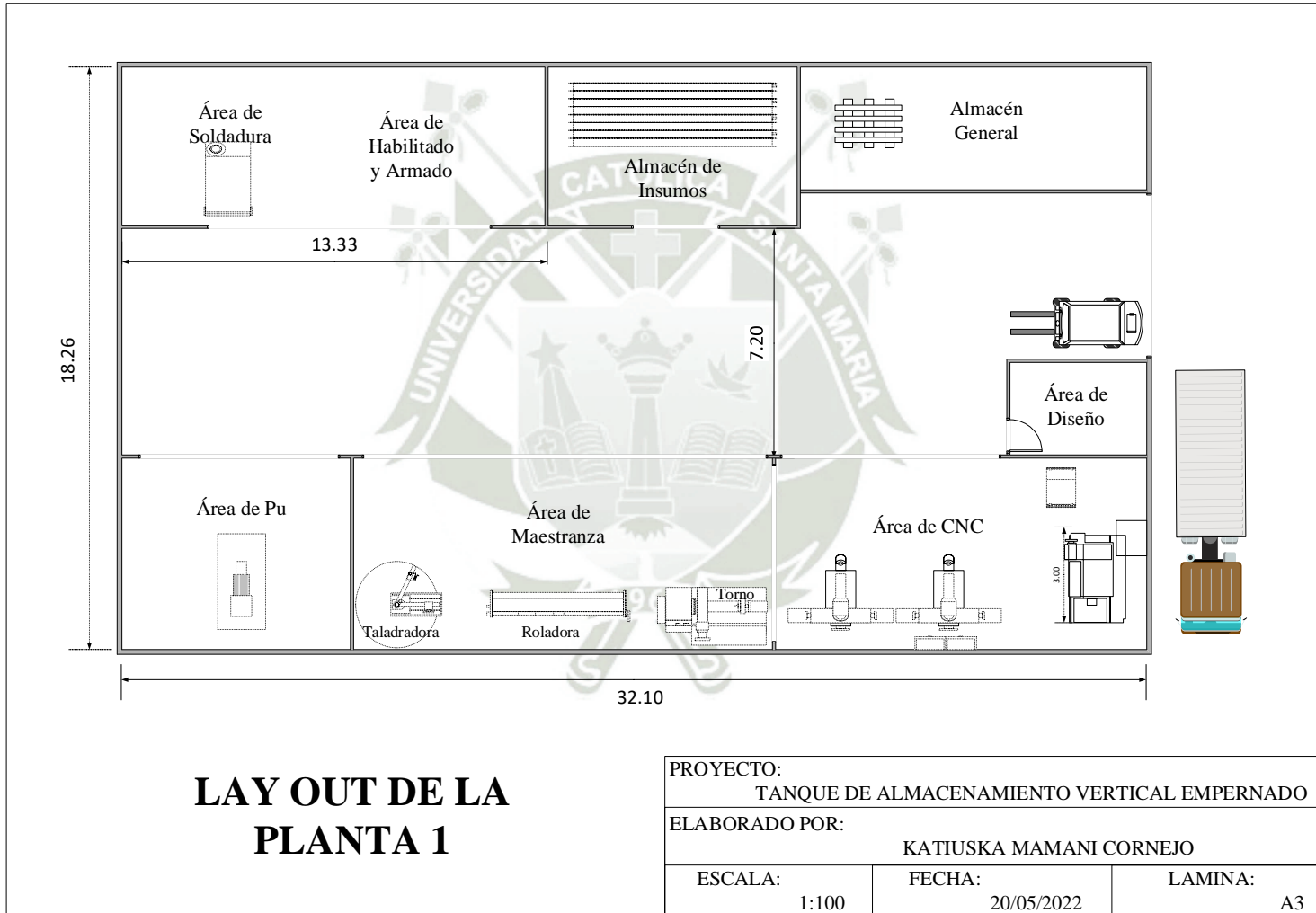
La empresa está compuesta por dos plantas productivas, una de ellas está ubicada en cerro colorado y la otra en rio seco, ambas se encuentran a una gran distancia.

En la Planta 1, ingresando por la entrada tenemos el almacén general donde se ubican las placas de acero, tubos, perfiles, barras entre otros de gran tamaño; a su lado está el almacén de insumos. Al fondo encontramos al área de soldadura, habilitado y armado; al frente tenemos al área Poliuretano y a su lado el área de Maestranza donde se realiza la operación de rolado y perforado para el tanque, aquí mismo encontramos también un torno convencional. Y finalmente al lado tenemos en área de CNC, que consta de 1 torno CNC, 2 centro de mecanizado y una erosionadora por hilo.

En la Planta 2, está ubicada en Rio seco a gran distancia de la planta 1, aquí se realizan los trabajos de gran magnitud dependiendo del tamaño del proyecto, se fabrican piezas de gran dimensión y también se enfoca en la elaboración y revestimiento de caucho; esta planta cuenta con un almacén que no tiene un orden establecido debido a que apilan las placas, láminas de caucho, bridas, retazos de material, entre otros de manera desordenada; a su lado está el área de pintado y más al fondo encontramos dos autoclaves de diferentes tamaños, un chiller, una laminadora de caucho, un almacén de insumos y dos mesas de trabajo. Finalizando el recorrido, encontramos un área que no está demarcada pero la cual es usada para los ensambles o montajes que se deban realizar.

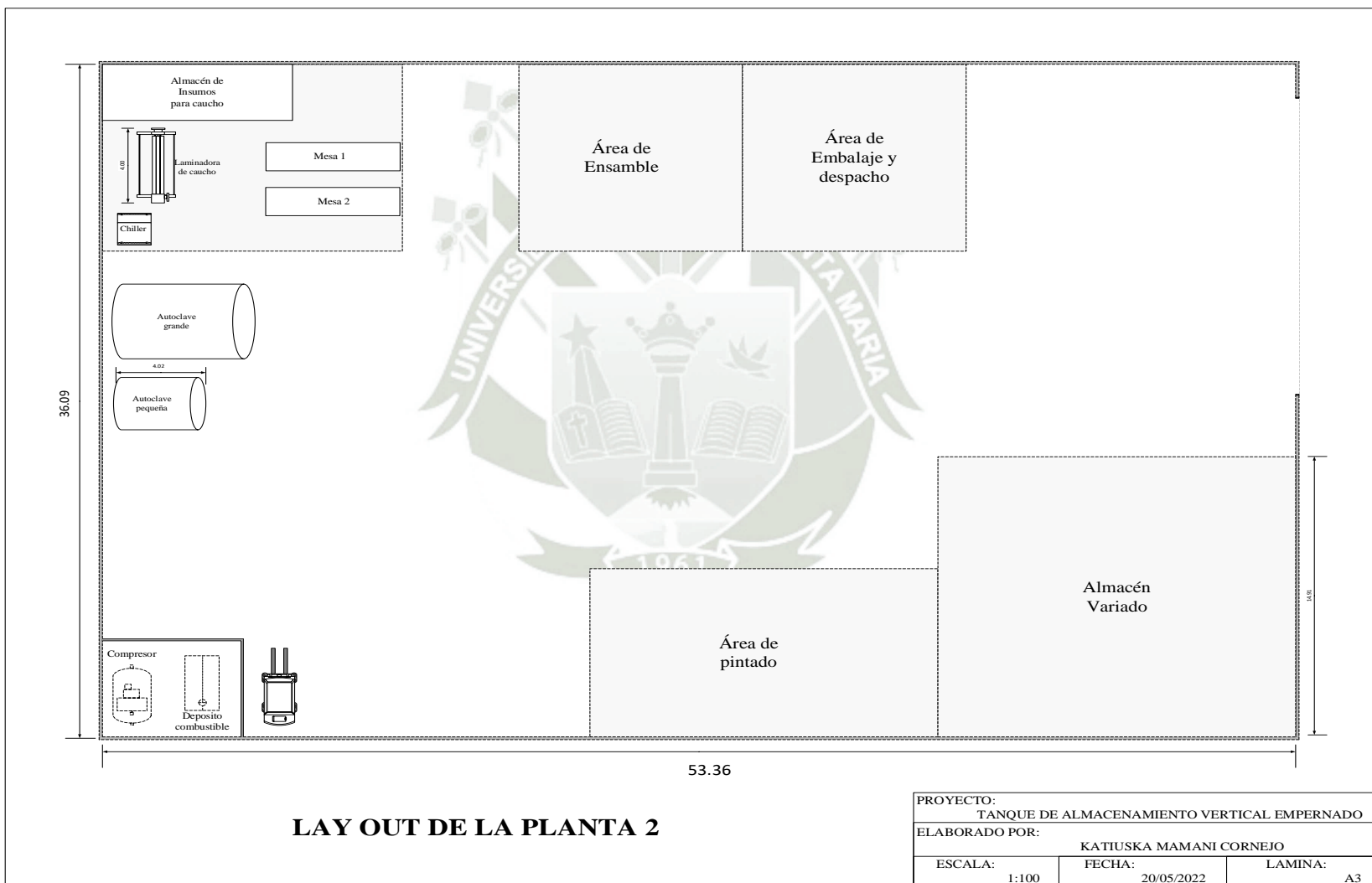
**Figura 40**

*Layout de la planta 1 actual*



**Figura 41**

*Layout de la planta 2 actual*



### 3.5.2. Diagrama de análisis del proceso

En base a lo explicado en el punto 3.4. de la descripción del Proceso de estudio, se procederá a realizar el diagrama de análisis del proceso que nos mostrará cada una de las operaciones, transportes, demoras, inspección o almacenamiento que se da en el proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado. Con esta herramienta podremos saber cuáles son las actividades que no son productivas que ocasionan costos innecesarios con el fin de poder minimizarlos.

Las siguientes tablas de diagramas de análisis del proceso detallado consideraran los procesos de Habilitado, Soldadura, Preensamblado, Granallado y Pintura. Cabe recalcar que en este proceso de fabricación no está considerado el proceso de ensamble, de esta manera una vez culminado el proceso final de pintado, son colocados en el área de despacho, para ser embalados y paletizados.

El primer proceso que se muestra en la Tabla 5 para el inicio de la fabricación es el de habilitado, en el cual se preparan las piezas mediante el trazado y corte con el carrito oxicorte o perforándolas con el taladro de banco tanto para las piezas del fondo, casco, techo y accesorios. Los tiempos de estas operaciones varían según la dimensión del corte según plano. Algunas piezas pasan por la roladora. Después de estos procesos se realiza el control de calidad.

El segundo proceso es el que se muestra en la Tabla 6, el diagrama del Proceso de Soldadura nos muestra las distintas operaciones donde se ve involucrada la soldadura, el cual es aplicado en la fabricación del anillo inferior y superior, así como en todos los accesorios alrededor del tanque. Para la fabricación de la escalera, se requiere soldar varias partes como ángulos, canales y tuberías.

Estas operaciones se dan antes del granallado, y reciben su respectivo control de calidad mediante ensayos destructivos y no destructivos según corresponda, al finalizar el soldado. Este proceso se realiza en la Planta 1.

En la Tabla 7 observamos la descripción del proceso de Preensamble, en la cual las piezas de la Planta 1 son transportadas a la Planta 2 para ser preensambladas ya que cuenta con un espacio más amplio; aquí el personal comienza a encajar las piezas con su pernería, por lo tanto, se realiza la inspección de calidad y una vez culminado se desarma todo el tanque. En este sentido se procede con el proceso de Granallado que es realizado por un proveedor externo, las piezas son transportadas a Rio seco – canteras del sillar desde la Planta 2. Culminado el servicio, se gestiona el transporte para el recojo de las piezas ya granalladas para ser dirigidas a la Planta 2; y son depositadas en la entrada. Estando ubicado en la Planta 2, inicia el proceso de pintado, este proceso se realizado mediante el uso de una pistola de pintura, después se debe esperar a que seque unas 5 horas aproximadamente, este proceso se realiza unas 3 veces, cada capa que se adiciona esta especificada en la Tabla 4, se realiza 3 capas de pintura para que al final inicie el proceso de curado donde se debe esperar alrededor de 48 horas para que la pintura no tenga ningún tipo de desprendimiento.

**Tabla 6**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Habilitado Actual*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso de habilitado de las placas de acero para el casco, fondo, techo y accesorios.		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Tipo: <del>Trabajador</del> - Material - <del>Maquina</del>		Operación	29	-				
Actividad: Proceso de Habilitado		Transporte	11	-				
Cantidad: 1	Operario:	Espera	5	-				
Método: Actual		Inspección	7	-				
Lugar: Planta		Almacenamiento	7	-				
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo (H-H)	247.27					
Página: 1/1		Distancia (m)	266.5					
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ
			○	⇨	D	□	▽	
<b>1. PROCESO DE HABILITADO</b>								
<b>1.1. Habilitado de placas para el fondo</b>								
1.1.1. Almacenamiento	-	-						
1.1.2. Transportar placas de acero a planta (C.C)	26	0.33						
1.1.3. Trazar y cortar placas en forma triangular	-	9.0						
1.1.4. Trazar y cortar placa circular para el centro	-	1.0						
1.1.5. Transportar al área de Perforación	12.5	0.25						
1.1.6. Trazar y perforar placas	-	13.84						
1.1.7. Control de calidad	-	0.5						
1.1.8. Espera a las piezas del casco	-	-						
<b>1.2. Habilitado y rolado del anillo inferior y superior</b>								
1.2.1. Almacenamiento	-	-						
1.2.2. Transportar placas de acero a planta (C.C)	26	0.33						
1.2.3. Cortar platina vertical	-	2.0						
1.2.4. Trazar y cortar placa horizontal	-	10.0						
1.2.5. Trazar y perforar placas y platinas	-	23.4						
1.2.6. Control de calidad	-	0.5						
1.2.7. Rolar platina vertical	-	1.0						
1.2.8. Espera a ser Soldado	-	-						
<b>1.3. Habilitado y rolado de placas para el casco</b>								
1.3.1. Almacenamiento	-	-						
1.3.2. Transportar placas de acero a planta (C.C)	25	0.33						
1.3.3. Trazar y cortar placas	-	9.0						
1.3.4. Cortar agujeros para accesorios	-	6.0						
1.3.5. Trazar y perforar placas	-	60.0						
1.3.6. Rolar las placas para el casco	-	6.0						
1.3.7. Control de calidad	-	0.5						
1.3.8. Transportar a Almacén General junto con el 1.1.8.	32	0.5						
<b>1.4. Habilitado de placas para el techo</b>								

1.4.1. Almacenamiento	-	-					
1.4.2. Transportar placas de acero a planta (C.C)	26	0.33					
1.4.3. Trazar y cortar placas en forma triangular		8.0					
1.4.4. Trazar y cortar placa circular para el centro		3.0					
1.4.5. Trazar y perforar placas		16.8					
1.4.6. Control de calidad	-	0.5					
1.4.7. Transportar a Almacén General	33	0.5					
<b>1.5 Habilitado de Boquillas de 6"(2), 3"(2), 2"(1), 4" (2), Manhole 24", y Tubo de Venteo</b>							
1.5.1. Almacenamiento	-	-					
1.5.2. Transportar piezas al área de operación	26	0.33					
1.5.3. Cortar tuberías		0.5					
1.5.4. Trazar y cortar placas de refuerzo(poncho)		4.0					
1.5.5. Cortar bridas de Manhole		1.7					
1.5.6. Transportar al área de Perforación	8	0.25					
1.5.7. Trazar y perforar placas de refuerzo		5.0					
1.5.8. Trazar y perforar bridas de Manhole		1.2					
1.5.9. Control de calidad		0.5					
1.5.10. Espera a ser Soldado	-	-					
<b>1.6. Habilitado de escalera y baranda de techo</b>							
1.6.1. Almacenamiento	-	-					
1.6.2. Transportar piezas al área de operación	26	0.33					
1.6.3. Cortar tubería de 1 1/2"		8.0					
1.6.4. Trazar y Cortar placas para cantonera		4.0					
1.6.5. Cortar perfiles estructurales (En U y ángulos soporte L3"X3"X3/8)		6.0					
1.6.6. Trazar y perforar placas para zancas		4.0					
1.6.7. Calentado y doblado de tuberías de Barandas		16.0					
1.6.8. Trazar y perforar perfiles estructurales (En U y ángulos soporte L3"X3"X3/8)		3.0					
1.6.9. Control de calidad		0.5					
1.6.10. Espera a ser Soldado	-	-					
<b>1.7. Habilitado de la Silleta de anclaje y orejas</b>							
1.7.1. Almacenamiento	-	-					
1.7.2. Transportar piezas al área de operación	26	0.33					
1.7.3. Trazar y Cortar placas A36		5.5					
1.7.4. Cortar esparrago de 1"		0.5					
1.7.5. Trazar y Cortar placas A36 para orejas		6.8					
1.7.6. Trazar y perforar placas para silleta		4.7					
1.7.7. Control de calidad		0.5					
1.7.8. Espera a ser Soldado	-	-					
<b>TOTAL</b>	<b>266.5</b>	<b>247.27</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

**Tabla 7**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Soldadura Actual*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso de soldadura		Actividad	Actu al	Propue sta	Econo mía			
Tipo: <del>Trabajador</del> - Material - <del>Maquina</del>		Operación	14					
Actividad: Proceso de Soldadura		Transporte	8					
Cantidad: 1	Operario:	Espera	0					
Método: Actual		Inspección	4					
Lugar: Planta		Almacenamiento	1					
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo Total (H)	174.7 0					
Página: 1/1		Distancia (M)	243					
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ
			○	⇨	D	□	▽	
<b>2. PROCESO DE SOLDADURA</b>								
<b>2.1. Soldadura del anillo inferior - superior</b>								
2.1.1. Transportar al área de soldadura	26	0.25						
2.1.2. Armado de Anillo Inferior - Superior	-	8.0						
2.1.3. Soldar la placa horizontal con platina	-	28.0						
2.1.4. Control de Calidad	-	4.0						
2.1.5. Transportar a Almacén General	41	0.33						
<b>2.2. Soldadura de Boquillas 6"(2), 3"(2), 2"(2), 4"(2), Manhole 24" y tubo de venteo</b>								
2.2.1. Transportar al área de soldadura	23	0.25						
2.2.2. Armado de boquillas, Manhole 24" y Tubo de venteo	-	8.0						
2.2.3. Soldar brida con tuberías y poncho de las boquillas.	-	10.0						
2.2.4. Soldar la brida con tubería y placa de refuerzo (poncho) y varillas a la tapa del Manhole	-	9.5						
2.2.5. Soldar tubería 2" (brazo pescante) a tubería 24"	-	2.0						
2.2.6. Soldar las 3 tuberías del tubo de venteo	-	2.0						
2.2.7. Soldar la placa de refuerzo a las tuberías unidas del tubo de venteo	-	3.0						
2.2.8. Control de Calidad	-	5.0						
2.2.9. Transportar a Almacén General	41	0.33						
<b>2.3. Soldadura de Escalera y baranda de techo</b>								
2.3.1. Transportar al área de soldadura	23	0.42						
2.3.2. Armado de Escalera y Baranda de techo	-	24.0						
2.3.3. Soldar tuberías entre sí para formar la baranda	-	22.0						
2.3.4. Soldar canales en U entre sí.	-	11.0						
2.3.5. Soldar ángulos soporte L3"X3"X3/8	-	12.0						
2.3.6. Control de Calidad	-	4.0						
2.3.7. Transportar a Almacén General	41	0.33						
<b>2.4. Soldadura de la Silleta de Anclaje</b>								
2.4.1. Transportar al área de soldadura	10	0.25						
2.4.2. Armado de Silleta de Anclaje	-	1.5						

2.4.3. Soldadura de Placas	-	17.2						
2.4.4. Control de Calidad	-	1.0						
2.4.5. Transportar a Almacén General	38	0.33						
<b>2.5. Almacenamiento total</b>	-	-						
<b>TOTAL</b>	<b>243</b>	<b>174.7</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	



**Tabla 8**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Granallado y Pintura Actual*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso Preensamblado, Granallado y Pintura		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Tipo: <del>Material</del> - Trabajador - <del>Maquina</del>		Operación ○	6					
Actividad: Proceso Productivo		Transporte ⇨	4					
Cantidad: 1	Operador:	Espera D	4					
Método: Actual		Inspección □	5					
Lugar: Planta		Almacenamiento ▽	2					
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo Total (H)	181.75					
Página: 1/1		Distancia (M)	40516					
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ.
			○	⇨	D	□	▽	
<b>3. PREENSAMBLADO</b>								
3.1. Transporte de las piezas al área de ensamblado en R. S	18900	13	●					
3.2. Preensamblado	-	32	●					
3.3. Inspección de calidad del preensamblado	-	8				●		
3.4. Desarmado	-	8	●					
3.5. Almacenamiento	-	-					●	
<b>4. PROCESO DE GRANALLADO Y PINTURA</b>								
<b>4.1. Granallado externo</b>								
4.1.1. Transporte de las piezas a granallar	10800	14	●					
4.1.2. Granallado externo de las piezas	-	8.0	●					
4.1.3. Transporte de las piezas a planta	10800	13	●					
4.1.4. Inspección de calidad de las piezas	-	0.5				●		
4.1.5. Guardar piezas granalladas en almacén general	-	0.25					●	
<b>4.2. Pintura de placas del casco</b>								
4.2.1. Transportar al área de Pintura	16	0.5	●					
4.2.2. Pintura primera capa	-	6.0	●					
4.2.3. Secado primera capa	-	5.0				●		
4.2.4. Control de Calidad	-	0.5					●	
4.2.5. Pintura segunda capa	-	6.0	●					
4.2.6. Secado segunda capa	-	5.0				●		
4.2.7. Control de Calidad	-	0.5					●	
4.2.8. Pintura tercera capa	-	6.0	●					
4.2.9. Secado tercera capa	-	5.0				●		
4.2.10. Control de Calidad	-	0.5					●	
4.2.11. Curado de pintura	-	48.0				●		
4.2.12. Control de Calidad	-	3.0					●	
<b>TOTAL</b>	<b>40516</b>	<b>181.75</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	

**Tabla 9**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Embalaje y Almacenamiento*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO									
Empresa: La empresa				Resumen					
Objeto: Proceso de Embalaje y Almacenamiento		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Tipo: <del>Material</del> - Trabajador - <del>Maquina</del>		Operación	1						
Actividad: Proceso Productivo		Transporte	1						
Cantidad: 1	Operador:	Espera	0						
Método: Actual		Inspección	0						
Lugar: Planta		Almacenamiento	1						
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo Total (H)	6						
Página: 1/1		Distancia (M)	17						
Fecha:									
Descripción de los eventos		Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ.
				○	⇨	D	□	▽	
<b>5. PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO</b>									
5.1. Transportar al área de despacho		17	1	●					
5.2. Embalar las piezas			5	●					
5.3. Almacenar piezas		-	-					●	
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	

Según el diagrama de análisis del proceso actual, sumando los tiempos del proceso, se obtiene como resultado el siguiente dato:

**Tabla 10**

*Tiempo total del proceso actual*

DESCRIPCION	TIEMPO (H)
PROCESO DE HABILITADO	247.27
PROCESO DE SOLDADURA	174.70
PROCESO DE ENSAMBLADO - GRANALLADO - PINTADO	181.75
PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	6.00
<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO</b>	<b>609.72</b>
<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (DIAS)</b>	<b>76.22</b>

El tiempo total del proceso es de 609.72 horas, que es equivalente a 76.22 días de trabajo completo.

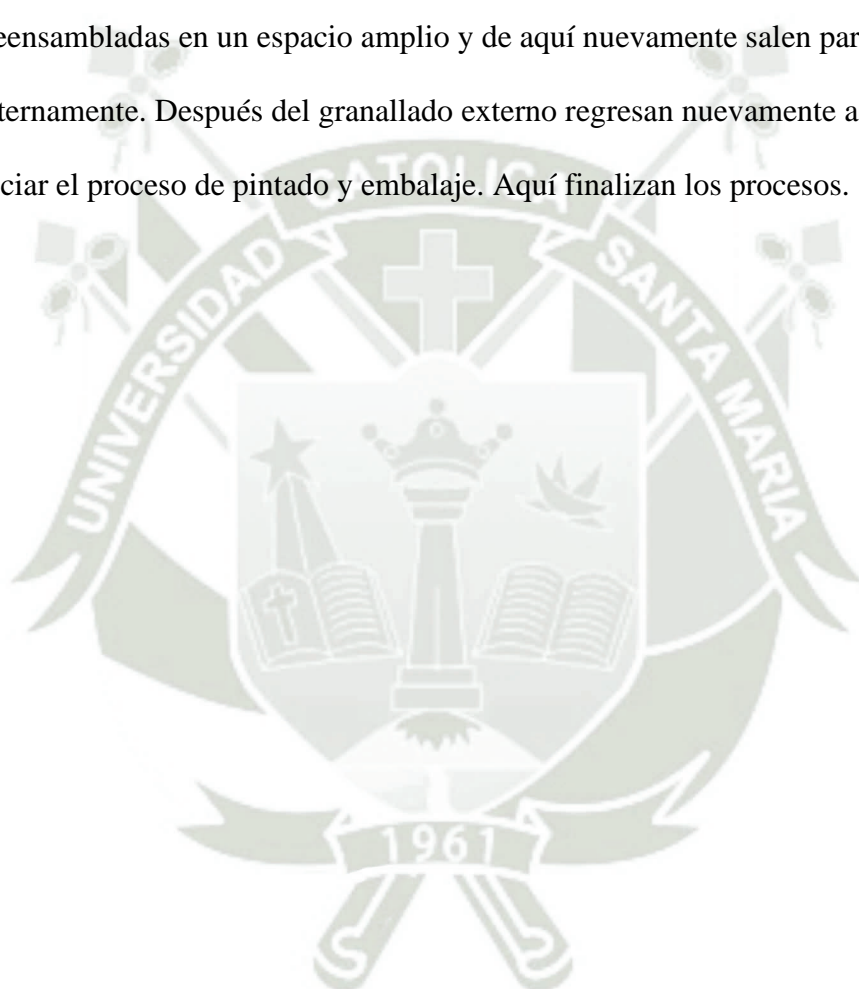
### 3.5.3. Diagrama de recorrido de actividades

Para mostrar las ubicaciones de todas las actividades que se realizan en el proceso de fabricación, es necesario diseñar un diagrama de recorrido que nos permita tener una perspectiva visual del trayecto que sigue el material en cada una de las áreas, de esta manera podremos encontrar si existe algún posible congestionamiento de tránsito o si es que hace falta el espacio suficiente para que las actividades puedan realizarse con normalidad, esto con el fin de proponer una mejor distribución de planta.

En la siguiente figura, como mencionamos anteriormente, mostramos el Layout de la empresa, que está constituida por dos plantas, estas se encuentran separadas con un aproximado de 5 km de distancia en la cual el vehículo se demora aproximadamente entre 40 a 60 minutos en llegar debido al tráfico y congestionamiento. Este detalle

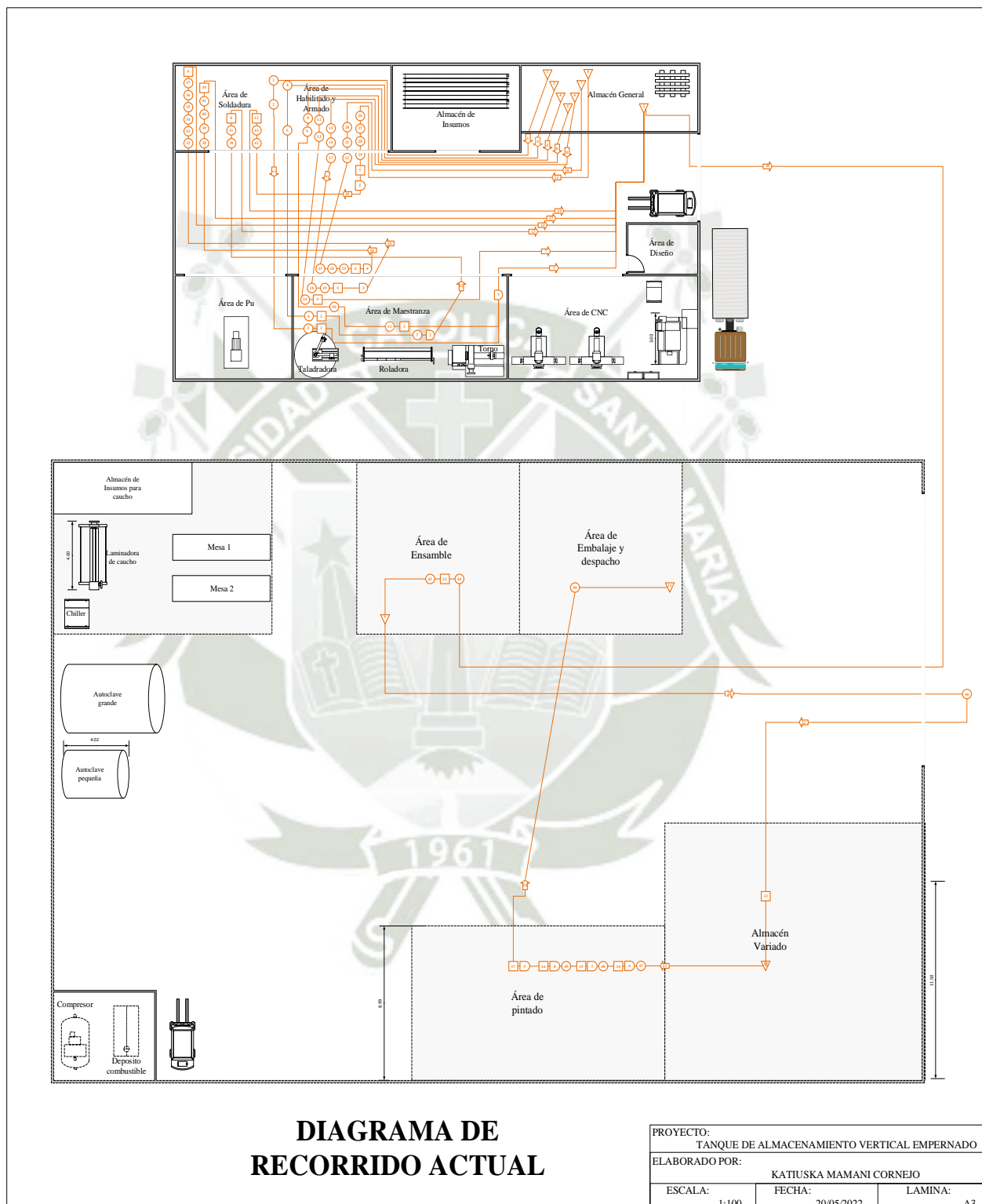
también provoca el retraso de algunas actividades, puesto que para realizar el servicio de granallado (operación 46), se debe recorrer una distancia de 10.8 km ya que se encuentra por la Ruta del Sillar.

En la figura 45 se visualiza las salidas y entradas frecuentes del material. Debido al poco espacio de la Planta 1, las piezas son transportas a la Planta 2 para poder ser preensambladas en un espacio amplio y de aquí nuevamente salen para ser granalladas externamente. Después del granallado externo regresan nuevamente a la Planta 2 para iniciar el proceso de pintado y embalaje. Aquí finalizan los procesos.



**Figura 42**

*Diagrama de recorrido del proceso actual*



El diagrama de recorrido nos muestra la incorrecta distribución de la empresa, la cual refleja el reducido espacio que posee la planta 1 para poder desarrollar las operaciones del proceso involucrado; considerando que en el almacén general se deben realizar varias salidas independientes de los materiales a habilitar, el montacargas lleva estos materiales uno por uno debido al poco espacio de cada una de las áreas, lleva desde placas de acero con una medida de 6 x 2.40m hasta tuberías de gran tamaño; si los lleva todos juntos en una sola salida generaría desorden y acumulación de material en las áreas, impidiendo el tránsito del personal dentro de planta.

A pesar del reducido espacio de las áreas y el gran tamaño de las placas u otro material, estos se siguen acumulando provocando que salgan de sus áreas ocasionando congestión en el tráfico de las operaciones y exposición al peligro.

Un punto importante aquí, es que la fabricación de este tanque involucra la gran mayoría de procesos en esta planta ya que posee varias piezas tanto pequeñas como grandes causando una labor de varias semanas de trabajo; cada operación específica es realizada por una máquina-herramienta en particular produciendo que las piezas tenga un tiempo de espera, ya que la gran mayoría de operaciones se realizan una por una, sin embargo se podría mejorar los tiempos uniendo operaciones para optimizar estos tiempos.

Culminado el habilitado, todas las piezas solas o completas son llevadas a almacenar a la espera de la coordinación para ser trasladadas a granallar, como se dijo en un punto anterior, esta operación es realizada por el servicio de un tercero, estas piezas son llevadas por el camión de la empresa hasta la Ruta del Sillar, esto se ve reflejado en la operación 46, después nuevamente el camión va hasta este lugar para el recojo de las piezas ya granalladas y posteriormente son llevadas a la Planta 2 ubicada en el Parque Industrial de Rio seco – Cerro Colorado ocasionando viajes largos y días de espera,

esto genera un costo alto en el transporte y tiempo a la espera de la llegada del material.

Cuando las piezas llegan a la Planta 2, son colocadas cerca a la entrada, como tampoco se tiene definido un lugar de almacenamiento, son acumuladas unas sobre otras cerca a la entrada, ocasionando desorden ya que son distribuidas sin un orden correcto.

Después pasan por el proceso de pintado que lo realizan al lado de donde acumulan el material.

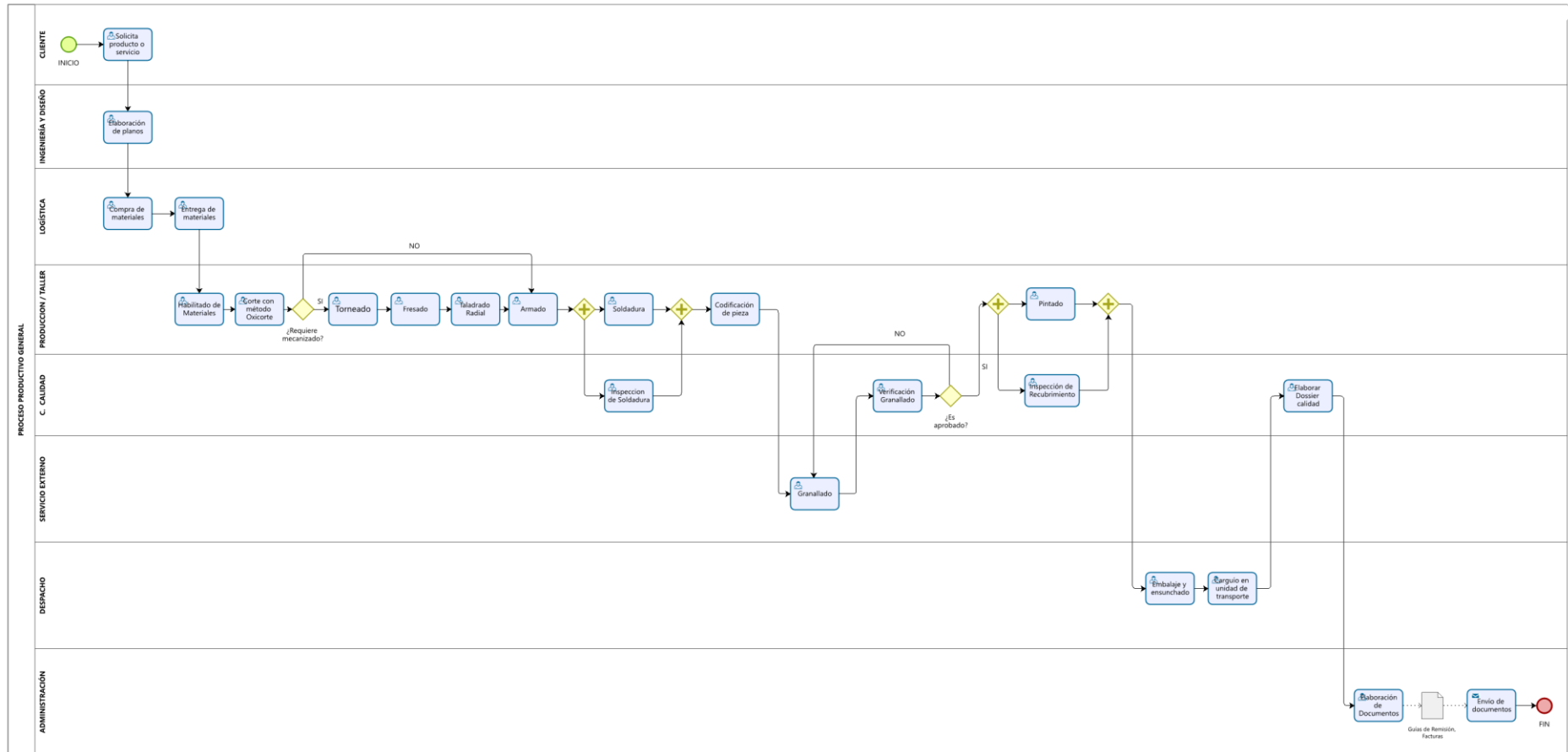
Como se observa en la Figura 45, existe el área de Ensamblado, sin embargo, no se ejercen operaciones relacionadas al área, sino más netamente de Soldadura, aquí encontramos diversas herramientas y equipos de soldar, por lo tanto, el área está mal definida y para finalizar esta el área de Embalaje y Despacho donde se preparan las piezas con el stretch film, se colocan en los pallets, se enzunchan para su despacho.

#### **3.5.4. Diagrama de Flujo del proceso productivo**

Por otra parte, se presenta el diagrama de flujo del proceso producción del tanque de almacenamiento vertical empernado en detalle de la empresa en estudio, en la cual involucraremos algunas funciones de las áreas involucradas desde el diseño de planos, proceso de fabricación; hasta las pruebas de calidad y entrega del producto.

**Figura 43**

*Diagrama de flujo del proceso productivo general*



*Nota.* El diagrama representa el flujo general de todas las áreas involucradas para el proceso de producción general y en su estudio, del tanque de almacenamiento vertical empernado.

### 3.5.5. Diagrama Flowsheet

**Figura 44**

*Flowsheet del proceso*



### 3.5.6. Análisis de los Procesos

Nos enfocaremos en realizar en cálculos de material y estudios de métodos y tiempos en tres procesos en particular, cuya finalidad es proponer las mejoras en cada proceso que ayudaran al incremento de la productividad de la empresa y sobre todo en un ahorro de costos de materiales de materiales y mano de obra.

Para el cálculo del material en el proceso de pintado se usará información brindada por la empresa en cuanto a las especificaciones técnicas del proyecto; como sabemos el tipo de pintura es variable dependiendo de la solicitud del cliente o recomendaciones del proveedor, por ello en este estudio se usará la información descrita en el punto 3.4.1.3. Y para el cálculo de soldadura de la misma forma, la información será obtenida del supervisor y soldadores en producción, además de añadir los fundamentos teóricos para el cálculo de esta misma.

Se registrarán con precisión los tiempos tomados y se evaluara con honestidad el desempeño del operario escogido, previamente solicitado al Supervisor de Producción ya que este último debe indicar su conformidad con su firma al final del estudio.

El operario escogido debe trabajar a paso normal, de forma estable mientras el estudio este en curso. El equipo que se utilizara para la medición, es el cronometro, conjuntamente con ayuda de una calculadora y cámaras de video grabación, se obtendrá los tiempos con mayor análisis y rapidez.

#### 3.5.6.1. Distribución de placas para el proceso de corte

Actualmente la distribución de placas de acero en un plano se hace de manera convencional y manual, simplemente haciendo encajar la medida de las piezas del plano de fabricación ya sea cuadrangular, circular o de tantas formas

posibles en la medida de la placa comercial según su espesor en el programa AutoCAD.

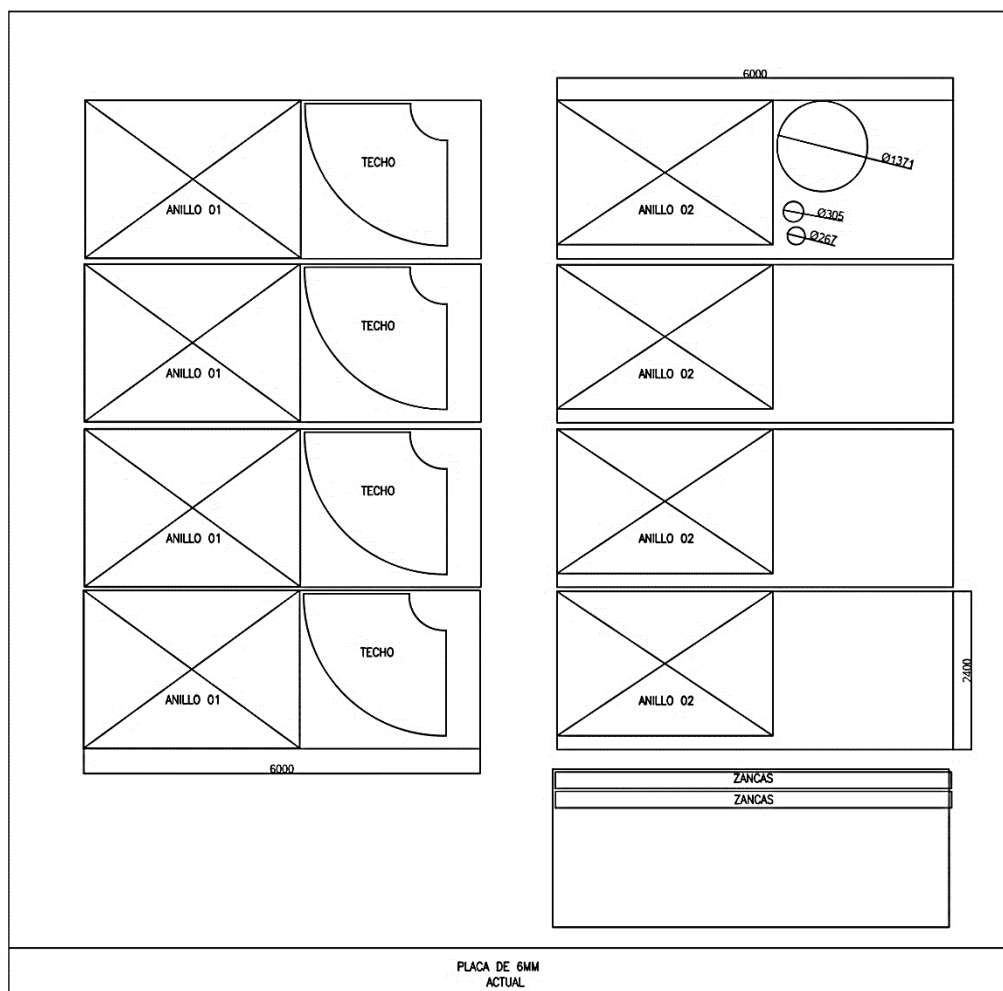
En este caso se usó como base placas de acero de 6000 x 2400 mm con espesores de 6mm y de 9 mm, ya que gran parte de las piezas del plano de fabricación poseían estos espesores, a diferencia de pequeñas piezas de 12, 16 y 25mm de espesor, en la cual se compraron placas pequeñas ya cortadas y cerca de la medida necesaria.

El hecho que esta distribución sea realizada por el área de ingeniería y diseño, provoca malgasto de tiempo por la cantidad de intentos que se deben realizar para evitar un mayor desperdicio de material de acero con el menor número de placas posible.

A continuación, se muestra la distribución realizada en AutoCAD tanto para las placas de espesor de 6 y de 9 mm, con el fin de encajar las piezas en el menor número posible de placas de gran dimensión y a su vez generando el menor desperdicio de material.

**Figura 45**

*Distribución de placas de acero de 6 mm esp. Actual*



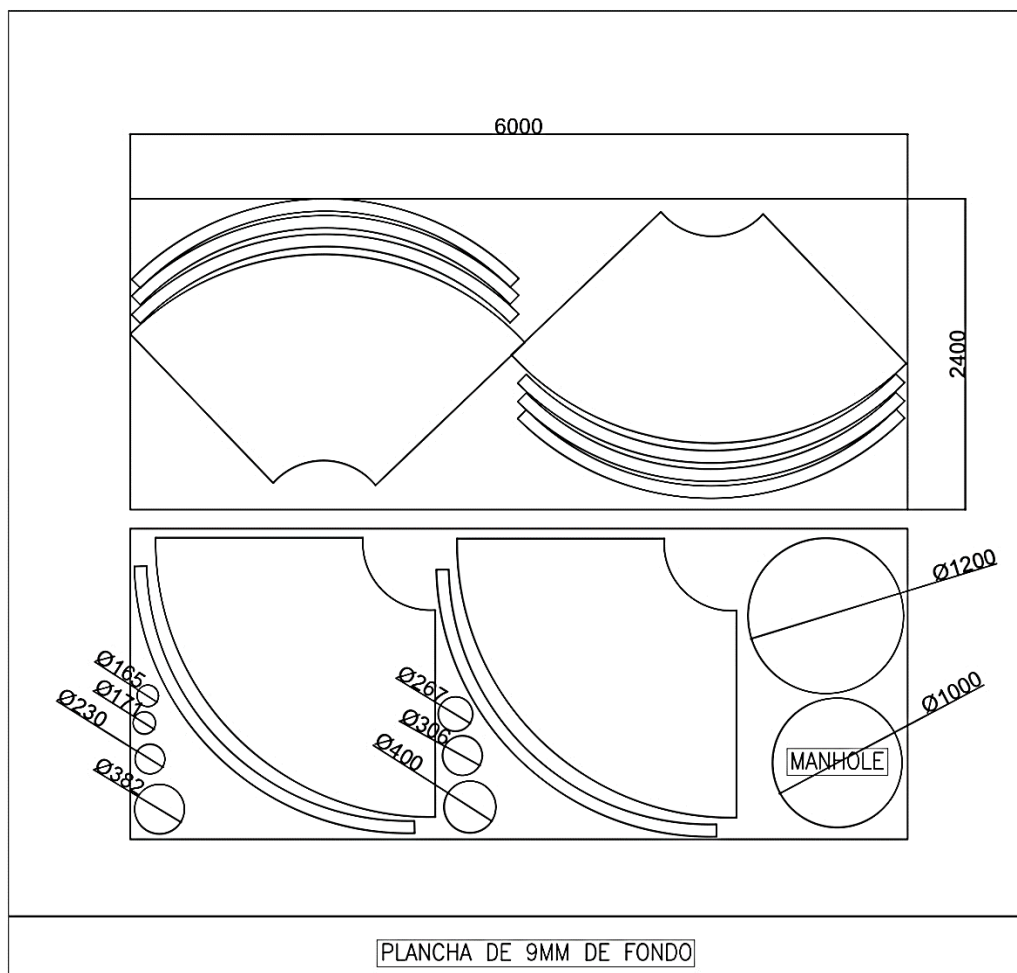
*Nota.* La figura muestra el plan de corte actual de placas de espesor de 6mm que se realizó para comprar las placas de acero, este plan se realizó de forma manual, haciendo encajar las piezas donde sea más apropiado.

En total se necesitaron 9 placas de acero de 6000 x 2400 mm para poder realizar la distribución de las piezas, sin embargo, en la figura se aprecia que en 5 placas de acero existe más desperdicio a comparación del resto; esto se debe a la reducida cantidad de piezas de 6 mm de espesor, y a una incorrecta distribución convencional, considerando que en su momento se pensó realizar

la compra de las piezas ya cortadas, sin embargo, según la cotización se obtendría con un costo más elevado con un mayor tiempo de entrega.

**Figura 46**

*Distribución de placas de acero de 9 mm esp. Actual.*



*Nota.* La figura muestra el plan de corte actual de placas de espesor de 9mm que se realizó para comprar las placas de acero, este plan se realizó de forma manual, haciendo encajar las piezas donde sea más apropiado.

A pesar de que esta es la mejor distribución de piezas en las placas de 6 y de 9 mm, se puede observar que existe desperdicio de material en las placas con espesor de 6 mm; al momento de ser cortadas, las partes sobrantes no se

desechan, sino que se guardan en el almacén para ser reutilizadas en otro proyecto o fabricación; considerando que esto es lo ideal, en la práctica se ve que el almacén conserva muchos retazos o piezas pequeñas con formas irregulares por largo tiempo, las cuales no son utilizadas verdaderamente como se quisiera, además de ocupar espacio innecesariamente dentro del almacén. Al tener cada vez más piezas que almacenar, genera más espacio de almacén que utilizar.

Se procede a calcular que cantidad de material es la que se está desperdiciando o sobrante al momento del corte en la placa con espesor de 6 mm.

$$\begin{aligned} \text{Area Total } M^2 - \text{Area Utilizada } M^2 &= \text{Area Desperdiciada } M^2 \\ 129.6 M^2 - 77.68 M^2 &= 51.915 M^2 \end{aligned}$$

Se desperdicia aproximadamente 51.915 m<sup>2</sup>, esto equivale a un 40.06% de material utilizado del total de placas requeridas de 6mm de esp., y realizando una conversión podemos decir que la cantidad de m<sup>2</sup> de desperdicio equivale a 2445.21 kilogramos de acero, en otras palabras, estamos hablando de más de 2 toneladas de acero.

Si bien es cierto, siempre hay un desperdicio, este resultado nos indica que se está gastando más de lo debido en cuanto a costo, sabiendo que estamos pagando 1.28 \$/kg de acero, multiplicándolo por el total de kilogramos desperdiciados, obtenemos:

$$\begin{aligned} \text{Costo de Kg acero } x \text{ Total Kg} &= \text{Costo Total del Desperdicio} \\ 1.28 \frac{\$}{Kg} \quad x \quad 2445.21 Kg &= 3127.19 \$ \end{aligned}$$

El costo total equivalente al desperdicio de material es de 3127.19 \$, esto es igual a S/. 12058.45.

De manera que es necesario encontrar una mejor distribución de estas placas para no desperdiciar mayor porcentaje de material, así como el de proponer un método para el corte óptimo de los materiales 1D y 2D.

### 3.5.6.2. Cálculo de Pintura

Este cálculo se efectuará para poder estimar la cantidad de pintura que se necesitará a fin de no obtener faltantes muy altos ni sobrantes. Para ello se utilizará ciertos datos técnicos de la pintura que se usará tanto en la parte externa e interna del tanque.

Como se mencionó en el punto 3.4.1.3 se emplearán distintos tipos de pintura que se diferencian de acuerdo a sus características y propiedades como su porcentaje de sólidos en volumen, rango de espesor de película y su tipo acorde a su densidad. Esto también es necesario para poder incluirlo en el análisis de costos posteriormente. En las siguientes tablas se muestran los cálculos de Pintura.

**Tabla 11**

*Calculo de Pintura Total Epóxido Poliámidica – Capa Externa*

<b>CALCULO DE PINTURA</b>		
<b>Tipo de pintura</b>	<b>MACROPOXY 851</b>	
<b>Solvente</b>	<b>DILUYENTE EPOXICO ESTÁNDAR</b>	
% de sólidos en volumen (%)	85.00	Ficha técnica
Factor de eficiencia (0.5 - 0.8)	0.50	Tipo de estruct.
Área a pintar (m <sup>2</sup> )	<b>117</b>	Metrado
Espesor de película seca (mils)	<b>8.00</b>	Solicitado

Porcentaje de solvente (%)	<b>40.00</b>	Ficha técnica
Factor de calculo	<b>1.4902</b>	Factor Gener.
<b>RENDIMIENTO TEORICO</b>	<b>15.83</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>RENDIMIENTO PRACTICO</b>	<b>7.92</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>VOLUMEN DE PINTURA</b>	<b>14.78</b>	<b>Gal.</b>
<b>VOLUMEN DE SOLVENTE</b>	<b>5.91</b>	<b>Gal.</b>

*Nota.* La elección del solvente se realiza considerando la compatibilidad con el material que se está pintando.

**Tabla 12**

*Calculo de Pintura Total Poliuretano Acrílico – Capa Externa*

<b>CALCULO DE PINTURA</b>		
<b>Tipo de pintura</b>	<b>SUMATANE HS</b>	
<b>Solvente</b>	<b>DILUYENTE POLIURETANO</b>	
% de solidos en volumen (%)	70.00	Ficha técnica
Factor de eficiencia (0.5 - 0.8)	0.50	Tipo de estruct.
Área a pintar (m2)	<b>117</b>	Metrado
Espesor de película seca (mils)	<b>2.00</b>	Solicitado
Porcentaje de solvente (%)	<b>40.00</b>	Ficha técnica
Factor de calculo	<b>1.4902</b>	Factor Gener.
<b>RENDIMIENTO TEORICO</b>	<b>52.16</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>RENDIMIENTO PRACTICO</b>	<b>26.08</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>VOLUMEN DE PINTURA</b>	<b>4.49</b>	<b>Gal.</b>
<b>VOLUMEN DE SOLVENTE</b>	<b>1.79</b>	<b>Gal.</b>

*Nota.* El solvente correcto garantiza una buena adherencia, para su durabilidad y resistencia.

**Tabla 13**

*Calculo de Pintura Total Epóxido Poliámida – Capa Interna*

<b>CALCULO DE PINTURA</b>		
<b>Tipo de pintura</b>	<b>MACROPOXY 851</b>	
<b>Solvente</b>	<b>DILUYENTE EPOXICO ESTÁNDAR</b>	
% de solidos en volumen (%)	85.00	Ficha técnica
Factor de eficiencia (0.5 - 0.8)	0.50	Tipo de estruct.
Area a pintar (m2)	<b>117</b>	Metrado
Espesor de película seca (mils)	<b>12.00</b>	Solicitado
Porcentaje de solvente (%)	<b>40.00</b>	Ficha tecnica
Factor de calculo	<b>1.4902</b>	Factor Gener.
<b>RENDIMIENTO TEORICO</b>	<b>10.56</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>RENDIMIENTO PRACTICO</b>	<b>5.28</b>	<b>Gal. / m2</b>
<b>VOLUMEN DE PINTURA</b>	<b>22.17</b>	<b>Gal.</b>
<b>VOLUMEN DE SOLVENTE</b>	<b>8.87</b>	<b>Gal.</b>

*Nota.* Para aplicar la cantidad de pintura es necesario calcular la cantidad de solvente para ajustar la viscosidad y facilitar la evaporación del líquido en la pintura

El volumen de pintura hallado en las tablas anteriores, será utilizado para realizar las cotizaciones respectivas además de que formará parte del análisis de costo.

Se adjunta en el Anexo N°1 y N°2 las fichas técnicas de los tipos de recubrimiento de las capas externas e internas del tanque en el siguiente orden: Macropoxy 851 y Sumatane HS.

### 3.5.6.3.Cálculo de Soldadura

La Soldadura por Arco de electrodo Revestido (SMAW) que se utiliza actualmente en la empresa brinda una buena versatilidad, sobre todo una baja

inversión inicial. Se le dice baja inversión inicial debido a que tanto los equipos necesarios, capacitación y consumibles son de menor costo con respecto a otros procesos de soldadura más modernos.

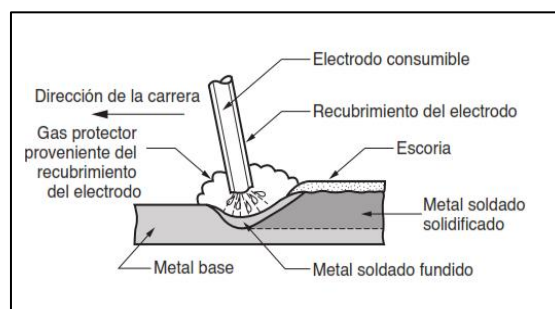
El proceso SMAW utiliza un electrodo o varilla de diámetro 2.5mm a 9.5mm y longitud 225mm a 450mm que es una varilla de metal recubierta con un material que proporciona atmosfera protectora y estabilización de arco. El equipo es portátil y de bajo costo lo que permite que sea el proceso más versátil y más utilizado. (Groover, 2007)

Sin embargo, una de sus limitaciones se encuentra en la regulación de la corriente debido a que la longitud del electrodo varía durante la aplicación, su calentamiento varía teniendo que utilizar amperajes en rangos seguros para que el recubrimiento no se funda, limitando a su vez la velocidad de deposición.

También es importante resaltar que este proceso requiere gran habilidad de soldeo por parte del soldador ya que se trata de una soldadura manual, además debe estar calificado para la operación considerando que el proceso es un poco lento. Con el riesgo de que la soldadura pueda poseer inclusiones de escoria.

#### **Figura 47**

*Proceso de Soldadura SMAW*



*Nota.* Se tienen que cambiar las varillas constantemente lo cual reduce el tiempo efectivo de arco encendido. Adaptado de Groover, 2007.

Sin embargo, en la actualidad la mayoría de empresas metalmecánicas en el Perú están adoptando nuevos procesos de soldadura. Procesos semiautomáticos como FCAW que tienen ventajas sustanciales en productividad que se traducen en un menor costo en mano de obra, menores desperdicios, mejores tiempos de entrega de fabricaciones asegurando un buen retorno de la inversión.

Esta diferencia radica en su tecnología, los procesos semiautomáticos son llamados de tal manera debido a que la máquina de soldar se encarga de gestionar la alimentación del alambre, gas y parámetros de soldadura sea voltaje y amperaje para que el soldador solo se encargue de realizar la tarea para la cual fue contratado, muy diferente a procesos manuales como SMAW en el que el electrodo debe ser sustituido continuamente por el soldador pausando su producción.

A continuación, se muestran parámetros básicos de la situación actual, que nos servirán para compararlo con la alternativa propuesta más adelante.

**a) Tasa de deposición:** Se define como la cantidad de soldadura depositada por unidad de tiempo considerando un 100% de arco encendido.

$$TASA DE DEPOSICION = \frac{METAL DEPOSITADO (KG)}{TIEMPO (H)}$$

**Tabla 14**

*Tasa de Deposición para Electrodo Revestidos*

Electrodo	DIAMETRO		VELOCIDAD DE DEPOSICION KG/HR
	PULG	MM	
E7018	1/8	3.2	0.005 X AMP + 0.455
	5/32	4.0	0.004 X AMP + 0.977
	3/16	4.8	0.007 X AMP + 0.727
	7/32	5.6	0.008 X AMP + 1.199
	1/4	6.4	0.008 X AMP + 1.273
	5/16	7.9	0.077 X AMP + 1.876

*Nota.* La tabla muestra las velocidades de deposición de acuerdo al diámetro del electrodo E7018. La tabla fue adaptada de Lincoln Electric, 2021.

La tasa de deposición para Electrodo E7018 de 5/32” y 150A se tiene lo siguiente.

$$T.D = 0.004 \times AMP + 0.977$$

$$T.D = 1.58 \text{ KG/HR}$$

La tasa de deposición del proceso SMAW es de 1.58 KG/HR, este valor se usará como base para determinar el costo total de la soldadura.

**b) Rendimiento de los consumibles,** el rendimiento se entiende como el porcentaje entre la soldadura depositado y el material de aporte adquirido.

$$RENDIMIENTO = \frac{METAL DEPOSITADO (KG)}{APORTE UTILIZADO (KG)}$$

Para poder hallar el costo total de la soldadura es necesario utilizar el rendimiento de aporte tanto para el proceso SMAW como para el proceso propuesto más adelante. En la siguiente tabla se muestran los porcentajes aproximados de rendimiento.

**Tabla 15**

*Rendimiento de consumibles*

PROCESO DE SOLDADURA	RENDIMIENTO
SAW	100%
GMAW	90-95%
FCAW-G	85-90%
FCAW-S	80-85%
SMAW	50-65%

*Nota.* En este caso para el electrodo revestido se tiene como rendimiento un rango de 50-65%. La tabla fue adaptada de Lincoln Electric, 2021.

**c) Factor de Operación:** Para soldar dos piezas se dan tareas tanto de preparación para la soldadura, la soldadura propiamente dicha y tareas post soldadura. Si nos colocamos en el punto de vista del soldador, notaremos que solo una parte del tiempo realiza su labor para la que fue contratado, es decir soldar.

$$F.O. = \frac{\text{TIEMPO DE ARCO ENCENDIDO}}{\text{TIEMPO TOTAL}} = \frac{\text{TASA DE DEPOSICION REAL}}{\text{TASA DE DEPOSICION}}$$

**Tabla 16**











































*Factor de operación Típicos*

PROCESO DE SOLDADURA	FACTOR DE OPERACION
ROBOTIZADA	80-90%
GMAW	35-40%
FCAW	30-35%
SMAW	20-30%
GTAW	20-30%

*Nota.* El factor de Operación depende del proceso de Soldadura, por ejemplo, con SMAW se tiene tiempos muertos debido al cambio de electrodo y limpieza de escoria, los cuales no se tienen con otros procesos semiautomáticos tipo FCAW. La tabla fue adaptada de Lincoln Electric, 2021.

**Figura 48**

*Tipos de Uniones de Soldadura*

DESCRIPCION	SECCION	PERSPECTIVA	SIMBOLO	DESCRIPCION	SECCION	PERSPECTIVA	SIMBOLO
Soldadura Filete				Soldadura Combinada a Tope Bisel en V y Filete			
Soldadura a Tope Bisel Recto				Soldadura a Tope Bisel en K			
Soldadura a Tope Bisel en 1/2 V				Soldadura a Tope Bisel en J (1/2 U)			
Soldadura a Tope Bisel en V				Soldadura a Tope Bisel en U			
Soldadura a Tope Doble Bisel en V				Soldadura a Tope Doble Bisel en J			
Soldadura en 1/2 V con raíz de talon amplia				Soldadura a Tope Doble Bisel en U			
Soldadura en V con raíz de talon amplia				Soldadura a Tope en Bisel Simple con Lado Curvo			

*Nota.* Las uniones de soldadura desempeñan un papel fundamental en la fabricación y construcción de estructuras metálicas. Extraído de Federación de Enseñanza de CC. OO, 2010.

Existen tablas que facilitan este cálculo según el tipo de junta nos brindan valores de kilogramos de soldadura por unidad de longitud. A continuación, se muestra la soldadura total utilizada en este proyecto.

**Tabla 17***Cuantificación de Cantidad de Soldadura*

UNION	TIPO DE JUNTA	SOLDADURA
ANILLO INFERIOR	FILETE	13.9 KG
ANILLO SUPERIOR	FILETE	13.9 KG
SILLETAS	FILETE	4.3 KG
MANHOLE	FILETE	2.3 KG
BOQUILLAS	FILETE	1.83 KG
ALIMENTACION		
<b>TOTAL</b>		<b>39.8 KG</b>

Nota. Según los pesos de soldadura de cada una de las uniones a realizar, suma un total de 39.8 kilogramos.

#### 3.5.6.4. Estudio de tiempos del proceso de Pintado

La mejora que se realizara en este proceso involucra los tiempos de pintado con el tipo de equipo que se está utilizando actualmente. Se realizará un estudio de tiempos para saber la cantidad de horas totales que se emplearan en las operaciones de este proceso.

Para este estudio se registrarán los tiempos por metro cuadrado de pintado (m<sup>2</sup>), en otras palabras, con ayuda del cronometro ya especificado antes, se medirá el tiempo por cada metro cuadrado de pintura que se deposite en la superficie de las placas de acero. Además del tiempo de preparación de la pintura, así como la recarga que se hace después de utilizar toda la pintura de la lata de alimentación del equipo. El ritmo de trabajo considerado en el estudio es de 100%.

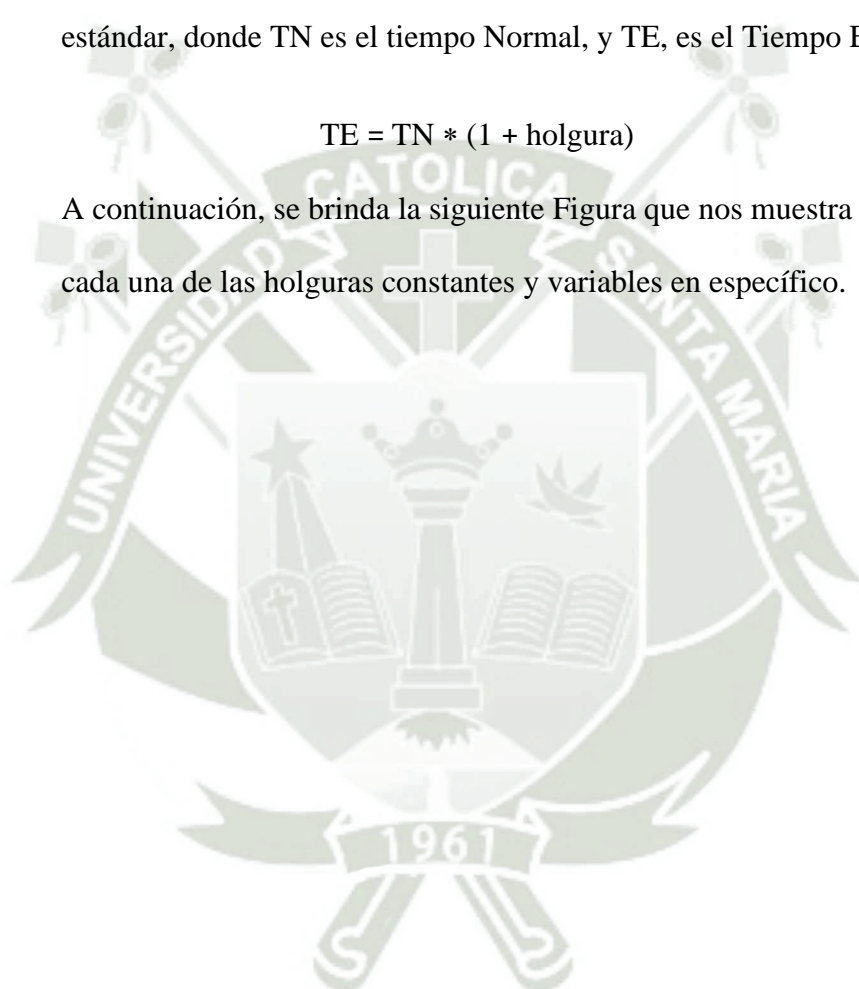
Cabe mencionar que las condiciones de trabajo que se consideran en este procedimiento y que afectan al operario mas no al proceso u operación; se

calificación, con una puntuación brindada por la organización internacional del trabajo, la sumatoria de estas puntuaciones dan el porcentaje al cual se verá afectado el Tiempo Normal.

El tiempo Normal no involucra las demoras inevitables, en este sentido, se realiza el cálculo con la siguiente fórmula para poder obtener el tiempo estándar, donde TN es el tiempo Normal, y TE, es el Tiempo Estándar.

$$TE = TN * (1 + \text{holgura})$$

A continuación, se brinda la siguiente Figura que nos muestra la puntuación de cada una de las holguras constantes y variables en específico.



### Figura 49

*Suplementos recomendados por la Organización Internacional del Trabajo*

<b>A. Holguras constantes:</b>	
1. Holgura personal. ....	5
2. Holgura por fatiga básica. ....	4
<b>B. Holguras variables:</b>	
1. Holgura por estar parado. ....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda. ....	0
b) Incómoda (flexionado). ....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado). ....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5. ....	0
10. ....	1
15. ....	2
20. ....	3
25. ....	4
30. ....	5
35. ....	7
40. ....	9
45. ....	11
50. ....	13
60. ....	17
70. ....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado. ....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado. ....	2
c) Muy inadecuada. ....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable. ....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino. ....	0
b) Trabajo fino o exacto. ....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto. ....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo. ....	0
b) Intermitente: fuerte. ....	2
c) Intermitente: muy fuerte. ....	5
d) De tono alto: fuerte. ....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo. ....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia. ....	4
c) Muy complejo. ....	8
9. Monotonía:	
a) Baja. ....	0
b) Media. ....	1
c) Alta. ....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso. ....	0
b) Tedioso. ....	2
c) Muy tedioso. ....	5

*Nota.* Todos los valores de la figura, se verán reflejados en el formato de estudio de métodos y tiempos según corresponda. Tomado de Niebel & Freivalds, 2009.

Hay que resaltar que este formato será mejorado en este punto, debido a que la empresa calculaba los tiempos de manera convencional sin considerar los suplementos u holguras. Seguidamente se muestran los resultados de la calificación de los suplementos.

**Tabla 18**

*Calificación de los Suplementos en el proceso de pintado*

	<b>GENERO</b>	<b>SUPLEMENTOS</b>	<b>CALIFICACION</b>
A. Suplemento por necesidades personales	<b>NP</b> HOMBRE	A. Suplemento por necesidades personales	<b>5</b>
B. Suplemento base por fatiga	<b>BF</b> HOMBRE	B. Suplemento base por fatiga	<b>4</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	<b>A</b> HOMBRE	A. Suplemento por trabajar de pie	<b>2</b>
B. Suplemento por postura anormal	<b>B</b> HOMBRE	Incómoda (inclinado)	<b>2</b>
C. Uso de fuerza/energía muscular, (Levantar, tirar, empujar) Peso levantado [kg]	<b>C</b> HOMBRE	2,5 kg	<b>0</b>
D. Mala iluminación	<b>D</b> HOMBRE	Un poco debajo de lo recomendado	<b>0</b>
E. Condiciones atmosféricas, Índice de enfriamiento Kata	<b>E</b> HOMBRE	16	<b>0</b>
F. Concentración intensa	<b>F</b> HOMBRE	Trabajos de cierta precisión	<b>2</b>
G. Ruido	<b>G</b> HOMBRE	Continuo	<b>0</b>
H. Tensión mental	<b>H</b> HOMBRE	Proceso bastante complejo	<b>1</b>
I. Monotonía	<b>I</b> HOMBRE	Trabajo algo monótono	<b>1</b>
J. Tedio	<b>J</b> HOMBRE	Tedioso	<b>2</b>

*Nota.* La sumatoria de la calificación total da un valor de 19, este valor se usará como porcentaje para hallar el Tiempo Estándar. Adaptado de Niebel & Freivalds, 2009.

Se procede a realizar el estudio de métodos y tiempos como se muestra en la siguiente tabla a continuación.

Tabla 19

Estudio de tiempos del proceso del pintado externo

LA EMPRESA		FORMATO										Código: **-PR-FOR-18													
		ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS										Versión: 02													
												Emisión: 10/10/2022													
DEPARTAMENTO	PRODUCCION	PRODUCTO / PIEZA	ACERO A36										FECHA	10/10/2022											
PROCESO	PINTADO EXTERNO	MATERIAL											HOJA												
PIEZAS / UNIDAD	M2	PLANO N°																							
OPERARIO(a)	ELVIS	SUPLEMENTOS POR DESCANSO																							
ANALISTA	K.MAMANI	Variables																							
APROBADO		Total																							
DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA Y/O EQUIPO		Constantes																							
Código		NP	BF	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J												
Máquina	EQUIPO PISTOLA DE PINTAR	5	4	2	2	0	0	2	0	0	1	1	2	19											
Marca	GENERIC	NP: Necesidades para B: Posura mano E: Condiciones atmosféricas BF: Bóscop por fátiga G: Uso de fuerza F: Tensión Visual A: Trabajo de pie D: Iluminación G: Ruido																							
Modelo	A	H: Tensión mental I: Monotonía mental J: Monotonía física																							
		DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN		REGISTRO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS										Tempo Normal (4)		Tempo Tipo (6)		Frecuencia (7)		Tempo Estándar (seg/total m <sup>2</sup> )		Tempo Estándar (min/total m <sup>2</sup> )			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12										
x	Preparación de la pintura	1800.00	1800.00	1800.00												1800.00	1800.00	100%	1800.00	1/1	2142.00	35.70			
x	Pintado primero	26.35	27.47	28.02	26.87	26.70	27.66	26.91	27.34	26.57	25.29	27.61	26.67	25.29	27.61	269.64	26.96	100%	26.96	1/1	32.09	1771	3754.20	62.57	
x	Recarga de pintura	53.51	61.69	57.34	62.56	63.00	49.28	55.02	51.52	50.16	57.54	56.48	49.88	56.48	49.88	555.70	55.57	100%	55.57	201	66.13	201	1322.57	22.04	
x	Preparación de la pintura	1800.00	1800.00	1800.00												1800.00	1800.00	100%	1800.00	1/1	2142.00	35.70			
x	Pintado intermedio	55.02	55.83	61.45	59.39	54.01	58.19	58.72	55.61	59.89	58.45	58.91	57.00	57.00	57.00	577.01	57.70	100%	57.70	199	68.66	1771	8033.71	133.90	
x	Recarga de pintura	61.00	65.00	61.70	59.56	62.13	60.21	52.53	65.46	52.90	65.49	61.83	60.24	60.24	60.24	608.03	60.80	100%	60.80	199	72.36	401	2894.22	48.24	
x	Preparación de la pintura	1800.00	1800.00	1800.00												1800.00	1800.00	100%	1800.00	1/1	2142.00	35.70			
x	Pintado acabado	25.83	26.47	25.92	25.64	27.23	26.57	27.83	26.23	25.56	28.39	28.94	26.50	26.50	26.50	266.61	26.66	100%	26.66	199	31.73	1771	3712.01	61.87	
x	Recarga de pintura	61.64	61.82	62.84	58.24	64.78	64.51	61.30	62.20	50.46	61.62	51.14	59.66	60.49	60.50	604.97	60.50	100%	60.50	201	71.99	201	1459.83	24.00	
														0.00		0.00		0.00		27582.54		459.71			

**Tabla 20**

*Cálculo de observaciones*

<b>R/X</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
0	0	0
0.01	1	1
0.02	1	1
0.03	1	1
0.04	1	1
0.05	1	1
0.06	1	1
0.07	1	1
0.08	1	1
0.09	1	1
0.10	3	2
0.12	4	2
0.14	6	3
0.16	8	4
0.18	10	6
0.20	12	7
0.22	14	8
0.24	17	10
0.26	20	11
0.28	23	13
0.30	27	15
0.32	30	17
0.34	34	20
0.36	38	22
0.38	43	24
0.40	47	27
0.42	52	30
0.44	57	33
0.46	63	36
0.48	68	39
0.5	74	42
0.52	80	46
0.54	86	49
0.56	93	53
0.58	100	57
0.6	107	61
0.62	114	65
0.64	121	69
0.66	129	74
0.68	137	78
0.70	145	83
0.72	153	88
0.74	162	93
0.76	171	98
0.78	180	103
0.80	190	108
0.82	199	113
0.84	209	119
0.86	218	126
0.88	229	131
0.90	239	138
0.92	250	143
0.94	261	149
0.96	273	156
0.98	284	162
1.00	296	169

En la Tabla 20 mostramos unos datos que nos ayudara para el cálculo de observaciones, este enfoque tradicional consiste en seguir un procedimiento formulado por H.B Maynard, donde se tomará una muestra de 10 lecturas si los ciclos son  $\leq 2$  minutos y 5 lecturas si los ciclos son  $\geq 2$  minutos; esto porque hay más confiabilidad en mayores tiempos que en cortos, donde la probabilidad de error posiblemente aumente.

Se hallará el Rango y la Media, y con ayuda de la tabla de referencia se ubicará al cociente para obtener el número de observaciones el cual se expresa de la siguiente manera:

**Tabla 21**

*Calculo del número de observaciones del proceso de pintado – externo*

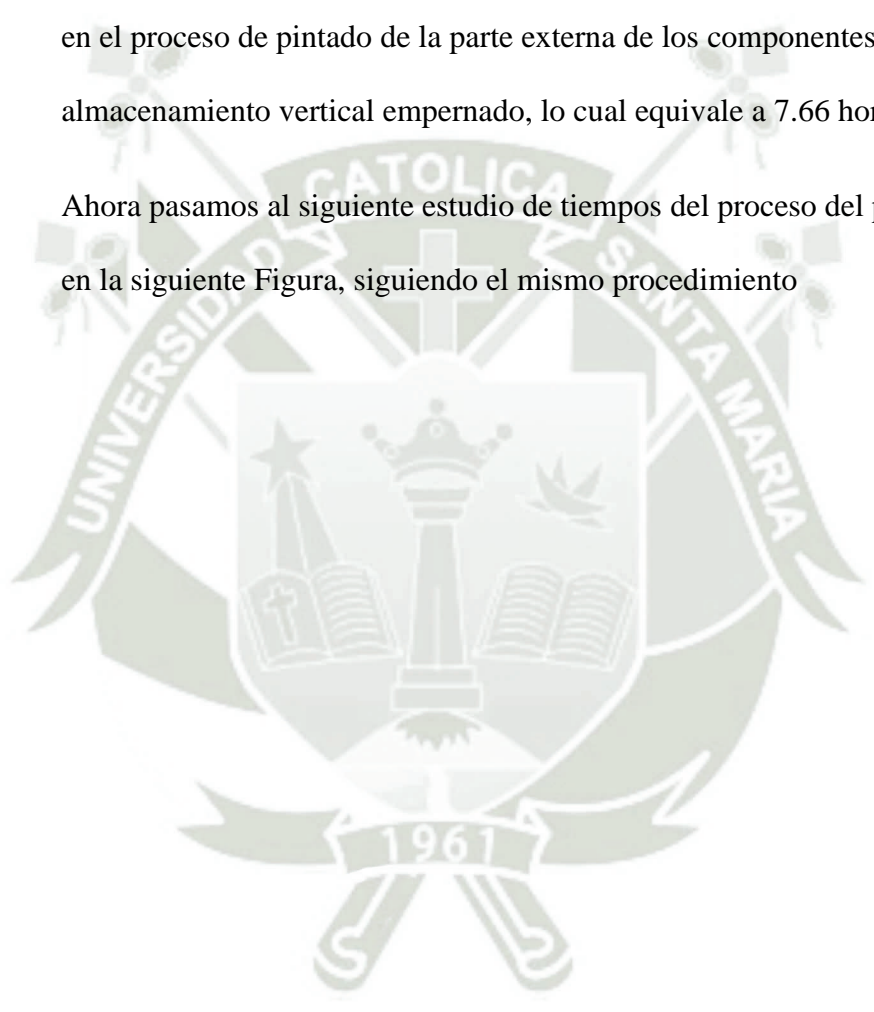
<i>OPERACIÓN</i>	<i>DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN</i>	<i>R</i>	<i>X</i>	<i>R/X</i>	<i>R/X</i>	<i>LECTURA</i>	<i>NUMERO DE OBSERVACIONES</i>
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0.000	0	5	0
Pintado primero	Pintado primera capa	2.73	26.964	0.101	0.1	10	2
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	13.72	55.57	0.247	0.24	10	10
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0.000	0	5	0
Pintado intermedio	Pintado de la segunda capa	7.44	57.701	0.129	0.12	10	2
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	12.96	60.803	0.213	0.22	10	8
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0.000	0	5	0
Pintado acabado	Pintado de la última capa	3.38	26.661	0.127	0.12	10	2
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	14.32	60.497	0.237	0.24	10	10

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 10, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

Al obtener el número de observaciones gracias a la formula estadística, nos dice que las muestras que fueron tomadas, fueron suficientes partiendo de las lecturas obtenidas; en este caso, como el valor obtenido es menor a los registros de tiempo tomados, entonces, es conforme.

Por lo tanto, como resultado se obtiene 459.71 minutos como tiempo estándar en el proceso de pintado de la parte externa de los componentes del tanque de almacenamiento vertical empernado, lo cual equivale a 7.66 horas.

Ahora pasamos al siguiente estudio de tiempos del proceso del pintado interno en la siguiente Figura, siguiendo el mismo procedimiento





Después se procede nuevamente a hallar el número de observaciones expresado en el siguiente recuadro, obteniendo valores suficientes para confirmar el correcto registro de tiempos.

**Tabla 23**

*Calculo del número de observaciones del proceso de pintado – interno*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0	0	5	0
Pintado primero	Pintado primera capa	4.44	56.72	0.0783	0.08	10	1
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	12.69	62.429	0.2033	0.2	10	7
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0	0	5	0
Pintado intermedio	Pintado de la segunda capa	4.46	56.724	0.0786	0.08	10	1
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	13.79	60.753	0.227	0.22	10	8
Preparación de la pintura	Mezcla, disolución, carga de la pintura	0.00	1800	0	0	5	0
Pintado acabado	Pintado de la última capa	3.51	56.937	0.0616	0.06	10	1
Recarga de pintura	Recarga de pintura en contenedor	11.54	69.335	0.1664	0.16	10	4

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 8, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

Como resumen del proceso de pintado en sí, el total de horas empleadas se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 24***Total horas hombre empleadas en el proceso de Pintado*

N°	OPERACIÓN	TIEMPO
		ESTANDAR (MIN)
1	PINTADO EXTERNO	459.71
2	PINTADO INTERNO	617.02
<b>TOTAL (MIN)</b>		<b>1076.73</b>
<b>TOTAL (H)</b>		<b>17.945</b>

Con un total de 17.95 horas hombre empleadas para la ejecución del proceso.

Que equivale a 5.98 horas.

#### 3.5.6.5. Estudio de tiempos del proceso de Habilitado

Para el estudio de este proceso se analizará las operaciones para el corte de las placas, sobre todo las que hacen uso del carro oxicorte y del taladro, que en su mayoría están conformadas por placas de acero de diferentes espesores.

##### **A) Corte de placas**

Para esta operación, se tomará como base el registro de tiempos por cada metro lineal de corte. La máquina que actualmente usa la empresa es el carro oxicorte en la cual usa acetileno como combustible y el oxígeno como comburente.

Una de las operaciones involucradas en este proceso es el de preparar los balones de acetileno y oxígeno, ajustar las boquillas y la velocidad al realizar la preparación y encender el soplete para poder prender la flama y regularla.

También se debe ubicar dentro del margen del trazado previamente marcado para poder realizar el corte a precisión; cabe recalcar que en estas operaciones

interviene la mano del hombre porque es éste quien debe conducir y regular el proceso de corte.

Como parte del proceso es importante regularizar la velocidad de corte, sin embargo, en la practica el tiempo que tarda en avanzar un metro no es constante, por ello se cronometra este tiempo para realizar su estudio.

Adicionalmente el ajuste de presión que se efectúa va de acuerdo al espesor a cortar.

Por lo tanto, el estudio de tiempos en este proceso se realizará de acuerdo al espesor del acero a utilizar que es de 6 mm, 9 mm, 12 mm, 16 mm y de 25mm.

A continuación, se muestran las tablas y figuras referentes al estudio de tiempos de la operación de corte del proceso de habilitado.

**Tabla 25**

*Estudio de tiempos - operación de corte del acero 6 mm*

LA EMPRESA		Código: **-PR-FOR-18	
		Versión:	02
		Emisión:	10/10/2022
<b>FORMATO</b>			
<b>ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS</b>			
DEPARTAMENTO	PRODUCCION	PRODUCTO / PIEZA	TECHO - CASCO
PROCESO	HABILITADO -6MM	MATERIAL	PLACA ACERO A-36 (6MM)
PIEZAS / UNIDAD	M LINEAL	PLANO N°	*****
OPERARIO de	ALDO	SUPLEMENTOS POR DESCANSO	
ANALISTA	K.MAMANI	Variables	
APROBADO		Total	
DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA Y/O EQUIPO			
Código			
Máquina	CARRO OXCORTE		
Marca	GENERICO		
Modelo	B		

Constante												
NP/BF	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total	
5	4	2	3	0	5	2	1	1	1	2	27	

*NP: Necesidades para B: Positivo antes E: Condiciones atmosféricas; H: Tensión manual*  
*BF: Relato por fatiga C: Uso de fuerza F: Tensión Visual I: Monotonía mental*  
*A: Trabajo de pie D: Iluminación G: Ruido J: Monotonía física*

OPERAÇÃO	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	REGISTRO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS												Tiempo Normal (4)	% Suplementos (5)	Tiempo Tipo (6)	Frecuencia (7)	Tiempo Estándar (seg/total m)(8)	Tiempo Estándar (min/total m)(9)		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
X	Trazado	43200.00	43200.00	43200.00												43200.00	27%	54864.00	11	54864.00	914.40
X	Preparación del equipo oxycorte	900.00	900.00	900.00												900.00	27%	1143.00	91	10287.00	171.45
X	Regulación de la flama	67.45	67.69	65.54	70.94	62.56	67.12	68.48	67.75	66.00	66.23	65.30	68.44			670.00	27%	85.09	661	5615.94	93.60
X	Corte	198.17	199.54	199.86	198.13	198.96	197.30	197.27	196.62	199.42	200.98	200.11	199.54			1988.30	198.83	252.51	1481	37372.09	622.87
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
																0.00	0.00	0.00		0.00	0.00

**Tabla 26**  
*Estudio de tiempos - operación de corte del acero 9 mm*

LA EMPRESA		FORMATO		Código:	**-PR-FOR-18
		ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS		Versión:	02
				Emisión:	10/10/2022
DEPARTAMENTO	PRODUCCION	PRODUCTO / PIEZA	FONDO - ANILLO - PLACA REFUERZO	FECHA	10/10/2022
PROCESO	HABILITADO -9MM	MATERIAL	PLACA ACERO A-36 (9MM)	HOJA	
PIEZAS / UNIDAD	M LINEAL	PLANO N°	*****		
OPERARIO(a)	ALDO	<b>SUPLEMENTOS POR DESCANSO</b> Variables Total NP BF A B C D E F G H I J 5 4 2 2 3 0 0 5 2 1 1 2 27			
ANALISTA	K.MAMANI				
APROBADO		NP: Necesidades personales B: Postura anormal E: Condiciones atmosféricas H: Tensión mental BF: Básico por fatiga C: Uso de fuerza F: Tensión Visual E: Monotonía mental A: Trabajo de pie D: Iluminación G: Ruido J: Monotonía física			
Código		<b>REGISTRO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS</b> 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12			
Máquina	CARRO OXCORTE	<b>DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN</b> Trazado de placas de acero 28800.00 28800.00 28800.00 Preparación del equipo oxycorte 900.00 900.00 900.00 Regulación de la flama 70.67 71.43 70.05 72.39 76.52 73.11 72.85 74.61 74.05 75.78 72.45 82.77 Corte de las placas de acero 212.48 212.96 215.85 216.33 213.42 215.58 213.69 212.84 216.77 216.39 212.39 214.88			
Marca	GENERICO	<b>OPERACIÓN</b> Trazado Preparación del equipo oxycorte Regulación de la flama Corte			
Modelo	B	<b>TIEMPO ESTÁNDAR (10)</b> 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 28800.00 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 27% 3657600 914400 914400 914400 914400 914400 914400 914400 914400 914400 914400 914400 5405.61 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 708.09 9361086 156018			







Seguidamente se muestran los resultados de la calificación de los suplementos.

**Tabla 30**

*Calificación de los Suplementos de la operación de corte del proceso de habilitado*

		<b>GENERO</b>	<b>SUPLEMENTOS</b>	<b>CALIF.</b>
A. Suplemento por necesidades personales	<b>NP</b>	HOMBRE	A. Suplemento por necesidades personales	<b>5</b>
B. Suplemento base por fatiga	<b>BF</b>	HOMBRE	B. Suplemento base por fatiga	<b>4</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	<b>A</b>	HOMBRE	A. Suplemento por trabajar de pie	<b>2</b>
B. Suplemento por postura anormal	<b>B</b>	HOMBRE	Incómoda (inclinado)	<b>2</b>
C. Uso de fuerza/energía muscular, (Levantar, tirar, empujar) Peso levantado [kg]	<b>C</b>	HOMBRE	10 kg	<b>3</b>
D. Mala iluminación	<b>D</b>	HOMBRE	Un poco debajo de lo recomendado	<b>0</b>
E. Condiciones atmosféricas, Índice de enfriamiento Kata	<b>E</b>	HOMBRE	16	<b>0</b>
F. Concentración intensa	<b>F</b>	HOMBRE	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	<b>5</b>
G. Ruido	<b>G</b>	HOMBRE	Intermitente: fuerte	<b>2</b>
H. Tensión mental	<b>H</b>	HOMBRE	Proceso bastante complejo	<b>1</b>
I. Monotonía	<b>I</b>	HOMBRE	Trabajo bastante monótono	<b>1</b>
J. Tedio	<b>J</b>	HOMBRE	Tedioso	<b>2</b>

*Nota.* Adaptado de Niebel & Freivalds, 2009.

La sumatoria de la calificación total da un valor de 27, este valor se usará como porcentaje para hallar el Tiempo Estándar.

Existen varios factores que influyen en el porcentaje de suplemento en este tipo de proceso, por ejemplo, el uso de la fuerza, debido a que el operario debe reubicar las placas cada cierto tiempo para poder usar el carro oxicorte y proceder con el corte; o también el suplemento por postura anormal, debido al trazo que deben realizar encima de la placa con mucha precisión, además de buena concentración que deben aplicar al trazar por milímetros exactos, entre otros factores que fácilmente se logran interpretar.

Así como en el proceso de pintado, el tiempo estándar se calculó involucrando al porcentaje de suplementos determinado en la Tabla 29. Ahora, en cuanto al número de observaciones por cada estudio de tiempos por cada espesor del acero, se muestran las siguientes tablas como resultados:

**Tabla 31**

*Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 6 mm*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	61 X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de placas de acero	0.00	43200	0.000	0	5	0
Preparación del equipo oxicorte	Instalación, ajustes de boquillas y de presión	0.00	900	0.000	0	5	0
Regulación de la flama	Encender el soplete	8.38	67	0.125	0.12	10	2
Corte	Corte de las placas de acero	4.36	198.8	0.022	0.02	5	1

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 2, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 32**

*Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 9 mm*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de placas de acero	0.00	28800	0	0	5	0
Preparación del equipo oxicorte	Instalación, ajustes de boquillas y de presión	0.00	900	0	0	5	0
Regulación de la flama	Encender el soplete	12.7 2	73.386	0.2	0.2	10	6
Corte	Corte de las placas de acero	4.69	214.154	0	0	5	1

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 6, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 33**

*Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 12 mm*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de placas de acero	0.00	9000	0	0	5	0
Preparación del equipo oxicorte	Instalación, ajustes de boquillas y de presión	0.00	900	0	0	5	0
Regulación de la flama	Encender el soplete	6.66	75.126	0.09	0.09	10	1
Corte	Corte de las placas de acero	3.61	238.142	0.02	0.02	5	1

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 1, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 34**

*Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 16 mm*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de placas de acero	0.00	3600	0	0	5	0
Preparación del equipo oxicorte	Instalación, ajustes de boquillas y de presión	0.00	900	0	0	5	0
Regulación de la flama	Encender el soplete	3.83	75.76	0.05	0.05	10	1
Corte	Corte de las placas de acero	2.27	270.7	0.01	0.01	5	1

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 1, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 35**

*Calculo del número de observaciones de la operación de corte - 25 mm*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de placas de acero	0.00	10800	0	0	5	0
Preparación del equipo oxicorte	Instalación, ajustes de boquillas y de presión	0.00	900	0	0	5	0
Regulación de la flama	Encender el soplete	6.20	74.255	0.08	0.08	10	1
Corte	Corte de las placas de acero	4.14	330.195	0.01	0.01	5	1

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 1, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

A continuación, se muestra el siguiente resumen del proceso de corte para poder determinar el total de horas empleadas.

**Tabla 36**

*Total horas hombre empleadas en la operación de Corte - Habilitado*

N°	OPERACIÓN	TIEMPO ESTANDAR
		(MIN)
1	Habilitado - 6MM	1802.32
2	Habilitado - 9MM	1560.18
3	Habilitado - 12MM	334.22
4	Habilitado - 16MM	102.58
5	Habilitado - 25MM	411.01
<b>TOTAL (MIN)</b>		<b>4210.31</b>
<b>TOTAL (H)</b>		<b>70.172</b>

En la tabla se muestran los tiempos estándar del proceso de habilitado según el espesor del material acero.

El total de horas empleadas en el proceso de habilitado para la operación de corte de placas, referente al uso y manejo de la maquina carro oxicorte es de 70.172 horas.

Si bien es cierto el tiempo que conlleva realizar este proceso es largo prolongándose a varios días de trabajo, también se debe tomar en cuenta que el proceso de oxicorte genera baja productividad ya que la velocidad de corte que maneja es muy baja, además de la limitación de metales a cortar, requiriendo más pericia y experiencia por parte del operario para desarrollar esta operación.

El proceso de oxicorte también genera cortes de baja calidad, debido a que la entrada de calor es bastante amplia dejando un acabado deficiente con escoria

acumulados difícil de remover, ocasionando más trabajo para el operario al momento de removerlo.

Como se explicó, para este proceso se usa el acetileno, este es un gas inflamable que presenta gran riesgo en comparación con otros gases embotellados, esto debido a su inestabilidad puede generar un calentamiento interno provocando explosiones; según algunas investigaciones, se produjeron varios incidentes relacionados al proceso oxicorte los cuales indican que el uso de acetileno más la llama de precalentamiento puede alcanzar temperaturas de hasta 31000 °C produciendo riesgo de incendio, explosiones y por ende quemaduras en el personal involucrado.

Para mejorar los tiempos de este proceso y a su vez disminuir los riesgos que puede ocasionar la manipulación de la maquina oxicorte, es necesario realizar una propuesta de mejora más adelante que nos ayude a facilitar su operación y alcanzar una mayor seguridad para su optimización.

### **B) Perforado de placas**

Otra operación involucrada en el proceso de habilitado, es la operación de perforación de placas, el cual mediante el uso de un taladro manual o de banco, realiza un corte sobre el material haciendo girar una broca a cierta velocidad para generar un agujero en la superficie.

El tiempo que se considerará será por cada perforación realizada de acuerdo al espesor de la placa y al diámetro de la broca utilizada.

Dentro esta operación se desglosa otras como las del trazado manual, ajustes de la broca al momento de preparar la maquina y los cambios de broca que se realizan, así como su afilado con la amoladora.

A continuación, se muestra el estudio de tiempos de dicha operación, se usará el mismo formato para la toma de tiempos.







**Tabla 39**

*Estudio de tiempos - operación perforado acero 9mm anillo superior e inferior*

LA EMPRESA		FORMATO ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS												Código:	99-FR-FOR-18
														Versión:	02
														Emisión:	10/10/2022
DEPARTAMENTO	PRODUCCION	ANILLOS INFERIOR Y SUPERIOR										FECHA	10/10/2022		
PROCESO	PERFORADO - ESP. 9MM	PLATINA 3X38"										HOJA			
PIEZAS/ UNIDAD	AGUJERO	*****													
OPERARIO(a)	JESUS														
ANALISTA	K.MAMANI														
APROBADO															
DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA Y/O EQUIPO															
Código															
Máquina	TALADRO														
Marca	GENERICO														
Modelo	A														

SUPLEMENTOS POR DESCANSO													
Constant	Variables										Total		
	NP	BF	A	B	C	D	E	F	G	H		I	J
5	4	2	2	3	0	0	5	2	1	1	1	2	27

NP: Necesidad para B: Postura antes E: Condiciones atmosféricas  
 BF: Retiro por fatiga C: Uso de fuerza F: Tensión Visual  
 A: Trabajo de pie D: Iluminación G: Barido  
 H: Tensión mental  
 I: Monotonía mental  
 J: Monotonía física

	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	REGISTRO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS												Total tiempo validados (1)	Tiempo promedio (2)	Ritmo (3)	Tiempo Normal (4)	% Suplementos (5)	Tiempo Tipo (6)	Frecuencia (7)	Tiempo Estándar (seg/total agujeros)(8)	Tiempo Estándar (min/total agujero)(9)		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
X	Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	14400.00	14400.00	14400.00													14400.00	100%	14400.00	27%	18288.00	1/1	18288.00	304.80
X	Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	600.00	600.00	600.00													600.00	100%	600.00	27%	762.00	4/1	3048.00	50.80
X	Perforado	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	35.58	40.11	39.02	40.38	34.91	37.35	38.83	40.82	39.27	41.76	40.16	38.24				389.74	100%	38.97	27%	49.50	877/1	43408.85	723.48
X	Afilado	Afilado de la broca	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00				3600.00	100%	360.00	27%	457.20	43/1	19659.60	327.66
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00		0.00				

**Tabla 40**

*Estudio de tiempos - operación perforado acero 6mm casco*

LA EMPRESA		FORMATO ESTUDIO DE METODOS Y TIEMPOS												Código: 02 Versión: 10/10/2022 Emisión:											
DEPARTAMENTO	PROCESO	PIEZAS / UNIDAD	PRODUCCION	MATERIAL	PLANO N°	PRODUCTO / PIEZA												FECHA	HOJA						
			PERFORADO - ESP. 6MM	AGUJERO		CASCO												10/10/2022							
OPERARIO(a)		SUPLEMENTOS POR DESCANSO																							
ANALISTA	JESUS K.MAMANI	Variables																							
APROBADO		Constan	Total																						
DATOS TECNICOS DE LA MAQUINA Y/O EQUIPO		NP	B	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total											
Código		5	4	2	2	3	0	0	5	2	1	1	2	27											
Máquina	TALADRO	NP: Necesidades por... B: Prima anual E: Condiciones atmosféricas H: Tensión mental BF: Bataos por fatiga C: Uso de fuerza F: Tensión Visual I: Montaje manual A: Trabajo de pie D: Iluminación G: Ruido J: Manipulación física																							
Marca	GENERICO																								
Modelo	A																								
X	OPERACION	DESCRIPCION DE LA OPERACION	REGISTRO DE LOS TIEMPOS CRONOMETRADOS												Tiempo Normal (4)	% Suplementos (5)	Tiempo Tipo (6)	Frecuencia (7)	Tiempo Estándar (seg/total agujeros)(8)	Tiempo Estándar (mh/total agujero)(9)					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12											
X	Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	25200.00	25200.00	25200.00															25200.00	27%	32004.00	1/1	32004.00	553.40
X	Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	900.00	900.00	900.00															900.00	27%	1143.00	1/1	19431.00	323.85
X	Perforado	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza.	33.63	30.79	32.14	34.26	34.41	32.35	32.02	32.38	33.43	35.22	32.94	30.87	32.88	32.88	32.88	32.88	32.88	3288.3	27%	41.76	24591	102691.31	1711.52
X	Alfado y/o cambio	Alfado y/o cambio de la broca	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	360.00	3600.00	27%	457.20	1361	62179.20	1036.32
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00
																				0.00				0.00	0.00







El % de suplementos que se emplea es un 27%, debido a diversos factores observados, mostrándose en la siguiente tabla:

**Tabla 44**

*Calificación de los Suplementos de la operación de perforado del proceso de habilitado*

		GENERO	SUPLEMENTOS	CALIF.
A. Suplemento por necesidades personales	<b>NP</b>	HOMBRE	A. Suplemento por necesidades personales	<b>5</b>
B. Suplemento base por fatiga	<b>BF</b>	HOMBRE	B. Suplemento base por fatiga	<b>4</b>
A. Suplemento por trabajar de pie	<b>A</b>	HOMBRE	A. Suplemento por trabajar de pie	<b>2</b>
B. Suplemento por postura anormal	<b>B</b>	HOMBRE	Incómoda (inclinado)	<b>2</b>
C. Uso de fuerza/energía muscular, (Levantar, tirar, empujar) Peso levantado [kg]	<b>C</b>	HOMBRE	10 kg	<b>3</b>
D. Mala iluminación	<b>D</b>	HOMBRE	Un poco debajo de lo recomendado	<b>0</b>
E. Condiciones atmosféricas, Índice de enfriamiento Kata	<b>E</b>	HOMBRE	16	<b>0</b>
F. Concentración intensa	<b>F</b>	HOMBRE	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	<b>5</b>
G. Ruido	<b>G</b>	HOMBRE	Intermitente: fuerte	<b>2</b>
H. Tensión mental	<b>H</b>	HOMBRE	Proceso bastante complejo	<b>1</b>

I. Monotonía	<b>I</b>	HOMBRE	Trabajo bastante monótono	<b>1</b>
J. Tedio	<b>J</b>	HOMBRE	Tedioso	<b>2</b>

*Nota.* La sumatoria de la calificación total da un valor de 27, este valor se usará como porcentaje para hallar el Tiempo Estándar. Adaptado de Niebel & Freivalds, 2009.

Los factores que influyen en esta calificación, son similares a los de la operación de corte, ya que se hace uso de la fuerza para el movimiento de las placas, bastante precisión al momento de perforar la superficie del acero ya que un mal calculo generaría un reproceso costoso tanto en el tiempo como económico. También esta operación es repetitiva, expandiéndose a más de una semana de trabajo por el hecho de hacer más de 2500 perforaciones.

El tiempo estándar se calculó involucrando al porcentaje de suplementos determinado en la Tabla 43. Ahora, en cuanto al número de observaciones por cada estudio de tiempos por cada espesor del acero, se muestran las siguientes tablas como resultados:

**Tabla 45**

*Calculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm techo*

OPERACIÓN	DESCRIPCION						NUMERO DE OBSERVACIONES
	DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	
Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	0.00	10800	0.000	0	5	0
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	7.61	38.55	0.197	0.2	10	7

Afilado	Afilado de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0
---------	---------------------	------	-----	-------	---	---	---

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 7, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 46**

*Calculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm fondo*

OPERACIÓN	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES
Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	0.00	10800	0.000	0	5	0
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	6.84	40.75	0.168	0.16	10	4
Afilado	Afilado de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 4, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 47**

*Calculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm anillos*

OPERACIÓN	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES
Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	0.00	14400	0.000	0	5	0
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado	Crear agujeros sobre la	6.85	38.97	0.176	0.18	10	6

	superficie de la pieza						
Afilado	Afilado de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 6, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 48**

*Calculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm casco*

OPERACIÓN	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	900	0.000	0	5	0
Perforado	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	4.43	32.88	0.135	0.14	10	3
Afilado y/o cambio	Afilado y/o cambio de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 3, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 49**

*Cálculo del número de observaciones - operación de perforado 9 mm boquilla manhole*

OPERACIÓN	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES

Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado de boquillas	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	5.79	33.27	0.174	0.18	10	6
Perforado de refuerzo manhole	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	5.51	34.93	0.158	0.16	10	4
Perforado de bridas manhole	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	4.71	52.67	0.089	0.09	10	1
Afilado y/o cambio	Afilado y/o cambio de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 6, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 50**

*Cálculo del número de observaciones - operación de perforado 6 mm escaleras baranda*

OPERACIÓN	DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES
Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	0.00	9000	0.000	0	5	0
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado cantoneras	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	6.04	32.32	0.187	0.18	10	6
Perforado de perfiles estructurales	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	6.39	33.26	0.192	0.2	10	7

Afilado y/o cambio	Afilado y/o cambio de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0
--------------------	--------------------------------	------	-----	-------	---	---	---

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 7, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

**Tabla 51**

*Calculo del número de observaciones - operación de perforado 12 mm silleta de anclaje*

OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	R	X	R/X	R/X	LECTURA	NUMERO DE OBSERVACIONES
Trazado	Trazado de agujero de placa de acero	0.00	7200	0.000	0	5	0
Preparación del taladro	Ajustes de la broca y otros.	0.00	600	0.000	0	5	0
Perforado silletas	Crear agujeros sobre la superficie de la pieza	5.26	44.45	0.118	0.12	10	2
Afilado y/o cambio	Afilado y/o cambio de la broca	0.00	360	0.000	0	5	0

*Nota.* El mayor resultado en el número de observaciones es de 2, coincidiendo dentro del rango del número de registro de los tiempos cronometrados.

A continuación, se muestra el siguiente resumen del proceso de perforado para poder determinar el total de horas empleadas.

**Tabla 52**

*Total horas hombre empleadas en la operación de Perforado - Habilitado*

N°	OPERACIÓN	PIEZA	TIEMPO
			ESTANDAR (MIN)
1	Perforado - esp. 6MM	Techo	1005.52
2	Perforado - esp. 9MM	Fondo	830.13
3	Perforado - esp. 9MM	Anillos Inferior y Superior	1406.74
4	Perforado - esp. 6MM	Casco	3605.09
5	Perforado - esp. 9MM	Boquillas - Manhole	375.55
6	Perforado - esp. 6MM	Escaleras - Baranda	425.89
7	Perforado - esp. 12MM	Silleta de anclaje	283.74
<b>TOTAL (MIN)</b>			<b>7932.66</b>
<b>TOTAL (H)</b>			<b>132.211</b>

El total de horas empleadas en el proceso de habilitado para la operación de perforado de placas, referente al uso y manejo del taladro es de 132.211 horas que equivale a 16.52 días.

La utilización de taladros es común en la industria de metalmecánica, sin embargo, hay que considerar ciertos riesgos que suele producir su uso como golpes o cortes por parte de la maquina; también la producción de viruta o esquirlas al momento del giro de la broca puede considerarse como riesgo debido al contacto directo, si no se posee los epp's adecuados

A diferencia de la operación de corte con el carro oxicorte, la operación de perforado toma muchas más horas de trabajo tanto para la maquina como para el operario; por esta razón, se propondrá la mejora respectiva, para minimizar el tiempo de operación y también disminuir el riesgo de accidente por el

contacto directo que tiene el operario con el equipo, la broca y la pieza a perforar; además de producir bastante fatiga al ser una labor prolongada y repetitiva, generando la probabilidad de incidentes o accidentes.

Finalmente, si sumamos los tiempos de la operación de corte y la operación de perforado tenemos el siguiente resultado:

**Tabla 53**

*Tiempo total de las operaciones del proceso de habilitado*

OPERACIÓN	TIEMPO (MIN)	TIEMPO (H)
Corte	4210.31	70.17
Perforado	7932.66	132.21
<b>TOTAL</b>	<b>12142.96</b>	<b>202.38</b>
<b>OPERACIONES</b>		

*Nota.* Se observa que la operación de perforado involucra más tiempo a diferencia de la operación de corte.

Obtenemos un total de 202.38 horas empleadas para realizar la operación de corte y perforado, mediante la utilización del carro oxicorte y el taladro tanto manual como el de banco. Este tiempo será utilizado para realizar la comparación con la mejora propuesta más adelante.

### 3.6. Análisis de Datos

#### 3.6.1. Análisis de Seguridad en el trabajo

Existe la probabilidad de incidentes y/o accidentes comunes durante la fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado. Este tipo de análisis es fundamental para poder realizar las propuestas de mejoras del proceso, inicialmente identificando las deficiencias para poder optimizarlas.

Durante la fabricación de este tipo de tanque suelen haber accidentes, debido a que las operaciones tradicionales que manejan obligan a utilizar maquinas herramientas convencionales el cual eleva el porcentaje de accidentabilidad en cada operación, ya que éstas requieren bastante concentración para evitar cortes, golpes, exceso de fuerzas, entre otros. Cabe recalcar nuevamente que no hay suficiente espacio para las operaciones de este tipo de fabricación, por lo tanto, hay material expuesto en el pasadizo produciendo caídas y algunas lesiones.

Se solicitó información relevante para la investigación al área SSOMA, entre ellas está el Reporte de Accidentes e Incidentes que se adjunta en Anexos. Esta información nos servirá para hallar el Índice de accidentabilidad la cual se expresa con la siguiente formula:

$$\text{Indice de Accidentabilidad} = \frac{\text{Indice de Frecuencia} \times \text{Indice de Gravedad}}{1000}$$

Con la información solicitada se elaboró la siguiente Tabla para contabilizar los tipos de accidentes que se dieron a lo largo de ese año, por mes; y las horas hombre trabajadas por cada periodo según el total de trabajadores. Por ello se realizó la síntesis de la información que se resumen en el siguiente recuadro, mostrándonos en que meses ocurrieron accidentes.

**Tabla 54**

*Datos de Accidentabilidad por mes*

PERIODO	HH	ACCIDENTES LEVES	ACCIDENTES INCAPACITANT E	ACCIDENTES FATALES	DIAS PERDIDOS
<b>Enero</b>	16787.50	0	0	0	0
<b>Febrero</b>	16320.00	0	0	0	0
<b>Marzo</b>	18487.50	4	0	0	7
<b>Abril</b>	16787.50	3	0	0	2

<b>Mayo</b>	17042.50	1	0	0	1
<b>Junio</b>	17042.50	0	0	0	0
<b>Julio</b>	16787.50	0	0	0	0
<b>Agosto</b>	17042.50	0	0	0	0
<b>Setiembre</b>	17765.00	1	0	0	0
<b>Octubre</b>	17510.00	0	0	0	0
<b>Noviembre</b>	17042.50	0	0	0	0
<b>Diciembre</b>	17042.50	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>205657.5</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>

Como se observa en la Tabla 8, ocurrieron alrededor de 9 accidentes en ese año, en la cual se generaron 10 días perdidos debido a ello, por consiguiente, se debe identificar en qué tipo de proceso se dieron estos accidentes leves para poder realizar las acciones correctivas que puedan minimizar o mitigar estos sucesos. El siguiente cuadro refleja los datos de nuestro interés:

**Tabla 55**

*Número de accidentes leves por proceso*

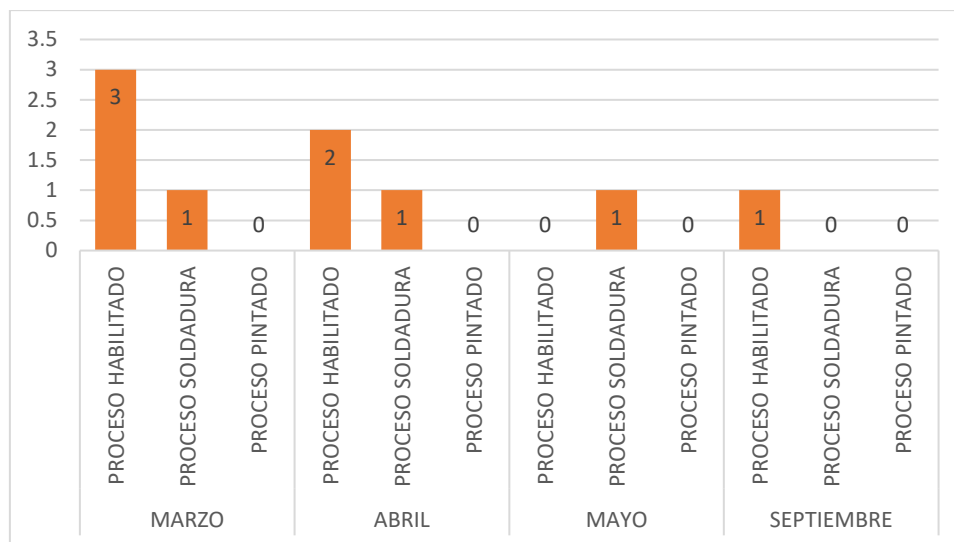
<b>MES</b>	<b>TIPO DE PROCESO</b>	<b>ACCIDENTES</b>
		<b>LEVES</b>
MARZO	<b>PROCESO HABILITADO</b>	3
	<b>PROCESO SOLDADURA</b>	1
	<b>PROCESO PINTADO</b>	0
ABRIL	<b>PROCESO HABILITADO</b>	2
	<b>PROCESO SOLDADURA</b>	1
	<b>PROCESO PINTADO</b>	0
MAYO	<b>PROCESO HABILITADO</b>	0
	<b>PROCESO SOLDADURA</b>	1
	<b>PROCESO PINTADO</b>	0
SETIEMBRE	<b>PROCESO HABILITADO</b>	1
	<b>PROCESO SOLDADURA</b>	0

**PROCESO PINTADO**

0

**Figura 50**

*Accidentes leves por proceso*



Según la Figura 57, observamos que la gran mayoría de accidente sucedieron durante el proceso de habilitado y soldadura; este dato es importante porque mediante la propuesta de mejora que se realizara, el número de accidente debe reducirse.

Con los valores de la Tabla 53, hallaremos los índices de frecuencia e índice de gravedad por mes, utilizando las horas hombre trabajadas, para obtener finalmente el índice de accidentabilidad mensual.

**Tabla 56**

*Índice de accidentabilidad*

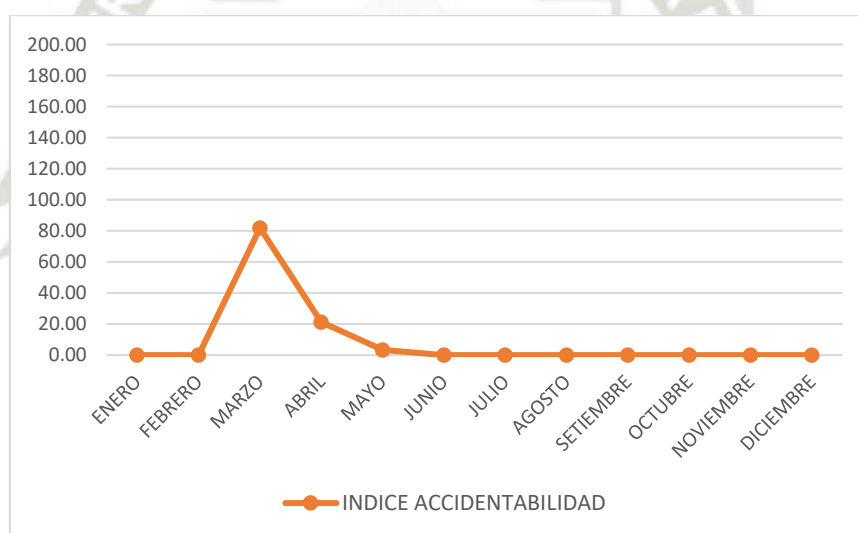
PERIODO 2022	INDICE FRECUENCIA	INDICE SEVERIDAD	INDICE ACCIDENTABILIDAD
<b>Enero</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Marzo</b>	216.36	378.63	81.92
<b>Abril</b>	178.70	119.14	21.29
<b>Mayo</b>	58.68	58.68	3.44

<b>Junio</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Julio</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Setiembre</b>	56.29	0.00	0.00
<b>Octubre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			8.89

*Nota.* La recolección de datos fue obtenida del año 2022, solicitando registros con el encargado de seguridad y salud en el trabajo.

**Figura 51**

*Índice de accidentabilidad por proceso*



La Figura nos muestra que, en los meses de marzo, abril y mayo se produjeron accidentes en el cual ocasionaron días perdidos generando un superior índice de accidentabilidad esto a la larga provoca pérdidas para la empresa y retrasos de entrega.

### 3.6.2. Análisis del Capital humano

Su finalidad es la de comprender, y evaluar el rendimiento y la contribución de los trabajadores dentro de la empresa. Este proceso implica examinar los conocimientos, habilidades y competencias con el propósito de tomar decisiones en base a esta información que los beneficien a ellos y a la empresa.

Es necesario conocer que opinión poseen los trabajadores y como ellos perciben las deficiencias de la empresa, ya que ellos son quienes día a día interactúan en producción mediante los servicios y fabricación que realizan.

Se llevó a cabo una encuesta de 12 preguntas dirigida al personal, con el fin de recabar su opinión acerca de la situación actual de la compañía. La población que participara son todos los empleados de la empresa, mientras que la muestra será seleccionada de un grupo de 25 trabajadores de diferentes puestos de trabajo y funciones.

#### 3.6.2.1. Metodología

Se efectúan los pasos a seguir para realizar la recopilación y análisis de datos.

Para dar comienzo, se solicita una reunión con gerencia para obtener los permisos y poder iniciar con las evaluaciones respectivas y dar conocimiento al personal de ello. Los pasos que se tomaron en cuenta fueron los siguientes:

- Elaboración de la encuesta.
- Comunicar al personal que algunas personas al azar serán evaluadas en los próximos días, para que tenga conocimientos.
- Coordinar los tiempos disponibles con los jefes de áreas para brindar un espacio y poder resolver las encuestas.
- Resolución de encuestas
- Revisión de las encuestas y obtención de resultados.

#### 3.6.2.2. Procesamiento de datos

Se diseño una encuesta en una hoja de cálculo de Excel donde abordaron 12 preguntas, cada pregunta tiene opciones para marcar las cuales serán tabuladas y reflejadas en gráficos para un mayor entendimiento.

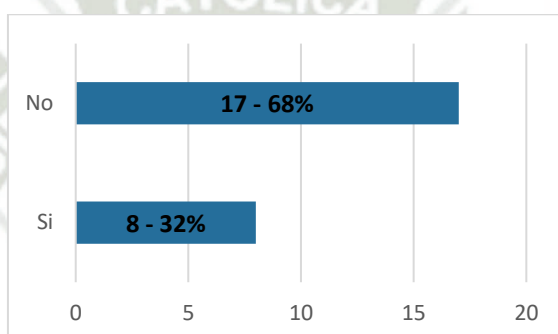
La población a encuestar fueron 25 personas, una parte conformada por el personal de producción y la otra por el personal administrativo.

### 3.6.2.3. Información obtenida

**Pregunta N°1: ¿Usted asegura que la comunicación entre los equipos de trabajo es la adecuada?**

**Figura 52**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°1*

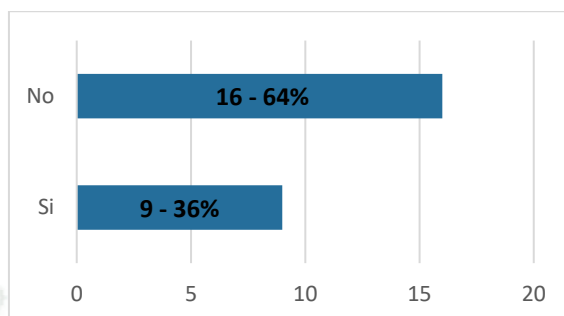


El 68% de trabajadores asegura que la comunicación en la empresa no es la adecuada; esto se ve reflejada en las incorrectas coordinaciones de los servicios de fabricación, o entrega errónea de materiales y otros. En cambio, el 32% afirma que si existe buena comunicación avalando que ellos son quienes participan constantemente en el entorno según se requiera.

**Pregunta N°2: ¿Tiene usted conocimiento acerca del tema de Mejora Continua?**

**Figura 53**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°2*



Fueron un 64% de personas las que afirman no tener conocimiento general sobre mejora continua, esto puede deberse a que el personal no ha recibido sus capacitaciones necesarias sobre estos conceptos, o quizás no se está al tanto de los programas de capacitación debido a una comunicación deficiente.

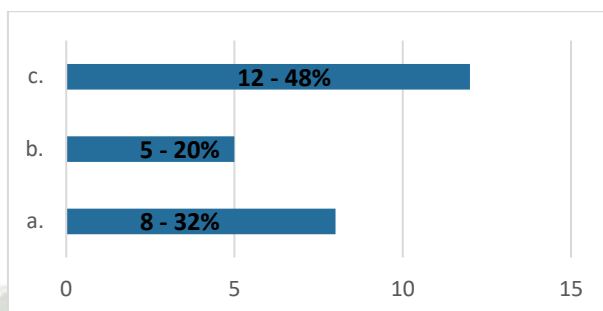
El otro porcentaje del 36% indica que si tiene conocimiento demostrando estar involucrados en el tema.

**Pregunta N°3: ¿Cuál de las siguientes alternativas nombra los cinco principios de la Mejora Continua?**

- Observar (shirase), poner en orden (seiton), pulir (seiso), estandarizar (arigatou), mantener (shitsuke).
- Clasificar (seiri), poner en orden (seiton), pulir (seiso), estandarizar (seiketsu), mantener (shitsuke).
- Clasificar (seiri), trabajar (shigoto), pulir (kenma), estandarizar (seiketsu), mantener (raibu).

**Figura 54**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°3*

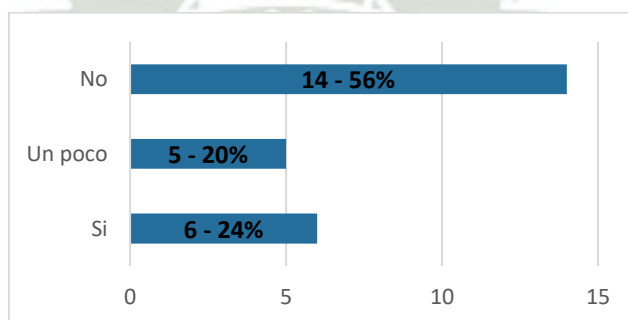


La respuesta correcta es la letra b), solo el 20% de los encuestados acertaron, sin embargo, el 80% eligió erróneamente otra alternativa, demostrando que en la empresa probablemente no valora o no enfatiza la mejora continua, por ello los empleados pueden no ver la necesidad de familiarizarse con los principios. Otra razón sería que la rotación del personal genera una pérdida de conocimiento.

**Pregunta N°4: Ante una emergencia, ¿Conoce el uso y manejo de los extintores?**

**Figura 55**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°4*



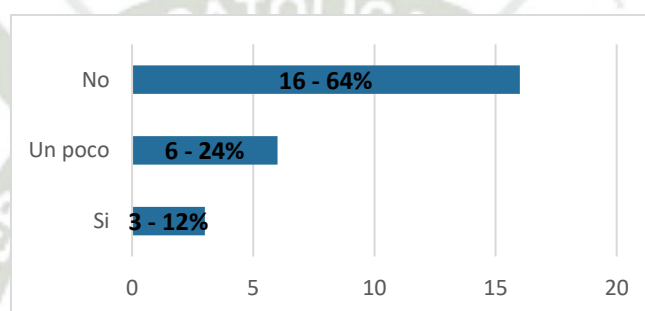
El 24% de los trabajadores afirma que si tiene conocimiento en el manejo de extintores; un 20% expresa de forma ambigua que solo un poco, quizás estos trabajadores saben manejar los extintores, pero no conocen su clasificación. En

cambio, un 56% no conocen el manejo de los mismos, que puede deberse a que las capacitaciones anuales que se dieron fueron virtuales debido a la coyuntura en los últimos años.

**Pregunta N°5: Ante una emergencia, ¿Usted tiene conocimientos sobre primeros auxilios?**

**Figura 56**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°5*

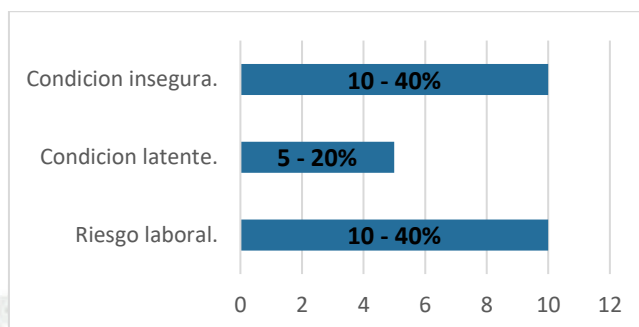


Se observa en el gráfico que un 64% no poseen conocimientos de primeros auxilios, un 24% considera que conoce algo sobre el tema, y un 12% afirma que, si sabe brindar los primeros auxilios, del mismo modo se considera que es necesario las capacitaciones enfocadas en materia de seguridad tanto teórico como práctico para desarrollar destrezas y una experiencia más realista.

**Pregunta N°6: La falta de señalización en algunas zonas de peligro, es claramente un ejemplo de:**

**Figura 57**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°6*

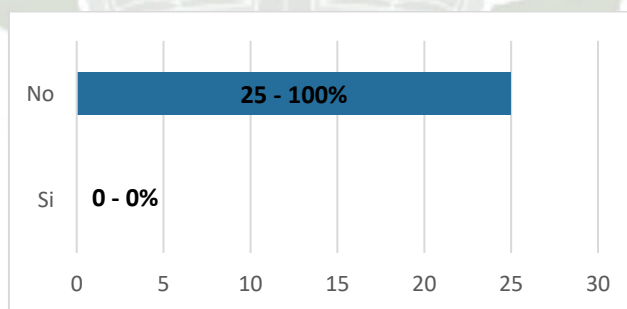


La respuesta correcta era “Condición insegura”, y observando los resultados vemos que un 40% eligió “Condición insegura” y “Riesgo laboral”, esto se podría interpretar que el concepto que poseen no está claro y existe confusión.

**Pregunta N°7: ¿Posee usted algún formato de inspección de granallado y pintado el cual lo ayude a verificar la calidad del producto?**

**Figura 58**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°7*

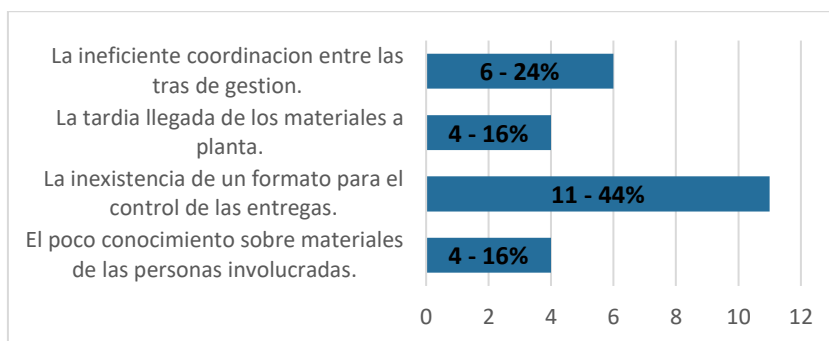


El 100% sostiene definitivamente que no existe un formato de inspección de granallado y pintado.

**Pregunta N°8: ¿Cual considera usted que es la razón principal de los problemas de las confusiones de entrega de material?**

**Figura 59**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°8*

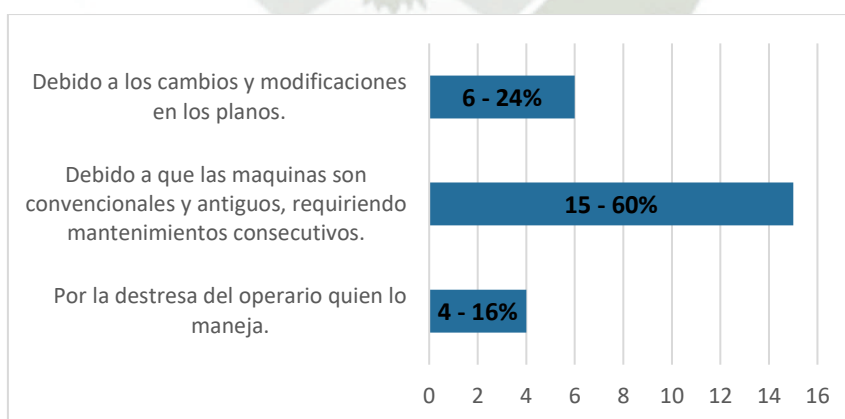


El 44% de los trabajadores encuestados considera que la principal razón de las confusiones de entregas es referente a la inexistencia de un formato. Esto es preocupante porque en su gran mayoría de veces se entregan materiales equívocos.

**Pregunta N°9: ¿Cual considera usted que sea la razón por la cual el tiempo de corte y perforado es bastante extenso inclusive semanas?**

**Figura 60**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°9*

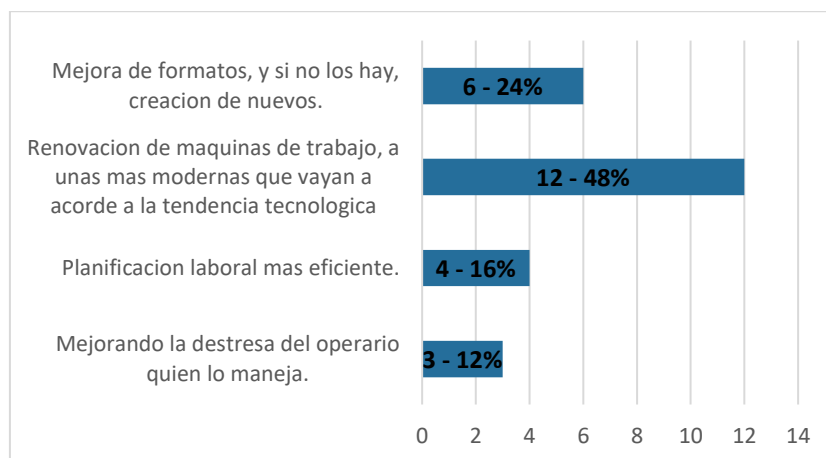


Un 60% de las personas encuestadas comparte la opinión a que es debido a la existencia de máquinas convencionales y antiguas dentro de la empresa.

**Pregunta N°10: ¿Como cree usted que se podría mejorar el proceso de fabricación de los tanques?**

**Figura 61**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°10*

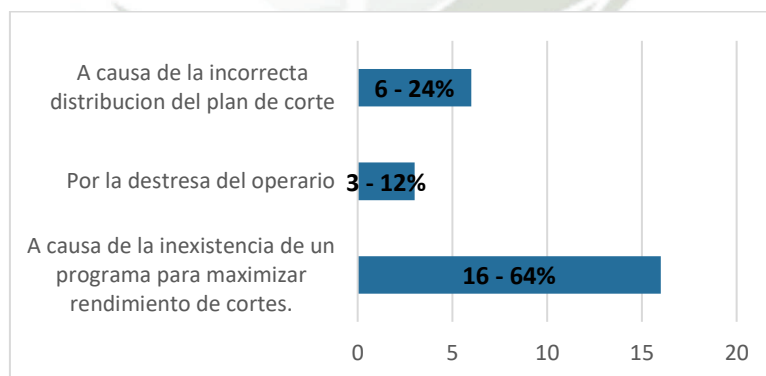


Comentario: Según el grafico, un 48% considera que debería haber renovación de máquinas de trabajo a unas más modernas para mejorar el proceso de fabricación.

**Pregunta N°11: En la fabricación de los tanques de almacenamiento, ¿Por qué considera usted que existe desperdicio de material?**

**Figura 62**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°11*

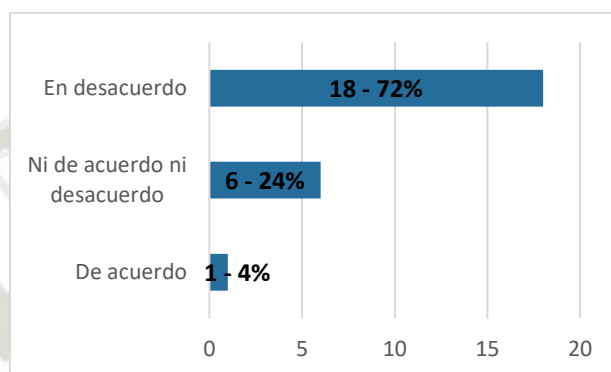


Un 64% asegura que la razón por la cual existe desperdicio de material es porque no se posee un programa para maximizar rendimientos de cortes.

**Pregunta N°12: ¿Cree usted que los tiempos de transportes entre la planta 1 y 2 son óptimos?**

**Figura 63**

*Respuesta en porcentajes de la pregunta N°12*



Un 72% está en desacuerdo que los tiempos de transportes entre ambas plantas es óptimo.

De la encuesta realizada, 6 preguntas fueron enfocadas en evaluar los conocimientos básicos de los trabajadores en materia de Seguridad, Comunicación y mejora continua, dando como resultado un promedio del 27% de personas encuestadas que tuvieron respuestas positivas y correctas, concluyendo que se debería reforzar las capacitaciones para mejorar sus conocimientos y habilidades, y así poder llegar al 100%.

### 3.7. Estructura de Costos y Presupuestos

Para consolidar esta información se realizaron valorizaciones en la cual se incluyen los costos de material, costos de mano de obra tanto como el personal empleado y operativo, costos de servicios externo (como el granallado), maquinas – equipos y herramientas, costos del transporte, entre otros.

#### 3.7.1. Costos de Material Directo

Este tanque este compuesto en su mayoría por placas, tubos, platinas y codos de acero ASTM 36, por ende, fue necesario realizar varias cotizaciones con proveedores de Lima y Arequipa, la cual se muestra en evidencia en los anexos. De esta manera se obtienen el costo de cada material de acuerdo a la cantidad necesaria para poder armar nuestro presupuesto.

**Tabla 57**

*Costos de materiales directos para el proyecto*

COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS								
Nº	DESCRIPCION	PESO (KG.)	PESO TOTAL (KG.)	UND.	CANT.	COSTO UNIT (\$)	COSTO TOTAL (\$)	COSTO TOTAL (S/.)
1	PL. ESTRUC. 9.0 x 6000 x 2400	1017.36	2034.72	Und.	2	\$ 1,181.39	\$ 2,362.78	S/ 9,110.88
2	PL. ESTRUC. 6.0 x 6000 x 2400	678.24	6104.16	Und.	9	\$ 883.18	\$ 7,948.60	S/ 30,649.81
3	PL. ESTRUC. 12.0 x 1200 x 2400	271.30	271.30	Und.	1	\$ 285.07	\$ 285.07	S/ 1,099.22
4	PL. ESTRUC. 16.0 x 850 x 850	90.75	90.75	Und.	1	\$ 100.41	\$ 100.41	S/ 387.17
5	PL. ESTRUC. 25.0 x 180 x 180	6.36	25.44	Und.	4	\$ 7.21	\$ 28.85	S/ 111.24
6	PLATINA 3/8" x 3" x 6 MTS	34.19	136.74	Und.	4	\$ 38.03	\$ 152.10	S/ 586.50
7	TUBO SCH 40 SC /A53/106/API 1 1/2"x 6M	24.30	364.45	Und.	15	\$ 42.89	\$ 643.35	S/ 2,480.76

8	TUBO STD SC /A53/106/API 24" X 155 MM	21.83	21.83	Und.	1	\$ 31.23	\$ 31.23	S/	120.41
9	TUBO SCH 80 SC /A53/106/API 2"x 6M	44.89	44.89	Und.	1	\$ 60.13	\$ 60.13	S/	231.86
10	TUBO STD SC /A53/106/API 2 1/2" X 300 MM	2.59	2.59	Und.	1	\$ 3.87	\$ 3.87	S/	14.93
11	BARRA REDONDO LISO 1/2" x 1/2 MTS	0.50	0.50	Und.	1	\$ 0.56	\$ 0.56	S/	2.15
12	ESPARRAGO 1" UNC F554 GRADO 36 X 3 MTS	10.00	20.00	Und.	2	\$ 35.00	\$ 70.00	S/	269.92
13	ANGULO 3/8" x 3" x 6 MTS	64.30	257.20	Und.	4	\$ 78.04	\$ 312.15	S/	1,203.63
14	CANAL U DE 6" x 8.20 Lb x 20 PIE X 6M	73.20	73.20	Und.	1	\$ 104.46	\$ 104.46	S/	402.80
15	PLATINA 1/4" x 4" x 6 MTS	30.39	91.16	Und.	3	\$ 30.38	\$ 91.14	S/	351.45
16	ANGULO 1/4" x 3" x 1 MTS	7.28	7.28	Und.	1	\$ 7.25	\$ 7.25	S/	27.95
17	CODO SCH40 LR Ø 4" X 90° ASTM A234	3.84	7.68	Und.	2	\$ 7.60	\$ 15.20	S/	58.61
18	TUBO STD SC /A53/106/API 4" X 624 MM	10.03	10.03	Und.	1	\$ 13.27	\$ 13.27	S/	51.17
19	TUBO STD SC /A53/106/API 6" X 374 MM	10.57	10.57	Und.	1	\$ 13.98	\$ 13.98	S/	53.91
20	TUBO STD SC /A53/106/API 2" X 138 MM	0.75	0.75	Und.	1	\$ 1.02	\$ 1.02	S/	3.92
21	TUBO STD SC /A53/106/API 3" X 324 MM	3.66	3.66	Und.	1	\$ 5.11	\$ 5.11	S/	19.70
<b>TOTAL PESO (KG)</b>		<b>9578.90</b>		<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>		<b>\$ 12,250.51</b>		<b>S/ 47,237.98</b>	

*Nota.* Todos los materiales descritos en la tabla fueron cotizados con proveedores de la ciudad de Lima, más adelante se calcula el costo del transporte.

En la Tabla 56 visualizamos el costo de cada material directamente involucrado en la fabricación del tanque, de acuerdo a la cantidad utilizada, el peso de este material hace

un total de 9578.90 kg de acero, por consiguiente, el costo directo presupuestado asciende a \$ 12,250.51. Dada esta información podemos hacer un cálculo del costo de acero por kg en este proyecto.

**Tabla 58**

*Costo del acero*

DESCRIPCION	COSTO DEL ACERO (\$/KG)	
ACERO	\$	1.28

Como se visualiza en la Tabla 12, el costo es de \$1.28 por cada kilogramo de acero.

Además, para la fabricación se requirieron otros tipos de materiales directos adicionales además del acero, como se mencionó en un PUNTO ANTERIOR, se calculó la cantidad de soldadura y pintura involucrada comparada con la cantidad utilizada realmente en producción; en cuanto a la pernería se contabilizó la cantidad de juegos de pernos de los planos del tanque. Cabe recalcar que todos estos costos son extraídos de cotizaciones previas realizadas.

**Tabla 59**

*Otros materiales directos*

OTROS MATERIALES DIRECTOS						
N°	DESCRIPCION	UND	CANT.	COSTO UNIT (\$)	COSTO TOTAL (\$)	COSTO TOTAL (\$/.)
1	SOLDADURA NAZCA E7018 4.00 MM	Kg.	50	\$ 4.15	\$ 207.47	S/ 800.00
2	DILUYENTE MACROPOXY	Gln.	15	\$ 11.30	\$ 169.53	S/ 653.70
3	DILUYENTE POLIURETANO	Gln.	2	\$ 11.30	\$ 22.60	S/ 87.16
4	PINTURA MACROPOXY 851	Gln.	37	\$ 28.53	\$ 1,054.07	S/ 4,064.50
5	PINTURA SUMATANE HS	Gln.	5	\$ 45.84	\$ 229.18	S/ 883.70

6	BRIDA S.O. Ø2" RF ASTM A105 #150 ANSI B16.5	Und.	1	\$ 5.09	\$ 5.09	S/	19.63
7	BRIDA SLIP ON Ø3" ANSI B16.5 CLASE 600 TIPO RF	Und.	1	\$ 15.84	\$ 15.84	S/	61.08
8	BRIDA Ø3" S.O. FF #150 ASTM A105 ANSI B16.5	Und.	1	\$ 9.46	\$ 9.46	S/	36.48
9	BRIDA SLIP ON Ø4" ANSI B16.5 CLASE 150 RF ASTM A105	Und.	2	\$ 12.43	\$ 24.86	S/	95.86
10	BRIDA S.O. Ø6" RF ASTM A105 #150 ANSI B16.5	Und.	2	\$ 17.12	\$ 34.24	S/	132.03
11	GRATING ASERRADO gr1, PLATINA DE 1 1/4" x 3/16, BARRA LISA DE CRUCE Ø3/8"	Und.	1	\$ 60.00	\$ 60.00	S/	231.36
12	PELDAÑO ASERRADO TK03-pg1, PLATINA DE 1 1/4" x 3/16, BARRA LISA DE CRUCE Ø3/8"	Und.	21	\$ 150.00	\$ 3,150.00	S/	12,146.40
13	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 1/2"x1.1/4"	Und.	450	\$ 0.18	\$ 79.61	S/	306.96
14	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 1/2"x1.1/2"	Und.	280	\$ 0.22	\$ 62.16	S/	239.69
15	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 1/2"x1.3/4"	Und.	960	\$ 0.27	\$ 263.14	S/	1,014.65
16	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 1/2"x2"	Und.	25	\$ 0.37	\$ 9.29	S/	35.80
17	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 5/8"x1.1/2"	Und.	165	\$ 0.29	\$ 47.70	S/	183.94
18	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 5/8"x1.3/4"	Und.	70	\$ 0.63	\$ 43.86	S/	169.13
19	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 5/8"x2"	Und.	25	\$ 0.54	\$ 13.53	S/	52.15
20	PERNO HEXAGONAL GR-8 UNC 3/4"-10X2"	Und.	30	\$ 0.59	\$ 17.65	S/	68.07
21	TUERCA HEXAGONAL G8 UNC 1/2	Und.	1715	\$ 0.07	\$ 122.11	S/	470.85
22	ARANDELA PLANA F436 1/2"	Und.	1715	\$ 0.05	\$ 82.66	S/	318.75
23	TUERCA HEXAGONAL G8 UNC 5/8	Und.	615	\$ 0.17	\$ 102.52	S/	395.32

24	ARANDELA PLANA F436 5/8"	Und.	615	\$ 0.09	\$ 57.44	S/	221.49
25	TUERCA HEXAGONAL G8 UNC 3/4"	Und.	30	\$ 0.35	\$ 10.57	S/	40.77
26	ARANDELA PLANA F436 3/4"	Und.	30	\$ 0.13	\$ 3.78	S/	14.56
27	PERNO A-325 1/2"X1 1/4"	Und.	95	\$ 0.16	\$ 15.03	S/	57.95
28	PERNO A-325 5/8"X1 1/2"	Und.	30	\$ 0.38	\$ 11.52	S/	44.42
29	PERNO A-325 5/8"X1.3/4"	Und.	38	\$ 0.55	\$ 20.96	S/	80.84
30	PERNO A-325 5/8"X2.1/2"	Und.	10	\$ 0.88	\$ 8.85	S/	34.11
31	PERNO A-325 3/4"X2.1/2"	Und.	30	\$ 0.93	\$ 27.85	S/	107.37
32	TUERCA HEXAGONAL 2H ASTM A-194 UNC 1/2"	Und.	95	\$ 0.18	\$ 17.27	S/	66.60
33	ARANDELA PLANA F436 1/2"	Und.	95	\$ 0.05	\$ 4.58	S/	17.66
34	TUERCA HEXAGONAL 2H ASTM A-194 UNC 5/8"	Und.	78	\$ 0.30	\$ 23.11	S/	89.12
35	ARANDELA PLANA F436 5/8"	Und.	78	\$ 0.09	\$ 7.29	S/	28.09
36	TUERCA HEXAGONAL 2H ASTM A-194 UNC 3/4"	Und.	30	\$ 0.65	\$ 19.49	S/	75.15
37	ARANDELA PLANA F436 3/4"	Und.	30	\$ 0.13	\$ 3.78	S/	14.56
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>					<b>\$ 6,058.06</b>	<b>S/</b>	<b>23,359.89</b>

La Tabla 54 presenta un total de S/. 23,359.89 presupuestado como otros materiales directos.

### 3.7.2. Costos de Mano de Obra Directa

Para este punto es necesario simplificar y aclarar las funciones con respecto a los puestos de trabajo que están relacionados directamente con la fabricación actual del tanque, así que se muestra el requerimiento de personal operativo, así como la cantidad que se designara para el trabajo y el total de días que se mantendrán enfocados en la fabricación, donde el personal que se solicita, gozara de todos los

beneficios de ley, sintetizando los montos para poder determinar el costo por hora hombre de cada puesto, mostrándose en la siguiente tabla a continuación.



**Tabla 60**

*Presupuesto del Personal de Producción*

MANO DE OBRA DIRECTA - PERSONAL DE PRODUCCION														
N°	DESCRIPCION	CA NT.	DIAS	SALARIO MENSUAL	ASIGNA CION FAMILI AR	ESSALUD (9%)	GRATIFIC ACION	CTS	VACACI ONES	SCTR (ESSALUD )	COSTO LABORAL MENSUAL	COSTO DIARIO	COSTO POR HORA HOMBR E (S/ /HH)	COSTO TOTAL
1	Técnico Armador	4	90	S/ 2,000.00	S/ 93.00	S/ 180.00	S/ 166.67	S/ 84.49	S/ 83.33	S/ 24.60	S/ 2,632.09	S/ 87.74	S/ 12.65	S/ 15,792.54
2	Soldador	1	90	S/ 4,000.00	S/ 93.00	S/ 360.00	S/ 333.33	S/ 168.98	S/ 166.67	S/ 49.20	S/ 5,171.18	S/ 172.37	S/ 24.86	S/ 2,327.03
3	Operador Pintor	2	90	S/ 2,000.00	S/ 93.00	S/ 180.00	S/ 166.67	S/ 84.49	S/ 83.33	S/ 24.60	S/ 2,632.09	S/ 87.74	S/ 12.65	S/ 2,368.88
4	Ayudantes Mecánicos	4	90	S/ 1,000.00	S/ 93.00	S/ 90.00	S/ 83.33	S/ 42.25	S/ 41.67	S/ 12.30	S/ 1,362.55	S/ 45.42	S/ 6.55	S/ 2,452.58
5	Operario de taladro	2	90	S/ 2,000.00	S/ 93.00	S/ 180.00	S/ 166.67	S/ 84.49	S/ 83.33	S/ 24.60	S/ 2,632.09	S/ 87.74	S/ 12.65	S/ 789.63
<b>TOTAL PRESUPUESTADO PERSONAL PRODUCCION (S/.)</b>														<b>S/ 23,730.67</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTADO PERSONAL PRODUCCION (\$)</b>														<b>\$ 6,154.22</b>

*Nota.* El costo Total Presupuestado para el personal de Producción como mano de obra directa, considerándose todos sus beneficios es de S/ 23,730.67 o igual a \$ 6,154.22.

### 3.7.3. Gastos de Producción

Dentro de los costos indirectos de fabricación tenemos a los gastos de producción que son necesarios para mantener el proyecto en funcionamiento dado que están relacionados con la producción de manera indirecta.

Dentro de esta clasificación se identificó materiales involucrados indirectamente en la fabricación, los cuales podemos establecer como herramientas e insumos y equipos de protección personal, mostrándose en las siguientes tablas.

**Tabla 61**

*Materiales Indirectos – Herramientas e Insumos*

MATERIAL INDIRECTO - HERRAMIENTAS E INSUMOS								
N°	DESCRIPCION	TIPO DE USO	UND	CANT.	% PAR T.	COSTO UNIT (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)	COSTO TOTAL (\$)
1	ANDAMIOS (POR 2 CUERPOS)	HERRAMIENTA	Und.	1	5%	S/ 1,500.00	S/ 75.00	\$ 19.45
2	BROCHA 2"	HERRAMIENTA	Und.	10	100%	S/ 10.00	S/ 100.00	\$ 25.93
3	CINTA MASKINTAPE	INSUMO	Und.	20	100%	S/ 5.00	S/ 100.00	\$ 25.93
4	COMBA 10 LBS	HERRAMIENTA	Und.	2	5%	S/ 120.00	S/ 12.00	\$ 3.11
5	DISCO DE CORTE 1/8 X 4 1/2 X 7/8	INSUMO	Und.	20	100%	S/ 5.00	S/ 100.00	\$ 25.93
6	DISCO DE CORTE 1/8 X 7 X 7/8 ( 730 )	INSUMO	Und.	30	100%	S/ 7.00	S/ 210.00	\$ 54.46
7	DISCO DE DESBASTE 1/4 X 4 1/2 X 7/8 ( 557 )	INSUMO	Und.	20	100%	S/ 4.00	S/ 80.00	\$ 20.75
8	DISCO DE DESBASTE 1/4 X 7 X 7/8	INSUMO	Und.	20	100%	S/ 7.00	S/ 140.00	\$ 36.31
9	ENCHUFE INDUSTRIAL 2 X 16 AMP + TIERRA IP	HERRAMIENTA	Und.	1	5%	S/ 12.00	S/ 0.60	\$ 0.16
10	BALON DE OXIGENO X 10 M3	INSUMO	Bln.	10	100%	S/ 140.00	S/ 1,400.00	\$ 363.07

11	ACETILENO X KG	INSUMO	Kg.	10	100%	S/ 45.00	S/ 450.00	\$ 116.70
12	ESCALERA DE ALUMINIO TELESCOPICA	HERRAMIENTA	Und.	1	5%	S/ 800.00	S/ 40.00	\$ 10.37
13	ESCOBILLA DE FIERRO C/MANGO 4 X 14	HERRAMIENTA	Und.	4	100%	S/ 25.00	S/ 100.00	\$ 25.93
14	ESCUADRA DE 24	HERRAMIENTA	Und.	1	100%	S/ 30.00	S/ 30.00	\$ 7.78
15	ESLINGA DE 4 TON X3M	HERRAMIENTA	Und.	4	10%	S/ 1,200.00	S/ 480.00	\$ 124.48
16	EXTENSIONES ELECTRICAS X 20 MTS.	HERRAMIENTA	Und.	1	5%	S/ 45.00	S/ 2.25	\$ 0.58
17	GRILLETES DE 1"	HERRAMIENTA	Und.	2	5%	S/ 150.00	S/ 15.00	\$ 3.89
18	GARRA DE IZAJE	HERRAMIENTA	Und.	2	5%	S/ 600.00	S/ 60.00	\$ 15.56
19	MARCADORES METALICOS	HERRAMIENTA	Und.	1	100%	S/ 140.00	S/ 140.00	\$ 36.31
20	NIVEL 12"	HERRAMIENTA	Und.	1	100%	S/ 18.00	S/ 18.00	\$ 4.67
21	NIVEL DE ALUMINIO 1.5MT	HERRAMIENTA	Und.	1	100%	S/ 58.00	S/ 58.00	\$ 15.04
22	TENAZAS DE 500 AMP PARA SOLDAR	HERRAMIENTA	Und.	3	100%	S/ 29.90	S/ 89.70	\$ 23.26
23	TENAZAS DE 500 AMP PARA TIERRA	HERRAMIENTA	Und.	3	100%	S/ 29.90	S/ 89.70	\$ 23.26
24	TIZA DE CALDERERO	HERRAMIENTA	Caja	1	100%	S/ 85.00	S/ 85.00	\$ 22.04
25	TOMACORRIENTE AEREO 2 X 16AMP. TIERRA 220	HERRAMIENTA	Und.	1	5%	S/ 45.00	S/ 2.25	\$ 0.58
26	TRAPO INDUSTRIAL	INSUMO	Kg.	10	100%	S/ 22.00	S/ 220.00	\$ 57.05
27	WINCHA DE 8 MT	HERRAMIENTA	Und.	4	5%	S/ 35.00	S/ 7.00	\$ 1.82
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>							<b>S/4,104.50</b>	<b>\$ 1,064.45</b>

*Nota.* Todos los materiales descritos en la tabla fueron cotizados con proveedores de la ciudad de Arequipa, previa coordinación con el proveedor para su entrega en planta.

Según la Tabla 56, tanto como los materiales indirectos de insumos de producción y herramientas, forman un total de S/ 4,104.50 o igual a \$ 1,064.45.

Agregando a lo anterior, como ya mencionamos dentro de esta clasificación, nombraremos y contabilizaremos los equipos de protección personal utilizados, dado su alto costo y rotación según la cantidad de trabajadores comprometidos directa e indirectamente.

**Tabla 62**

*Equipos de protección personal utilizados*

MATERIAL INDIRECTO - EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL								
Nº	DESCRIPCION	TIPO	UND	CANT.	% PART.	COSTO UNIT (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)	COSTO TOTAL (US\$)
1	CALZADO PUNTA DE ACERO	EPP	Par.	23	30%	S/ 80.00	S/ 552.00	\$ 143.15
2	CARETA PARA ESMERILAR C/VISOR	EPP	Und.	4	30%	S/ 22.00	S/ 26.40	\$ 6.85
3	CARETA PARA SOLDAR	EPP	Und.	2	30%	S/ 50.00	S/ 30.00	\$ 7.78
4	CARTUCHO P/PINTURA 6003	EPP	Und.	3	100%	S/ 20.00	S/ 60.00	\$ 15.56
5	CASACA DE CUERO PARA SOLDADOR	EPP	Und.	2	50%	S/ 65.00	S/ 65.00	\$ 16.86
6	CASCO DE PLASTICO BLANCO	EPP	Und.	23	20%	S/ 20.00	S/ 92.00	\$ 23.86
7	FILTRO DE ALGODÓN ORGANICO 2097 P/POLVOS	EPP	Und.	8	100%	S/ 45.00	S/ 360.00	\$ 93.36
8	GUANTE TEJIDO MULTIFLEX RECUBIERTO DE LATEX	EPP	Par.	4	100%	S/ 8.00	S/ 32.00	\$ 8.30
9	GUANTES DE BADANA	EPP	Par.	4	100%	S/ 12.30	S/ 49.20	\$ 12.76
10	GUANTES DE CUERO	EPP	Par.	3	100%	S/ 10.00	S/ 30.00	\$ 7.78
11	GUANTES DE JEBE	EPP	Par.	10	100%	S/ 7.50	S/ 75.00	\$ 19.45
12	GUANTES LARGOS CARNAZA PARA SOLDADOR 18"	EPP	Par.	2	100%	S/ 18.60	S/ 37.20	\$ 9.65
13	LENTE DE OXICORTE	EPP	Und.	18	100%	S/ 12.00	S/ 216.00	\$ 56.02
14	LENTE DE SEGURIDAD NITRO CLARO	EPP	Und.	18	100%	S/ 6.00	S/ 108.00	\$ 28.01
15	LUNA NEGRA P/ CARETA DE SOLDAR #12	EPP	Und.	1	100%	S/ 5.00	S/ 5.00	\$ 1.30

16	LUNAS TRANSPARENTES	EPP	Und.	3	100%	S/ 5.00	S/ 15.00	\$ 3.89
17	MAMELUCO TYVECK	EPP	Und.	12	100%	S/ 10.00	S/ 120.00	\$ 31.12
18	MANDIL DE CUERO CROMO PARA SOLDADOR	EPP	Und.	1	100%	S/ 25.00	S/ 25.00	\$ 6.48
19	MANGAS DE CUERO C/ STANDARD	EPP	Und.	6	100%	S/ 20.00	S/ 120.00	\$ 31.12
20	OREJERAS PARA CASCO	EPP	Und.	1	50%	S/ 15.00	S/ 7.50	\$ 1.95
21	PANTALON DENIM PROCESADO SUAVE	EPP	Und.	13	50%	S/ 45.00	S/ 292.50	\$ 75.86
22	RESPIRADOR DESCARTABLE 8210 3M PARA PARTICULAS	EPP	Und.	2	100%	S/ 15.90	S/ 31.80	\$ 8.25
23	RESPIRADOR MEDIA CARA 3M SERIE 7502	EPP	Und.	2	100%	S/ 120.00	S/ 240.00	\$ 62.24
24	RETENEDOR 501 PARA FILTROS	EPP	Und.	2	100%	S/ 15.60	S/ 31.20	\$ 8.09
25	SOBRELENTE DE SEGURIDAD	EPP	Und.	18	100%	S/ 25.00	S/ 450.00	\$ 116.70
26	TAPONES DE OIDO	EPP	Und.	18	100%	S/ 4.00	S/ 72.00	\$ 18.67
27	VISOR CON FILO DE ALUMINIO	EPP	Und.	8	100%	S/ 10.00	S/ 80.00	\$ 20.75
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>							<b>S/ 3,222.80</b>	<b>\$ 835.79</b>

Según la Tabla 61, el costo total de los equipos de protección personal asciende a S/3,222.80 o igual a \$ 835.79.

A su vez, dentro de estos gastos de producción también tenemos a la mano de obra indirecta como los supervisores de planta, control de calidad, entre otros; si bien es cierto tienen presencia y se enfocan dentro de las actividades para el desarrollo del proyecto, sin embargo, no intervienen en la fabricación del producto final.

En la siguiente Tabla nombraremos a los puestos de trabajo involucrados indirectamente en el proyecto, pero que aun así siguen conservando conocimiento y direccionando el proyecto.

**Tabla 63**

*Presupuesto Personal de Operaciones*

MANO DE OBRA INDIRECTA - PERSONAL DE OPERACIONES														
N°	DESCRIPCION	CANT.	DIAS	SALARIO MENSUAL	ASIGNACION FAMILIAR	ESSALUD(9%)	GRATIFICACION	CTS	VACACIONES	SCTR (ESSALUD)	COSTO LABORAL MENSUAL	COSTO DIARIO	COSTO POR HORA HOMBRE (S./HH)	COSTO TOTAL
1	Asistente de Ingeniería y Diseño	1	90	S/ 2,500.00	-	S/ 225.00	S/ 208.33	S/ 105.61	S/ 104.17	S/ 30.75	S/ 3,173.86	S/ 105.80	S/ 15.26	S/ 1,904.32
2	Asistente de Planeamiento	1	90	S/ 1,800.00	-	S/ 162.00	S/ 150.00	S/ 76.04	S/ 75.00	S/ 22.14	S/ 2,285.18	S/ 76.17	S/ 10.99	S/ 1,028.33
3	Supervisor de Producción	1	90	S/ 3,000.00	S/ 93.00	S/ 270.00	S/ 250.00	S/ 126.74	S/ 125.00	S/ 36.90	S/ 3,901.64	S/ 130.05	S/ 18.76	S/ 2,926.23
4	Supervisor de Seguridad	1	90	S/ 3,000.00	-	S/ 270.00	S/ 250.00	S/ 126.74	S/ 125.00	S/ 36.90	S/ 3,808.64	S/ 126.95	S/ 18.31	S/ 1,713.89
5	Supervisor de Control de Calidad	1	90	S/ 3,000.00	-	S/ 270.00	S/ 250.00	S/ 126.74	S/ 125.00	S/ 36.90	S/ 3,808.64	S/ 126.95	S/ 18.31	S/ 1,713.89
6	Coordinador de logística y Almacén	1	90	S/ 2,500.00	-	S/ 225.00	S/ 208.33	S/ 105.61	S/ 104.17	S/ 30.75	S/ 3,173.86	S/ 105.80	S/ 15.26	S/ 952.16
<b>TOTAL PRESUPUESTADO PERSONAL DE OPERACIONES (S.)</b>													<b>S/ 10,238.81</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTADO PERSONAL DE OPERACIONES (\$)</b>													<b>\$ 2,655.29</b>	

*Nota.* El costo Total Presupuestado para el personal de Operaciones como mano de obra indirecta, considerando todos sus beneficios es de S/ 10,238.81 o igual a \$ 2,655.29.

Otro tipo de gasto se encuentra en los equipos y maquinarias como activos fijos de la empresa, por ello es esencial que se evalúe varios factores como la depreciación, mantenimiento, los cargos del consumo de combustible de ser necesario y consumo eléctrico.

Algunos equipos como la amoladora eléctrica o la misma máquina de soldar 200 A requieren un consumo de energía eléctrica, por este motivo con la intención de obtener el costo total, se debe poseer el costo por hora máquina de cada uno de los equipos y máquinas.

A continuación, se enumera el siguiente listado de las máquinas y equipos que abarca desde la utilización de una carretilla hasta el uso de una máquina de soldar. Las máquinas y equipos que son requeridos para este proyecto son considerados de acuerdo a la cantidad Hora-Maquina utilizada, para poder establecer su costo por hora - maquina y su costo total.

**Tabla 64**

*Presupuesto Máquinas y Equipos*

EQUIPOS Y MAQUINARIAS							
N°	DESCRIPCION	TIPO	UND	CANT.	S./H-M	COSTO TOTAL (S/.)	COSTO TOTAL (\$)
1	AMOLADORA ELECTRICA 7"	EQUIPO	Und.	1	S/ 1.53	S/ 35.25	\$ 9.14
2	AMOLADORA ELECTRICA DE 4" 1/2	EQUIPO	Und.	1	S/ 0.98	S/ 22.61	\$ 5.86
3	ATORNILLADOR DE IMPACTO 20V XR SIN CARBONES DEWALT	EQUIPO	Und.	3	S/ 0.62	S/ 74.97	\$ 19.44
4	CARRETILLA (BUGGY)	EQUIPO	Und.	1	S/ 0.01	S/ 1.56	\$ 0.41
5	CARRETILLA ELEVADORA	MAQUINARIA	Und.	2	S/ 6.12	S/ 342.66	\$ 88.86
6	CARRITO DE OXICORTE	EQUIPO	Und.	2	S/ 0.70	S/ 91.89	\$ 23.83

7	COMPRESORA PARA PINTURA	EQUIPO	Und.	1	S/ 0.78	S/ 17.90	\$ 4.64
8	ESMERIL DE BANCO	MAQUINARIA	Und.	1	S/ 0.68	S/ 15.64	\$ 4.06
9	MAQUINA DE SOLDAR 200A	MAQUINARIA	Und.	1	S/ 3.81	S/ 605.97	\$ 157.15
10	PISTOLA DE PINTURA	EQUIPO	Und.	3	S/ 0.06	S/ 4.31	\$ 1.12
11	ROLADORA	MAQUINARIA	Und.	1	S/ 1.29	S/ 29.62	\$ 7.68
12	TALADRO MAGNETICO	MAQUINARIA	Und.	1	S/ 1.67	S/ 220.96	\$ 57.30
13	TALADRO MANUAL	MAQUINARIA	Und.	1	S/ 0.92	S/ 120.96	\$ 31.37
14	TECLE RACHET 3 TN	MAQUINARIA	Und.	2	S/ 1.58	S/ 379.01	\$ 98.29
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>						<b>S/1,963.32</b>	<b>\$ 509.16</b>

*Nota.* Todos los equipos y maquinas descritos fueron utilizados para la fabricación del tanque, previamente se calculó el costo hora – máquina de cada uno.

Según la Tabla 63, el costo total de los equipos y maquinarias según las horas maquinas utilizadas es de S/ 1,963.32 o igual a \$ 509.16

Como se señaló anteriormente en el diagrama de análisis del proceso de esta fabricación, existe un servicio de acabado superficial externo. Para el servicio de granallado se tiene una estimación del precio por m2 del proveedor y el total de m2 que posee el tanque.

**Tabla 65**

*Calculo acabado superficial*

<b>SERVICIOS DE ACABADO SUPERFICIAL</b>						
N°	DESCRIPCION	AREA	UND	US\$/m2	<b>COSTO</b>	<b>COSTO</b>
					TOTAL	TOTAL (\$)
					(S/.)	
1	Arenado SSPC- SP5 (Interna) y Arenado SSPC- SP6 (Externa)	234	M2	5.19	S/4,680.00	\$ 1,213.69
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>					<b>S/4,680.00</b>	<b>\$ 1,213.69</b>

*Nota.* El total de área del tanque a granallar es de 234 m2, considerando que se utilizara el arenado SSPC – SP5 y SSPC - SP6.

El costo total del servicio de acabado superficial es de S/. 4,680.00. Adicionalmente, otro punto a tocar es el de los servicios básicos de la empresa, se consultaron los montos de pago mensual para poder hallar un aproximado en lo que respecta en la duración del proyecto de fabricación, se expone en la siguiente tabla

**Tabla 66**

*Costos de Servicios Básicos*

<b>COSTOS DE SERVICIOS GENERALES</b>			
N°	CONCEPTO	AREA	GASTO PROMEDIO
1	GASTO DE LUZ	Oficinas	S/ 375.00
2	GASTO DE LUZ	Planta 1 y 2	S/ 375.00
3	GASTO DE AGUA	Planta 1 y 2	S/ 375.00
4	GASTO CELULAR *****670	Gerencia	S/ 375.00
5	GASTO CELULAR *****982	Producción 1	S/ 375.00
6	GASTO CELULAR *****929	Producción 2	S/ 375.00
7	GASTO CELULAR *****111	Administración	S/ 375.00

8	GASTO CELULAR *****154	Almacén	S/ 375.00
9	GASTO CELULAR *****558	Ingeniería	S/ 375.00
10	GASTO CELULAR *****646	Facturación	S/ 375.00
11	GASTO CELULAR *****522	Ventas	S/ 375.00
12	SERVICIO DE MONITOREO CAMARAS	Administración y Producción	S/ 375.00
13	PAGO LICENCIA SOFTWARE	Administración	S/ 375.00
14	SERVICIO DE INTERNET	Administración	S/ 375.00
<b>TOTAL DE SERVICIOS GENERALES (S/.)</b>			<b>S/ 5,250.00</b>
<b>TOTAL DE SERVICIOS GENERALES (\$)</b>			<b>\$ 1,361.51</b>

*Nota.* Considerando que estos conceptos son gastos fijos, se utilizó un % de participación del 25% en la fabricación del tanque.

Según la Tabla 65, el costo total de los servicios básicos es de S/ 5,250.00 o igual a \$ 1,361.51.

#### 3.7.4. Gastos Generales

Los gastos generales consideran en su gran mayoría costos administrativos, mano de obra indirecta como puestos en el área contable en cuanto a sueldos fijos, pero muchos más alejados de producción, materiales indirectos como artículos de oficina o de limpieza y los servicios de transporte de los materiales de Lima hacia Arequipa.

Iniciando con el servicio externo de transporte de materiales, se consideran los gastos incurridos en el envío de las placas de acero desde Lima hacia Arequipa mediante un tercero. Se realizan varias cotizaciones para evaluar las condiciones de entrega y el costo aproximado del kilogramo de acero de los proveedores candidatos. El tiempo de llegada del material es de 3 a 5 días hábiles, según las condiciones de entrega del Proveedor.

**Tabla 67**

*Servicio externo transporte y movilización de materiales*

SERVICIO	DESCRIPCION	CANT	UND	S/. /KG	COSTO	COSTO
					TOTAL	TOTAL
					(S/.)	(\$)
TRANSPORTE	Transporte					
LIMA -	Materiales	9578.90	Kg	S/0.9865	S/9,449.40	\$2450.57
AREQUIPA	Comprados					
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>					<b>S/9,449.40</b>	<b>\$2450.57</b>

*Nota.* Explica el cálculo aproximado del costo total en dólares del envío de Lima – Arequipa de acuerdo al tonelaje que nos servirá como base para la elección del proveedor. Adaptación propia en base a la investigación, 2022

En la Tabla 66 tenemos un resultado que nos sirve de referencia para determinar qué tipo de servicio de transporte se ajusta más a las características solicitadas, como peso, precio, volumen, tiempo de llegada, etc.

**Figura 64**

*Tarifario del transporte terrestre nacional*

Servicio	Servicio	Equipo	Tarifa (USD)
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Container 20ST-40ST, HC	\$ 2,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Plataforma 13 m	\$ 2,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Cama Baja 35 TM	\$ 3,800.00
Transporte Lima-Arequipa (cajas)	Consolidada	Por TM o PESO VOLUMETRICO	\$ 170.00
Transporte Lima-Arequipa (máquinas)	Consolidada	Por TM o PESO VOLUMETRICO	\$ 250.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 1.5 TM - 10 m3	\$ 1,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 5 TM - 25 m3	\$ 2,000.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 10 TM - 40 m3	\$ 2,200.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 15 TM - 50 m3	\$ 2,500.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 28 TM - 75 m3	\$ 2,800.00
Cuadrilla para estiba	Exclusivo	Plataforma, Furgones	\$ 125.00
Resguardo en cabina (armado)	Exclusivo	Por día - Por efectivo	\$ 180.00
Resguardo en unidad móvil	Exclusivo	Por día - Por efectivo	\$ 300.00

*Nota.* Según el Tarifario de IPH Grupo Logístico, se opta por el servicio del Furgón 10 TM – 40 m3 con un costo de \$2200.

Para la movilización de materiales para servicios externos, se tomaron en consideración los tiempos de movilización del material hacia el servicio de granallado, taller río seco, taller de alto libertad y viceversa entre otros.

**Tabla 68**

*Movilización de materiales*

<b>MOVILIZACION DE MATERIALES PARA LOS SERVICIOS EXTERNOS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>H-M</b>	<b>S/. /H-M</b>	<b>COSTO TOTAL (S/.)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
Transporte desde Alto Libertad				
– Rio Seco – Empresa de granallado y viceversa	40	S/ 42.17	S/ 1,686.93	\$ 437.48
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>			<b>S/1,686.93</b>	<b>\$ 437.48</b>

Se calculo previamente el costo hora – máquina del camión de 2 toneladas que la empresa posee a su disposición.

Teniendo en cuenta las distancias y las horas de movilización de los materiales soldados dentro de la ciudad, dan un total de S/ 1,686.93 o igual a \$ 473.48 como costo.

Del mismo modo también se realiza un gasto fijo en cuanto a los artículos de oficina y limpieza como gasto general, por la duración del proyecto que es de 3 meses.

**Tabla 69**

*Materiales Indirectos - Artículos de Oficina y Limpieza*

MATERIALES INDIRECTOS - ARTICULO DE OFICINA Y LIMPIEZA								
N°	DESCRIPCION	TIPO DE USO	UND	CANT.	% PART.	COSTO UNIT (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)	COSTO TOTAL (\$)
1	ALCOHOL DE 70	LIMPIEZA	Und.	10	100%	S/ 10.00	S/ 100.00	\$ 25.93
2	ALCOHOL EN GEL	LIMPIEZA	Und.	10	100%	S/ 10.00	S/ 100.00	\$ 25.93
3	AMBIENTADOR LIQUIDO	LIMPIEZA	Und.	4	100%	S/ 8.00	S/ 32.00	\$ 8.30
4	ARCHIVADORES	ARTICULO DE OFICINA	Und.	3	100%	S/ 11.00	S/ 33.00	\$ 8.56
5	BOLSAS NEGRAS 250 LT	LIMPIEZA	Paquete etc.	1	100%	S/ 85.00	S/ 85.00	\$ 22.04
6	CALCULADORA	ARTICULO DE OFICINA	Und.	10	30%	S/ 42.00	S/ 126.00	\$ 32.68
7	CLIPS	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	10	100%	S/ 3.00	S/ 30.00	\$ 7.78
8	CORRECTOR (LIQUIT PAPER)	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	2	100%	S/ 22.00	S/ 44.00	\$ 11.41
9	DETERGENTE	LIMPIEZA	Kg	45	100%	S/ 6.00	S/ 270.00	\$ 70.02
10	GRAPAS	ARTICULO DE OFICINA	Und.	30	100%	S/ 2.00	S/ 60.00	\$ 15.56
11	HOJAS BOND A3	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	4	100%	S/ 25.00	S/ 100.00	\$ 25.93
12	HOJAS BOND A4	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	5	100%	S/ 20.00	S/ 100.00	\$ 25.93
13	JABON	LIMPIEZA	Und.	10	100%	S/ 2.00	S/ 20.00	\$ 5.19
14	LAPICERO AZUL	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	1	100%	S/ 26.00	S/ 26.00	\$ 6.74
15	LAPICERO NEGRO	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	1	100%	S/ 26.00	S/ 26.00	\$ 6.74

16	LAPICERO ROJO	ARTICULO DE OFICINA	Paquete etc.	1	100%	S/ 26.00	S/ 26.00	\$ 6.74
17	LEJIA	LIMPIEZA	Gln.	10	100%	S/ 15.00	S/ 150.00	\$ 38.90
18	MICAS	ARTICULO DE OFICINA	Und.	30	100%	S/ 1.50	S/ 45.00	\$ 11.67
19	PAPEL ROLLO PARA COD. BARRA	ARTICULO DE OFICINA	Und.	10	100%	S/ 10.00	S/ 100.00	\$ 25.93
20	PLUMON INDELEBLE GRUESO	ARTICULO DE OFICINA	Und.	7	100%	S/ 0.90	S/ 6.30	\$ 1.63
21	PLUMON PERMANENTE	ARTICULO DE OFICINA	Und.	10	100%	S/ 4.00	S/ 40.00	\$ 10.37
22	POST-IT	ARTICULO DE OFICINA	Und.	15	100%	S/ 8.00	S/ 120.00	\$ 31.12
23	REGLA DE 30 CM METAL	ARTICULO DE OFICINA	Und.	10	30%	S/ 10.00	S/ 30.00	\$ 7.78
24	RESALTADORES COLORES	ARTICULO DE OFICINA	Juego	10	100%	S/ 10.00	S/ 100.00	\$ 25.93
25	TABLERO A4	ARTICULO DE OFICINA	Und.	15	100%	S/ 10.00	S/ 150.00	\$ 38.90
26	TABLERO DE CAMPO A4	ARTICULO DE OFICINA	Und.	6	100%	S/ 7.00	S/ 42.00	\$ 10.89
27	TINTA HP 7110 NEGRO C4920A	ARTICULO DE OFICINA	Caja	2	100%	S/ 160.00	S/ 320.00	\$ 82.99
28	TRAPEADOR	LIMPIEZA	Und.	20	100%	S/ 6.00	S/ 120.00	\$ 31.12
29	TRAPOS DE LIMPIEZA	LIMPIEZA	Und.	5	100%	S/ 6.00	S/ 30.00	\$ 7.78
30	VINIFAN	ARTICULO DE OFICINA	Und.	8	100%	S/ 8.00	S/ 64.00	\$ 16.60
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>							<b>S/2,495.30</b>	<b>\$ 647.12</b>

*Nota.* La gran mayoría de los artículos de oficina y limpieza se consumen al 100%, debido a que son material de alta rotación.

A continuación, se muestra en la siguiente Tabla los puestos de trabajo de la parte netamente administrativa la cual tiene un porcentaje de participación bastante bajo ya que son participes de temas más documentarios y financieros, al igual que el personal de limpieza o el de seguridad realizando trabajos operativos en cuanto al cuidado de la infraestructura del local y del taller.



**Tabla 70**

*Presupuesto del Personal Administrativo*

SUELDOS PERSONAL OTROS														
N°	CARGO	C A N T	DIA S	SALARIO MENSUAL	ASIGNA CION FAMILI AR	ESSALU D(9%)	GRATIFI CACION	CTS	VACAC IONES	SCTR (ESSAL UD)	COSTO LABORAL MENSUAL	COSTO DIARIO	COSTO POR HORA HOMBRE (S/./HH)	COSTO TOTAL
1	Gerencia General	1	90	S/ 10,000.00	S/ 93.00	S/ 900.00	S/ 833.33	S/ 422.45	S/ 416.67	S/ 123.00	S/12,788.45	S/ 426.28	S/ 61.48	S/ 1,918.27
2	Ejecutivo de Ventas	1	90	S/ 4,000.00	S/ 93.00	S/ 360.00	S/ 333.33	S/ 168.98	S/ 166.67	S/ 49.20	S/ 5,171.18	S/ 172.37	S/ 24.86	S/ 1,292.28
3	Jefe de RR.HH.	1	90	S/ 3,000.00	S/ 93.00	S/ 270.00	S/ 250.00	S/ 126.74	S/ 125.00	S/ 36.90	S/ 3,901.64	S/ 130.05	S/ 18.76	S/ 975.02
4	Administrador	1	90	S/ 3,000.00	S/ 93.00	S/ 270.00	S/ 250.00	S/ 126.74	S/ 125.00	S/ 36.90	S/ 3,901.64	S/ 130.05	S/ 18.76	S/ 1,170.49
5	Asistente administrativo	1	90	S/ 1,500.00	-	S/ 135.00	S/ 125.00	S/ 63.37	S/ 62.50	-	S/ 1,885.87	S/ 62.86	S/ 9.07	S/ 565.76
6	Asistente de Costos	1	90	S/ 1,800.00	-	S/ 162.00	S/ 150.00	S/ 76.04	S/ 75.00	-	S/ 2,263.04	S/ 75.43	S/ 10.88	S/ 678.91
7	Contador	1	90	S/ 2,200.00	-	-	-	-	-	-	S/ 2,200.00	S/ 73.33	S/ 10.58	S/ 528.00
8	Asistente Contable	1	90	S/ 1,400.00	-	-	-	-	-	-	S/ 1,400.00	S/ 46.67	S/ 6.73	S/ 336.00
9	Asistente de Facturación y crédito	1	90	S/ 1,500.00	-	S/ 135.00	S/ 125.00	S/ 63.37	S/ 62.50	-	S/ 1,885.87	S/ 62.86	S/ 9.07	S/ 452.61
10	Personal de Limpieza	2	90	S/ 930.00	S/ 93.00	S/ 83.70	S/ 77.50	S/ 39.29	S/ 38.75	S/ 11.44	S/ 1,273.68	S/ 42.46	S/ 6.12	S/ 611.37
11	Conductor	1	90	S/ 1,300.00	S/ 93.00	S/ 117.00	S/ 108.33	S/ 54.92	S/ 54.17	S/ 15.99	S/ 1,743.41	S/ 58.11	S/ 8.38	S/ 418.42
12	Mesa de Partes - Seguridad	1	90	S/ 930.00	S/ 93.00	S/ 83.70	S/ 77.50	S/ 39.29	S/ 38.75	-	S/ 1,262.24	S/ 42.07	S/ 6.07	S/ 302.94
<b>TOTAL PRESUPUESTADO GASTOS ADMINISTRATIVOS - OPERATIVO (S/.)</b>													<b>S/ 9,250.06</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTADO GASTOS ADMINISTRATIVOS - OPERATIVO (\$)</b>													<b>\$ 2,398.87</b>	

*Nota.* La mano de obra indirecta mostrada en la tabla está conformada por personal administrativo y operativo, el monto asciende a S/ 9,250.06.

### 3.7.5. Gastos Financieros

Los gastos financieros son evaluados por el área de Contable el cual es tercerizado, esta área además de controlar los estados financieros, obtener un crédito bancario, realizar el pago de la prima de seguros, entre otras actividades; también realiza el financiamiento para el pago de planilla de trabajadores. Considerando que los pagos mensuales que se realizan en su gran mayoría son fijos, para este proyecto se calcula un 3% del total del material directo más la mano de obra directa y más los gastos de producción. Cabe recalcar que esta información es sensible para la empresa, se consultó dicho porcentaje.

### 3.7.6. Precio Total

Tras estas evaluaciones y presupuestos consolidados, con una utilidad del 20%, se presenta el resumen para obtener el precio total, que figura a continuación.

**Tabla 71**  
*Cuadro Resumen del Precio Total*

DESCRIPCION	CANTIDAD
1. Material Directo	S/. 70,597.87
2. Mano de Obra Directa	S/. 23,730.67
3. CIF – Gastos de Producción	S/. 29,562.87
4. CIF – Gastos Generales	S/. 22,881.68
5. Gastos Financieros	S/. 3,716.74
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>S/. 150,489.83</b>
6. Utilidad Bruta	S/. 24,778.28
<b>PRECIO S/. (Sin I.G.V.)</b>	<b>S/. 175,268.11</b>
<b>IGV (18%)</b>	<b>S/ 31,548.26</b>
<b>TOTAL S/.</b>	<b>S/. 206,816.37</b>

El precio de venta total del tanque de almacenamiento vertical empernado es de \$ 53,634.95.

### **3.8. Identificación de los problemas**

#### **3.8.1. Análisis de los 7 desperdicios**

##### **3.8.1.1. Sobreproducción**

Debido a la naturaleza de esta investigación no se considera el desperdicio de sobreproducción, ya que se enfoca en la fabricación de una estructura de gran valor monetario.

##### **3.8.1.2. Sobre inventario**

En este punto se podría considerar como sobre inventario a las grandes dimensiones de placas de acero compradas, debido al poco espacio del almacén y a una incorrecta distribución de planta, se compran placas de acero de 6000 x 2400 mm, esto según las indicación del plano de fabricación del tanque, genera que haya desperdicio de acero, ya que las partes sobrantes se guardan y se acumulan en almacén, estas partes o también llamados retazos son de dimensiones variables, tanto grandes como pequeñas, así como de gran o mínimo espesor.

##### **3.8.1.3. Productos defectuosos**

Mediante los procesos involucrados en la fabricación del tanque, se obtiene una pérdida de los recursos empleados en el proceso de soldadura, ya que el tipo de proceso de soldadura SMAW que se usa actualmente, es discontinuo, debido a la longitud limitada de los electrodos, además de requerir gran pericia por parte de los soldadores ya que la soldadura puede contener en muchas ocasiones inclusiones de escoria. Esto ocasiona que, al momento de realizar el control de calidad de la soldadura, no pase las pruebas, por ende, se realiza nuevamente el proceso utilizando más soldadura de lo estimado.

#### 3.8.1.4. Transportes de materiales y herramientas

Los procesos involucrados en la fabricación del tanque, inician en la planta 1 donde se habilita el material mediante cortes y perforaciones, así como el soldado de las partes, esto ocasiona varios movimientos innecesarios en el transporte de las piezas ya que por la falta de espacio deben ser llevados constantemente al almacén, generando varias entradas y salidas.

Asimismo, existen otros procesos subsiguientes que se realizan en la planta 2, por la cual las piezas deben ser trasladadas varios kilómetros y viceversa, ocasionando tiempos prolongados en el proceso, momentos de espera y costos en el transporte.

#### 3.8.1.5. Procesos innecesarios

En el proceso de habilitado y pintado, encontramos procesos innecesarios que no detectan a simple vista, esto corresponde al uso del equipo oxicorte y al equipo de pintado que se usan. Dentro de estos procesos y mediante el análisis y el estudio de tiempo realizado, se encontró operaciones de corte de doble ejecución ya que si bien es cierto hay un trazado previo, en muchas oportunidades se tuvo que hacer nuevamente el corte para dejar un mejor acabado, más limpio y con mayor precisión.

Del mismo modo, con el proceso de pintado ocurre lo mismo, a veces el trabajador realiza varias pasadas sobre la superficie con el equipo de pintar para llegar al espesor requeridos, además de realizar varias recargas de pintura en el equipo dado que su capacidad es de 2 litros.

### 3.8.1.6. Espera

En el proceso de habilitado existen tiempos de espera cuando se realiza la operación de corte con el carro oxicorte, porque de acuerdo al espesor del material se debe regular la intensidad de la llama varias veces y para ello se debe hacer una prueba de precalentamiento de la misma llama, esto toma su debido tiempo, por lo cual el material debe esperar.

Para el proceso de pintado, sucede algo similar, se necesitan hacer varias recargas para pintar todas las piezas, considerando que la capacidad del equipo es de 2 litros, además de un tiempo adicional por la preparación de la pintura y la limpieza que se le da en cada recarga.

Cuando se culmina el proceso de soldadura en la planta 1, las piezas son acumuladas en el almacén, no solo por falta de espacio, sino por esperar a las demás piezas, para que posteriormente sean trasladadas al servicio de granallado todas juntas.

### 3.8.1.7. Movimientos innecesarios del trabajador

El transporte de las piezas a la planta 2 implica que un trabajador con ayuda de otros más cargue el material y posteriormente el conductor traslade las piezas; donde claramente se observa que esta operación no aporta valor al proceso, ocasionando que el proceso se alargue más de lo planeado.

Otro movimiento innecesario por parte del trabajador es el de llevar las piezas habilitadas constantemente al almacén por falta de espacio, ida y vuelta con ayuda hasta de 2 personas más por el gran peso del material.

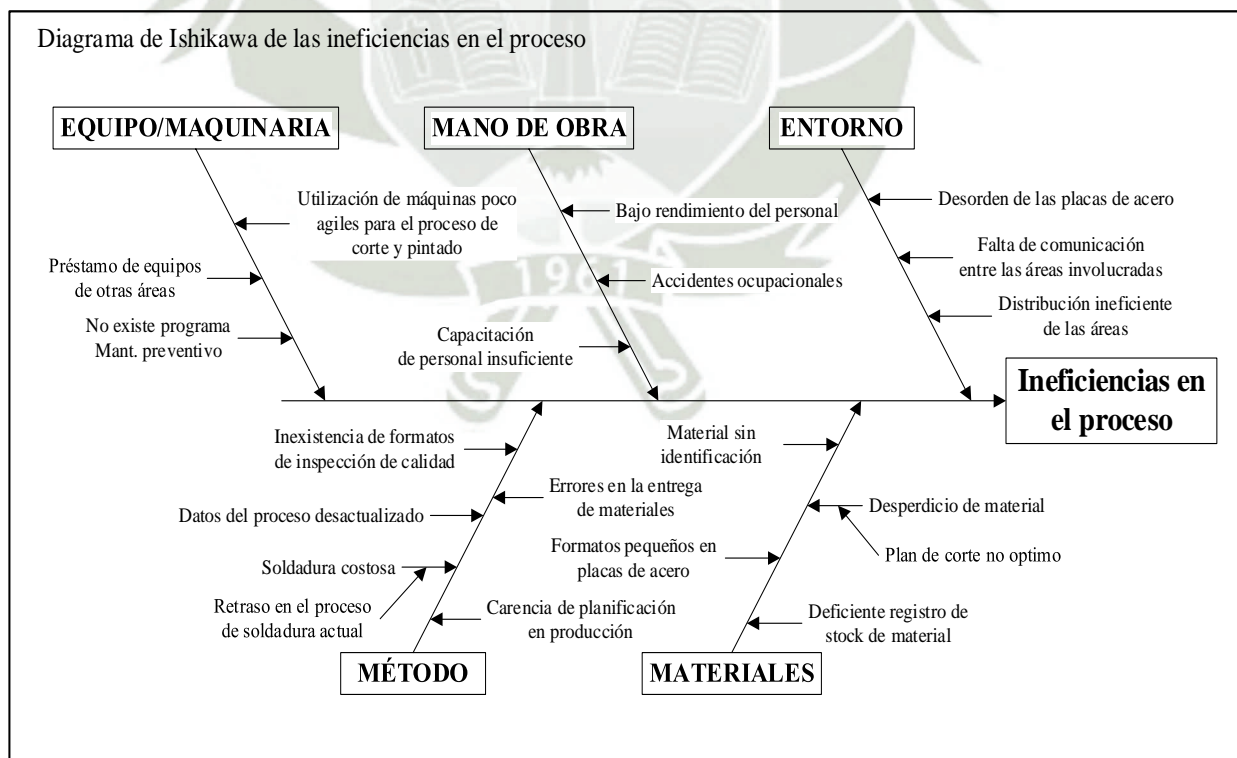
### 3.8.2. Diagrama de Ishikawa

Para realizar este estudio de forma más completa, y una vez mencionado algunas características de los procesos generales de esta empresa, se procede a realizar el análisis del problema, definiendo las causas que están agrupadas en cinco criterios; conocido como el método de las 5M que conforma la estructura del diagrama de Ishikawa, las cuales corresponden a:

- Maquinas
- Mano de Obra
- Medio Ambiente o Entorno
- Método
- Materiales

**Figura 65**

*Diagrama Ishikawa*



Este diagrama nos permite poder identificar los diferentes factores críticos que se pueden generar a partir del problema principal que son las ineficiencias en el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado.

En el criterio de **MAQUINARIA**, encontramos que una de las causas del problema es que no se tiene un mantenimiento preventivo establecido, esto es debido que en el programa de mantenimiento general no está completo y tampoco actualizado, dando como consecuencia que los trabajadores con el paso del tiempo desconozcan las actividades relacionadas al mantenimiento de sus propias máquinas que utilizan día con día. Los equipos y herramientas son muy antiguos y en algunos casos no son el adecuado para el tipo de operación que realizan, esto se puede observar claramente en el proceso de habilitado donde se usa el equipo oxicorte prolongándose el tiempo de trabajo a días incluso semanas además de tener un cierto grado de peligro por utilizarse material inflamable en la operación; lo mismo sucede en el proceso de pintado con el uso de la pistola de pintar, el tiempo de trabajo es muy prolongado y bastante agotador de manera manual.

En cuanto a la **MANO DE OBRA**, por la coyuntura ha habido trabajadores que tuvieron que ausentarse por la causa del COVID-19, dejando procesos en pausa, y a la larga generando retrasos en la entrega del producto o servicio. Así mismo otra causa fue la ausencia de trabajadores lesionados por los accidentes ocupacionales debido a la operación de soldadura del TAVE, por la falta de capacitación de uso de extintores, resaltando también que la empresa no cuenta con un sistema de alarma o emergencia de lo que está ocurriendo en planta ya sea por un accidente del operario o alguna falla mecánica.

En la empresa también se encuentra desorden y suciedad en el área de trabajo de los operarios, esto se refleja en que sus equipos y herramientas no se encuentran al

alcance y deben desplazarse varios metros para encontrarlas o prestarse, dado que el espacio de trabajo en la planta 1, además de estar limitado, es muy reducido y muchas veces los equipos están en el pasillo o peor aún, el mismo material. Además, los procesos de fabricación se encuentran a gran distancia, para pasar del proceso de soldadura al de ensamblado, se necesita trasladar las piezas varios kilómetros hacia la planta 2, esto demuestra una incorrecta distribución de las áreas conjuntamente con sus procesos, ocasionando demoras, tiempos extras, costos adicionales, etc. Es más, no existe buena comunicación entre las áreas involucradas en este proceso de fabricación dado que las especificaciones de trabajo no son las adecuadas; todo esto se agrupo dentro del criterio de **ENTORNO**.

De la misma manera, en el cuarto criterio **METODO**, otra causa sería la falta de la creación y actualización de formatos, en especial el formato para el requerimiento de materiales, puesto que se producen confusiones en la solicitud de material, debido a que los jefes de Maestranza, Soldadura, CNC y Pintado solicitan los materiales de manera presencial con una pequeña lista en un formato, esto propicia a que el almacenero no se dé abasto para alistar el material y poder entregarlo correctamente. Suscitando a que el área de producción al momento de recojo, reciban material erróneo, se queden sin material o algunas veces que sea insuficiente.

También no existen formatos de inspección como el de pintado y granallado el cual se debe estandarizar según la información que tiene la empresa. Algunos procedimientos son poco específicos y no brindan toda la información, esto implica que la ejecución de algunas operaciones no se dé correctamente. El proceso actual de soldadura que se utiliza no es eficiente para el tipo de fabricaciones que realiza la empresa y en especial, en el análisis del proceso de producción del tanque.

Y en cuanto a **MATERIALES**, existe desperdicio de material, debido a que se compra placas de gran dimensión o muy pequeñas de ser el caso, muchas veces sin haber realizado un análisis previo de la mejor distribución y recomendación de compra, también por la falta de comunicación entre el área logística e ingeniería. No obstante, tampoco se tiene un stock actualizado de los materiales que ingresan a planta, y una vez que ingresan, tampoco se verifica la materia prima, ni se les genera un código de identificación para evitar confusiones al momento de que los operarios los utilicen, ocasionando que los trabajadores cojan erróneamente su material. Debido al poco espacio de la planta, y al reducido espacio en el almacén, en su gran mayoría de veces se compran placas de acero a la medida de los requerimientos, es decir, se compran placas ya cortadas en formato pequeño, lo cual resulta un costo más elevado, en este estudio, se compraron placas de 6000 x 2400 mm, generando que haya desperdicio de materiales de grandes dimensiones, y esto a la larga produce un aumento de stock de acero en el almacén. Y también se compró piezas exactas en formato pequeño a su vez generando un alto precio de compra innecesario.

### 3.8.3. Matriz de Vester

Utilizar esta herramienta nos ayudara a conocer los factores que producen mayor impacto del total de factores críticos que se hallaron anteriormente. Cabe resaltar que esta matriz fue evaluada conjuntamente con el Gerente Técnico de la empresa, y con el Supervisor de Producción, de esta forma se podrá brindar una mayor veracidad a los resultados.

La elaboración de esta matriz será en base a los problemas presentados, estará compuesta por 19 elementos los cuales se confrontarán factor por factor asignándoles un nivel de importancia. A continuación, se codifican las causas a evaluar:

**Tabla 72***Causas identificadas del diagrama Ishikawa*

<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
C1	Préstamo de equipos de otras áreas
C2	No existe programa mantenimiento preventivo
C3	Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado
C4	Capacitación insuficiente del personal
C5	Bajo rendimiento del personal
C6	Accidentes ocupacionales
C7	Desorden de las placas de acero
C8	Falta de comunicación entre las áreas involucradas
C9	Distribución ineficiente de las áreas
C10	Inexistencia de formatos de inspección de calidad
C11	Datos del proceso desactualizado
C12	Retraso en el proceso de soldadura actual
C13	Errores en la entrega de materiales
C14	Carencia de planificación de producción
C15	Material sin identificación
C16	Formatos pequeños en placas de acero
C17	Plan de corte no óptimo
C18	Deficiente registro de stock de material

Todas las causas fueron codificadas para su mejor entendimiento y se les brindara una puntuación de acuerdo al nivel de causalidad que posea, es decir el grado en que cada problema es causa del otro, ya sea directa o indirectamente, esta puntuación se refleja en la siguiente tabla:

**Tabla 73**

*Puntuación para la evaluación de problemas*

Descripción	Puntuación
No es causa	0
Es causa indirecta	1
Es causa medianamente directa	2
Es causa muy directa	3

Al enfrentarse los problemas se les dará un puntaje mostrado en la tabla anterior, la sumatoria de esta puntuación tanto vertical como horizontal se ubicarán en una gráfica la cual estará dividida en cuatro cuadrantes, es aquí donde los problemas serán clasificados según su grado de causalidad como problema activo, pasivo, crítico o indiferente.

**Tabla 74**

*Tabla de clasificación para la matriz de Vester*

Clasificación	Grado de Causalidad
Problema crítico	Alta prioridad
Problema activo	Alta influencia
Problema pasivo	Baja influencia
Problemas indiferentes	Baja prioridad

A continuación, se procederá a realizar la matriz de Vester y se hará una confrontación de los diferentes problemas; la puntuación que se le dará se mostrará en la matriz de doble entrada que se muestra a continuación:

**Tabla 75**

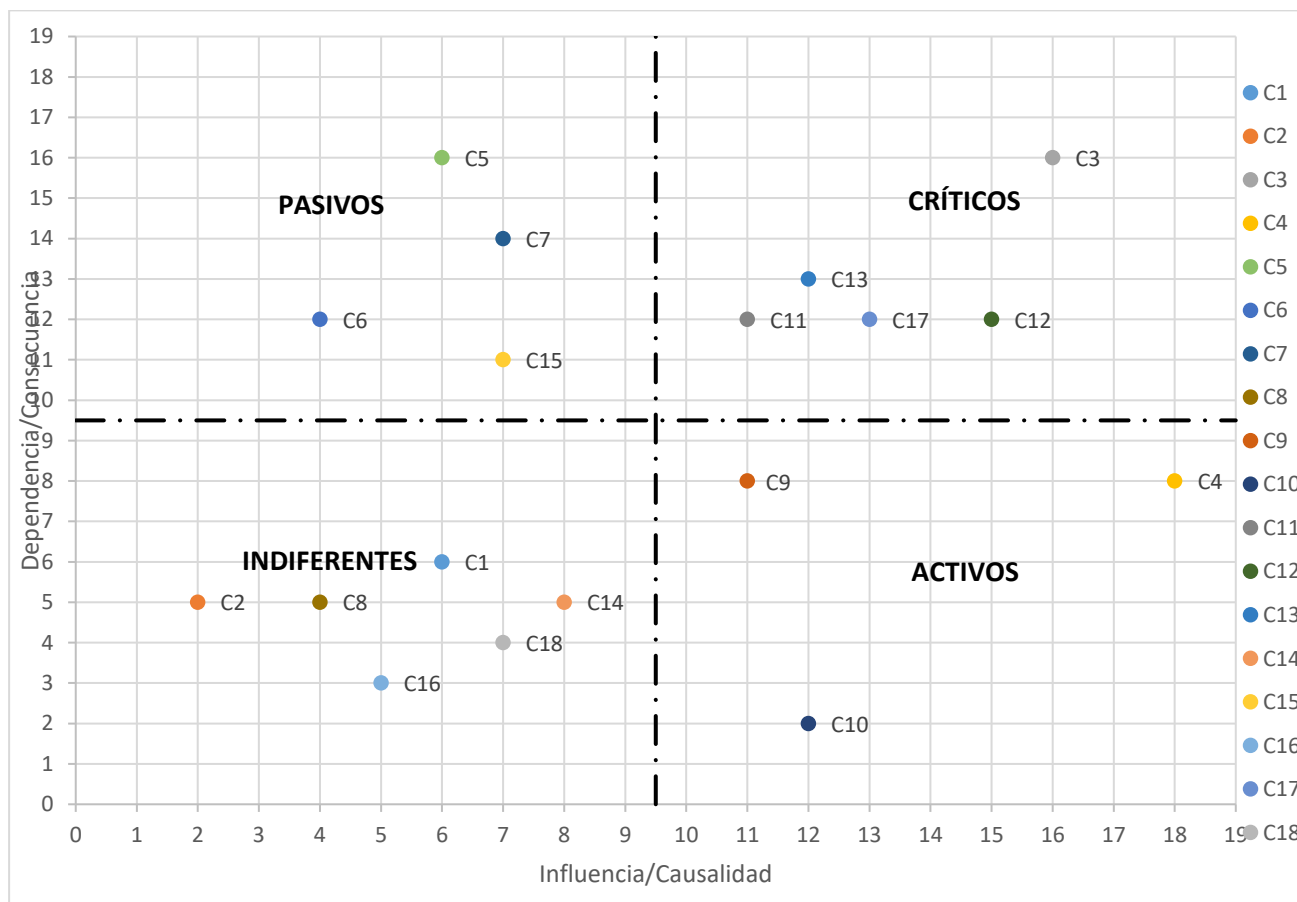
*Matriz de Vester de la empresa metalmecánica*

Situación problemática																				
INEFICIENCIA EN EL PROCESO																				
Código	Variable	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	INFLUENCIA
C1	Préstamo de equipos de otras áreas		1	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
C2	No existe programa mantenimiento preventivo	0		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C3	Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado	2	3		1	1	2	0	0	1	0	2	3	0	0	0	1	0	0	16
C4	Capacitación insuficiente del personal	0	1	2		2	2	1	1	1	2	1	1	2	0	0	0	2	0	18
C5	Bajo rendimiento del personal	0	0	0	0		2	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	6
C6	Accidentes ocupacionales	2	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4
C7	Desorden de las placas de acero	0	0	0	0	1	2		0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	7
C8	Falta de comunicación entre las áreas involucradas	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	4
C9	Distribución ineficiente de las áreas	2	0	0	0	2	2	2	0		0	0	0	2	0	0	0	1	0	11
C10	Inexistencia de formatos de inspección de calidad	0	0	2	2	3	0	0	0	0		3	2	0	0	0	0	0	0	12
C11	Datos del proceso desactualizado	0	0	3	1	2	0	0	0	0	0		3	0	2	0	0	0	0	11
C12	Retraso en el proceso de soldadura actual	0	0	3	2	2	1	0	1	1	0	3		0	1	0	0	0	1	15
C13	Errores en la entrega de materiales	0	0	0	2	1	0	2	1	0	0	2	0		0	1	0	2	1	12
C14	Carencia de planificación de producción	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1		2	0	1	0	8
C15	Material sin identificación	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0		0	2	2	7
C16	Formatos pequeños en placas de acero	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1		1	0	5
C17	Plan de corte no óptimo	0	0	0	0	1	0	3	0	2	0	0	0	2	1	2	2		0	13
C18	Deficiente registro de stock de material	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1		7
<b>DEPENDENCIA</b>		<b>6</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>164</b>

En la Tabla 74 se realizó la puntuación enfrentando los problemas de acuerdo a su causalidad, relacionándolas entre sí, dándonos como resultado un puntaje de influencia y dependencia el cual será tipificado en la siguiente figura:

**Figura 66**

*Gráfico Matriz de Vester*



Finalmente, se procede a detallar el resumen, de acuerdo a las causas identificadas en el análisis de los 7 desperdicios, y a su vez clasificadas mediante el Diagrama de Ishikawa, donde posteriormente, utilizando la Matriz de Vester logramos enfrentarlas para jerarquizar y priorizar los problemas más importantes y brindarles propuestas de solución.

**Tabla 76**

*Cuadro resumen de la clasificación de los problemas por color*

CLASIFICACION	GRADO DE CAUSALIDAD
Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado	Alta prioridad
Retraso en el proceso de soldadura actual	Alta prioridad
Plan de corte no óptimo	Alta prioridad
Datos del proceso desactualizado	Alta prioridad
Errores en la entrega de materiales	Alta prioridad
Capacitación insuficiente del personal	Alta influencia
Inexistencia de formatos de inspección de calidad	Alta influencia
Distribución ineficiente de las áreas	Alta influencia
Bajo rendimiento del personal	Baja influencia
Desorden de las placas de acero	Baja influencia
Accidentes ocupacionales	Baja influencia
Material sin identificación	Baja influencia
Carencia de planificación de producción	Baja prioridad
Deficiente registro de stock de material	Baja prioridad
Préstamo de equipos de otras áreas	Baja prioridad
Falta de comunicación entre las áreas involucradas	Baja prioridad
Formatos pequeños en placas de acero	Baja prioridad
No existe programa mantenimiento preventivo	Baja prioridad

Como se observa en el cuadro resumen, se obtuvo la clasificación de los problemas, es por ello que los que están denominados como “alta prioridad” y “alta influencia” son los que se les brindara propuestas de mejora para la optimización del proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado.

En el siguiente capítulo, encontraremos las propuestas de mejora planteadas para la optimización de procesos.

## CAPITULO IV

### 4. PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

#### 4.1. Objetivo de la propuesta a plantear

Después de clasificar los problemas de acuerdo a su grado de causalidad, se procederá a identificar la propuesta de mejora, por lo tanto, se debe definir los objetivos que se narran a continuación en esta investigación:

- Mejorar el proceso de fabricación de los tanques de almacenamiento vertical empernado.
- Implementar máquinas y herramientas para la reducción de costos y tiempo del proceso de fabricación.
- Optimizar los procesos involucrados en la fabricación.
- Estandarizar los procesos de inspección de calidad del granallado y pintado en este tipo de fabricación.
- Determinar la relación costo-beneficio de la propuesta.

#### 4.2. Identificación de la propuesta adecuada

##### 4.2.1. Análisis de la Causa Problema

Mencionado anteriormente en el diagrama de causa y efecto, se identificaron las siguientes causas:

**Tabla 77**

*Análisis Causa Problema*

CAUSA	PROBLEMA	ANALISIS
Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado	Demoras en producción por equipos no óptimos	<p>Se producen demoras en el proceso de pintado debido a que se utiliza un equipo de poca capacidad y con una utilización de tiempo extenso, generando que esta operación sea muy lenta y con retraso.</p> <p>Se producen demoras en el proceso de corte, ya que se usa el equipo oxicorte convencional. Estos equipos desactualizados generan costos altos de producción y mantenimiento</p>
Retraso en el proceso de soldadura actual	Tiempo extenso y prolongado de operación	<p>La actual máquina de soldar genera retrasos por los tiempos prolongados en el proceso de soldadura.</p>
Plan de corte no óptimo	Desperdicio de material	<p>Se compran material de dimensiones pequeñas o exactas a un precio elevado, o se compran placas de gran dimensión generando gran desperdicio de material al momento del corte. Ocasionando que el almacén se llene de retazos de material sobrante de los cortes de diferentes espesores.</p>

Datos del proceso desactualizado	Diagrama de análisis del proceso de fabricación desactualizado	Debido a los cambios que se están generando para la mejora del proceso de fabricación del tanque, es preciso actualizar el DAP de dicho proceso para tener un instructivo fijo de próximas ordenes de trabajo.
Errores en la entrega de materiales	Confusión y desabastecimiento de material	Debido a que se entrega el material para una orden de trabajo distinta a la cual fue asignado inicialmente.
Capacitación insuficiente del personal	Falta de comunicación y compromiso por parte del personal para el desarrollo de mejoras y propuestas	La falta de comunicación y compromiso produce rotación del personal que a largo plazo genera gastos no presupuestados.
Inexistencia de formatos de inspección de calidad	Controles de calidad deficientes sin registro de información	El control de calidad que se realiza en el proceso de granallado y pintado es de forma visual. Otorgando espacio a la posibilidad de error.
Distribución ineficiente de las áreas	Transportes innecesarios	Recorridos innecesarios debido a la gran distancia entre ambas plantas. Espacios reducidos en la planta 1 debido a las placas de gran dimensión, ocasionando que los pasillos sean ocupados, impidiendo el paso.

Se interpreto el análisis de cada causa del diagrama de Ishikawa que generan ineficiencias en el proceso, demostrando que existen falencias en el proceso con costos altos, demoras en el proceso y falta de formatos.

Dado el análisis, se procede a identificar las alternativas de solución por problema encontrado en el siguiente punto.

#### 4.2.2. Alternativas de solución por problema encontrado

Se proponen las alternativas que más se acerca hacia una solución efectiva para controlar y mejorar estos problemas:

**Tabla 78**

*Alternativas de solución*

CAUSALES	ALTERNATIVAS DE SOLUCION
Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de mantenimiento de los equipos mediante TPM</li> <li>- Optimización del proceso de corte y pintado</li> <li>- Tercerizar el proceso de mantenimiento</li> <li>- Plan de capacitación</li> </ul>
Retraso en el proceso de soldadura actual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Nuevo proceso de soldadura</li> <li>- Modernización e incremento de máquinas.</li> <li>- Sistema Andon</li> </ul>
Plan de corte no optimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Importar placas de acero de mayor dimensión y formato.</li> <li>- Implementación de un formato físico para el diseño manual de la distribución de las piezas.</li> <li>- Adquirir software especializado que optimice la utilización del acero y reduzca la merma de corte.</li> <li>- Reutilización y aprovechamiento de materiales.</li> </ul>
Datos del proceso desactualizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevo Diagrama de análisis del proceso mejorado.</li> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Diseñar procedimientos específicos.</li> </ul>

	- Implementar un proceso de flujo continuo.
	- Mejorar la comunicación con el área logística.
	- Aplicación del Poka Yoke.
Errores en la entrega de materiales	- Actualizar el ERP logístico para controlar el stock de materiales.
	- Plan de capacitación.
	- Automatización con un toque humano (Jidoka)
	- Plan de capacitación.
Capacitación insuficiente del personal	- Contratar personal más capacitado.
	- Proponer incentivos laborales.
	- Optimizar el entorno de trabajo.
	- Creación de formatos de control de calidad estandarizados.
Inexistencia de formatos de inspección de calidad	- Tercerizar la capacitación al personal sobre control de calidad
	- Subcontratar el servicio de control de calidad.
	- Software de gestión de calidad.
	- Redistribución de áreas.
Distribución ineficiente de las áreas	- Alquilar un espacio de mayor dimensión.
	- Análisis de factores de planta

La tabla 77 nos muestra las diversas alternativas de solución para la optimización del proceso de fabricación del tanque, y a su vez, podemos determinar que algunas alternativas pueden solucionar más de un problema.

#### 4.2.3. Metodologías a utilizar en la propuesta de mejora

Utilizando el análisis de los 5 Porque en el Anexo N°4, determinamos las técnicas y herramientas más adecuadas a utilizar para los problemas mencionados, así poder identificar las mejores alternativas de solución.

Teniendo en cuenta que algunas alternativas de solución se repiten logrando resolver gran parte de los problemas, por ello se consolidan para compartir la misma solución integral.

Se realiza la elección de las mejores alternativas. Seguidamente se nombran las propuestas elegidas en el siguiente orden:

- Optimización del tiempo de corte.
- Optimización del tiempo de pintado.
- Aplicación del Poka Yoke.
- Optimización del plan de corte de placas de acero mediante la adquisición de un software.
- Nuevo diagrama de análisis del proceso mejorado.
- Mejora del proceso de soldadura.
- Plan de Capacitación.
- Estandarización de los formatos de inspección de calidad del proceso de granallado y pintado.
- Redistribución de planta.

Según lo mencionado en el capítulo III Diagnostico situacional, se mostró en panorama el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical en conjunto con sus deficiencias, a su vez mostrando y compartiendo insuficiencias en los procesos generales de la empresa. Dado que existen retrasos en el proceso de soldadura, corte, pintado y granallado, se proponen nuevas metodologías para la optimización de estos procesos, como la adquisición de nuevas máquinas.

Estas aplicaciones conducirán a diseñar un nuevo diagrama de análisis del proceso mejorado, mostrando la reducción de operaciones y generando a continuación una nueva redistribución de planta.

Es necesario también proponer un plan de capacitaciones enfocado en temas internos, y también en la enseñanza especializada de las nuevas propuestas. Asimismo, con la ayuda del Poka Yoke se evitará el error humano en la solicitud de materiales.

Y, por último, debido a la inexistencia de los controles de calidad del proceso de granallado y pintado, se propone la estandarización de este proceso.

### **4.3. Desarrollo de la propuesta de mejora**

#### **4.3.1. Propuesta de mejora del proceso de soldadura**

Actualmente en la empresa y durante la fabricación de este proyecto se ha utilizado el proceso de soldadura SMAW, la propuesta de mejora consiste en adoptar el sistema FCAW-G (Soldadura con Arco de Núcleo Fundente), con el fin de mejorar tiempos, y tener un retorno rápido de la inversión.

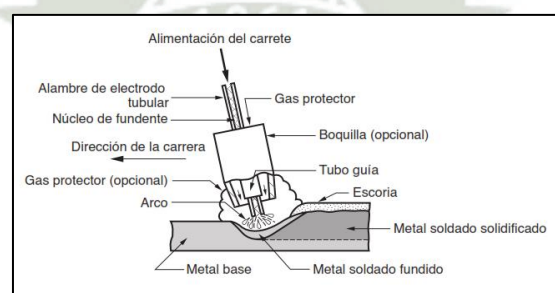
Se enlistan algunas ventajas del proceso de FCAW como sustento de la propuesta de mejora:

- El FCAW-G obtiene soldaduras de mejor calidad y con menor salpicaduras.
- A diferencia del SMAW, el FCAW genera una capa protectora llamada escoria, pero es de muy rápida y fácil remoción sin disminuir mucho su factor de operación.
- El FCAW-G en el núcleo del alambre tiene materiales desoxidantes y aleantes con la que se obtienen mejores propiedades mecánicas.

- El alambre tubular del FCAW-G en su interior tiene fundentes enfriamiento rápido que aumentan las tasas de deposición cuando se realizan soldaduras que no sean en posición horizontal, siendo esta la ventaja operativa definitiva para su uso en la industria.
- Obtiene una mejor penetración y mayores tasas de deposición con respecto al SMAW que la hace útil para soldar espesores gruesos, esto es debido a los aditivos presentes en su interior.
- Se pueden realizar soldaduras de la más alta calidad entre los procesos de soldadura por arco eléctrico.
- Permite soldar en presencia de contaminantes
- El arco es mucho más estable debido a los materiales incluidos en el núcleo del alambre.
- Utilizado en fabricaciones de taller estructurales con requerimientos sísmicos, barcos.

**Figura 67**

*Proceso de Soldadura FCAW*



*Nota.* El uso del proceso FCAW dependerá de los requisitos del proyecto y del tipo de material que se esté soldando. Extraído de Groover, 2007.

Si bien se indica que hay procesos semiautomáticos como FCAW (Alambre Tubular) y GMAW (Alambre solido), el primero comparte las buenas propiedades mecánicas de una soldadura hecha por SMAW sumado a una alta tasa de deposición, con muy buena

penetración de soldadura que es muy importante para la soldadura de espesores mayores a 9mm de acero al carbono. En este caso, nos queremos centrar en fabricaciones estructurales de espesores intermedios porque es el campo que la empresa abarca.

A continuación, mostraremos la tasa de deposición (kg/hr) para el alambre tubular E71-1M del proceso FCAW-G:

**Tabla 79**

*Tasa de Deposición para Alambre Tubular E71T-1M*

Diámetro	Gas de protección	Polaridad	Velocidad de Alimentación de Alambre (m/min)	Voltaje	Corriente	Tasa de deposición (kg/hr)
1.3mm	75-85% Ar/CO2	DC+	3.8	21-26	150	1.8
			5.1	21-27	165	2.4
			6.4	22-27	190	2.9
			7.6	23-28	215	3.5
			8.9	24-29	235	4.1

*Nota.* FCAW-G incorpora activamente el uso de gas de protección para mejorar la calidad de la soldadura. Adaptado de Lincoln, 2022.

La tasa de deposición para alambre tubular E71T-1 de 1.3mm para el proceso FCAW extraído de tablas del fabricante para 190A es 2.9 KG/HR.

Añadiremos el resultado obtenido en el punto 3.5.7.2 para poder elaborar nuestro resumen comparativo y poder calcular el costo que conlleva cada proceso.

**Tabla 80***Resumen de Parámetros de comparación de los dos Procesos*

DESCRIPCION	SMAW	FCAW-G
Material de aporte	AWS 5.1 E7018	AWS 5.20 E71T-1M
Tamaño	4.0MM	1.3MM
Amperaje	150A	190A
Voltaje	20V	19V
Velocidad alimentación alambre	-	250PULG/MIN
Tasa de deposición	1.58KG/HR	2.9KG/HR

*Nota.* La tabla nos muestra que el proceso FCAW posee una tasa de deposición mayor que la del proceso SMAW.

Según el resumen de parámetros se posee una mayor tasa de deposición por hora de 2.9 con el proceso de FCAW-G, esto nos demuestra la rapidez del proceso debido a su velocidad más alta, aun así, obteniéndose soldadura de mayor calidad con muy buena presentación y menor salpicaduras.

En cuanto al rendimiento de los consumibles, no todo el material de Aporte se transforma en soldadura Depositada. Por ejemplo, en el proceso de soldadura SMAW siempre se desperdicia una parte del electrodo que se conecta a la pinza. También que parte del aporte se convierte en escoria, gases, y salpicaduras.

Como se puede ver en la tabla a continuación, para el proceso FCAW se posee un rendimiento entre 80-85%.

**Tabla 81**

*Rendimiento de Consumibles para el proceso FCAW-G*

PROCESO DE SOLDADURA	RENDIMIENTO
SAW	100%
GMAW	90-95%
FCAW-G	85-90%
FCAW-S	80-85%
SMAW	50-65%

*Nota.* Se observa que el proceso FCAW-G posee un rendimiento entre 85% y 90%, haciendo bastante eficiente a comparación de los demás procesos. Adaptado de Lincoln Electric, 2021.

Al proponer este nuevo método de proceso, es indispensable la adquisición de una nueva máquina que cumpla con estas funciones y características requeridas, de esta forma poder estar operativa. Averiguando en el mercado tecnológico y con algunas aportaciones sugerentes del jefe de soldadura y de producción, se optó por proponer la utilización de la siguiente máquina.

**Figura 68**

*Máquina de soldar Multiproceso*



*Nota.* Modelo de máquina de soldar a cotizar en Lima, seleccionada según sus características, conjuntamente con su alimentador. Tomado de Weld Daf, 2023.

**Tabla 82**

*Parámetros de la máquina de Soldar Multiproceso*

<b>Modelo</b>	XTREME 500
<b>Dimensiones</b>	753 X 393 X 700
<b>Ciclo de Trabajo</b>	60% 500 A 39V / 100% 390 A 34V
<b>Peso</b>	53.6 Kg
<b>Diámetro de alambre (Solido)</b>	0.8 – 1.6 mm
<b>Diámetro de alambre (Tubular)</b>	1.2 – 2.0 mm
<b>Regulación de amperaje SMAW</b>	45 – 500 A
<b>Diámetro de electrodo</b>	3/32” (2.4mm) – 3/16” (5.0mm)

*Nota.* Se tomará como referencia el rango del diámetro de alambre tubular a utilizar según los parámetros. Adaptado de Weld Daf, 2023.

**Tabla 83**

*Parámetro del Alimentador*

<b>Alimentación</b>	24V
<b>Diámetro de alambre</b>	0.8 – 1.6MM
<b>Tipo de conexión</b>	Euro

*Nota.* El alimentador de la máquina de soldar se encarga de avanzar el electrodo o el alambre de soldadura hacia el arco de manera controlada. Adaptado de Weld Daf, 2023.

Estas especificaciones serán tomadas en cuenta para realizar el cálculo de costos del método propuesto. En el Anexo N°5 se muestra la ficha técnica de la máquina de soldar propuesta.

A continuación, se realizará un comparativo de ambos de procesos evaluando todos parámetros técnicos, productividad y costos de operación involucrados, determinando

el ahorro para el proyecto y por kilogramo de soldadura depositado, para poder determinar el ahorro a mediano y largo plazo de implementar el proceso FCAW.

Para el proceso actual del proceso SMAW, se está utilizando el electrodo AWS E7018 de 4.0MM como electrodo revestido con una corriente – amperaje de 150A-20V y para el propuesto que es el FCAW se propone la utilización de AWS E71T-1M de 1.3MM como alambre tubular FCAW con gas con una corriente – amperaje de 190A-20V, el cual se detalla en la siguiente Tabla:



**Tabla 84**

*Cuadro comparativo del cálculo de costos del proceso actual y propuesto de soldadura*

	ACTUAL	PROPUESTO
1. CLASIFICACION Y DIAMETRO ELECTRODO	AWS 5.1 E7018 4.0MM	AWS 5.20 E71T-1M 1.3MM
TIPO	ELECTRODO REVESTIDO SMAW	ALAMBRE TUBULAR FCAW CON GAS
CORRIENTE-AMPERAJE	150A-20V	190A-19V
<b>1. COSTO DE MANO DE OBRA</b>		
1.1. VELOCIDAD DE DEPOSICION (100% ARC ENCEN.) (VD)	1.58 kg / hr	2.90 kg / hr
1.2. FACTOR DE OPERACION (FO)	23%	35%
1.3. VELOCIDAD DEPOSICION REAL (VD X FO)	0.3634 kg / hr	1.02 kg / hr
1.4. COSTO MANO DE OBRA	8.50 \$ / hr	8.50 \$ / hr
1.5. COSTO MANO DE OBRA POR KG DEPOSITADO	23.39 \$ / kg	8.37 \$ / kg
<b>1.7. COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>23.39 \$ / kg</b>	<b>8.37 \$ / kg</b>
<b>2. COSTO DE LOS MATERIALES DE APORTE</b>		
2.1. COSTO DEL ELECTRODO O ALAMBRE EN \$ / kg	2.20 \$ / kg	3.10 \$ / kg
2.2. RENDIMIENTO DE APORTE (%)	50%	89%
2.3. COSTO CONSUMIBLES POR KG DEPOSITADO	4.40 \$ / kg	3.48 \$ / kg
2.4. COSTO DE GAS DE PROTECCION	- \$ / kg	3.96 \$ / kg
<b>2.5. COSTO TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>4.40 \$ / kg</b>	<b>7.44 \$ / kg</b>
<b>3. COSTO DE MAQUINAS</b>		
3.1. VALOR EQUIPO DE SOLDAR	500.00 \$	4,250.00 \$
3.2. VIDA UTIL	6.00 Años	6.00 Años
3.3. HORAS PRODUCTIVAS POR AÑO	13,824.00 hr	13,824.00 hr
3.4. COSTO DE EQUIPO POR KG DEPOSITADO	0.10 \$ / kg	0.30 \$ / kg
3.5. CONSUMO ELECTRICO	6.00 KW	8.00 KW
3.6. ENERGIA ELECTRICA POR KG DEPOSITADO	3.80 KW hr/ kg	2.76 KW hr/ kg
3.7. COSTO DE ENERGIA	0.1325 \$ / KW hr	0.1325 \$ / KW hr
3.8. COSTO DE ENERGIA POR KG DEPOSITADO	0.503 \$ / kg	0.366 \$ / kg
<b>3.9. COSTO TOTAL DE MAQUINA</b>	<b>0.60 \$ / kg</b>	<b>0.67 \$ / kg</b>
<b>COSTO TOTAL (Por kg DEPOSITADO)</b>	<b>28.39 \$ / kg</b>	<b>16.48 \$ / kg</b>
<b>COSTO TOTAL DE SOLDADURA</b>		
PESO DEL TOTAL DEL MATERIAL A DEPOSITAR:	40.0 kg	40.0 kg
COEFICIENTE DE AJUSTE:	5.0%	5.0%
TOTAL MATERIAL A DEPOSITAR	42 kg	42 kg
TOTAL CONSUMIBLES NECESARIOS	84 kg	48 kg
DIFERENCIA CANTIDAD DE CONSUMIBLES NECESARIOS		-43%
COSTO TOTAL DE LA SOLDADURA:	1,193 \$	692 \$
DIFERENCIA COSTO TOTAL DE SOLDADURA del presente		-42%
<b>AHORRO TOTAL METODO PROPUESTO:</b>	<b>500 \$</b>	<b>SOBRECOSTO METODO PRESENTE: 72.3%</b>

*Nota.* Como se menciona, el peso total del material que se calcula a depositar es de 40 kg, a este valor se le aplico un coeficiente de ajuste del 5%, dando un total de material a depositar de 42 kg.

Los valores obtenidos en cuanto a la tasa de deposición fueron usados para determinar el costo total de soldadura, obteniéndose que el costo por kilogramo depositado para el proceso actual es de 28.39 \$, en cambio para el proceso propuesto de FCAW se obtiene un costo mucho menor que es de 16.48 \$/kg depositado, esto es considerado como un ahorro en el proceso propuesto ya que con el proceso FCAW se obtiene un ahorro de 11.91 \$/kg depositado.

Como resultado final para el costo total de la soldadura, el proceso actual SMAW genera un monto de 1193 \$ a diferencia del proceso propuesto que generaría un costo de 692 \$ con un ahorro del 42 %. Este ahorro se expresa en 500\$.

Cabe mencionar que el proceso actual SMAW tiene un sobrecosto de 72.3%. Si bien es cierto esta investigación está centrada en la mejora del proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado, es necesario que con los resultados obtenidos se pueda realizar una propuesta para la optimización de procesos, en este caso se consultó con el área pertinente aproximadamente cuantos kilogramos de soldadura se usan diariamente de acuerdo a la cantidad de soldadores que operan, tomando como muestra las del año 2022, el cual se expresa en la siguiente tabla:

**Tabla 85**

*Consumo soldadura anual del proceso actual 2022*

<b>KG DE ACERO ANUAL</b>	280850
<b>RATIO DE SOLDADURA DEPOSITADA</b>	2%
<b>KG DE SOLDADURA DESPOSITADA ANUAL</b>	5617
<b>CONSUMO SOLDADURA (KG/DIA)</b>	18.00

*Nota.* El ratio de soldadura depositada utilizado en la empresa es un rango de 1%-3%.

Con el proceso actual de SMAW, aproximadamente se consume 5617 kg anualmente, este dato se usará para calcular nuevamente el costo total para poder realizar la comparación respectiva en la siguiente tabla.

**Tabla 86**

*Cuadro comparativo del costo total según peso de soldadura utilizado anualmente*

	PRESENTE	PROPUESTO
1. CLASIFICACION Y DIAMETRO ELECTRODO	E7018 3/16MM	E71T-1 1.3MM
TIPO	ELECTRODO REVESTIDO SMAW	ALAMBRE TUBULAR FCAW CON GAS
CORRIENTE-AMPERAJE	150A-20V	190A-19V
<b>COSTO TOTAL (Por kg DEPOSITADO)</b>	<b>28.39</b> \$ / kg DE	<b>16.48</b> \$ / kg DE
<b>COSTO TOTAL DE SOLDADURA</b>		
PESO DEL TOTAL DEL MATERIAL A DEPOSITAR:	<u>5,617</u> kg	<u>5,617</u> kg
COEFICIENTE DE AJUSTE:	<u>5.0%</u>	<u>5.0%</u>
TOTAL MATERIAL A DEPOSITAR	<u>5,898</u> kg	<u>5,898</u> kg
COSTO TOTAL DE LA SOLDADURA:	<u>167,461</u> \$	<u>97,199</u> \$
		<b>-42%</b>
<b>AHORRO TOTAL METODO PROPUESTO:</b>	<b>70,262</b> \$	RECOSTO METODO PRESENTE: <b>72.3%</b>

*Nota.* En efecto, diariamente se usan alrededor de 15 – 18 kg de soldadura tomando en cuenta que laboran como mínimo 2 soldadores.

Según los resultados de la tabla, anualmente se obtendría un ahorro significativo de 70 262 \$ en beneficio de la empresa usando el proceso propuesto FCAW. Expresándose en un 42% menos.

En otras palabras, el utilizar el proceso propuesto de FCAW, generaría un gran ahorro para la empresa, considerando que la productividad también aumentaría debido a su gran rendimiento de aporte.

#### 4.3.2. Propuesta de optimización del proceso de corte

Para la mejora del proceso de habilitado el cual actualmente se hace uso de la maquina oxicorte, se propone analizar la alternativa de compra de una maquina CNC que mediante su sistema de corte, taladrado y fresado nos permita realizar este proceso en menor tiempo, a un menor costo y que a corto plazo nos brinde mayor productividad.

Por lo tanto, se presenta el concepto de una máquina de corte por plasma CNC mostrando sus funciones, y sus características. Además de destacar las ventajas de uso de esta nueva máquina para poder evaluar su beneficio para la empresa.

Primero hay que saber que esta máquina propuesta posee una CNC o control numérico computarizado, que es la tecnología que permite al operario realizar trabajos desde un computador a una máquina de corte; este control numérico proporciona que se puedan ajustar las medidas de las piezas, la velocidad, tiempo entre otras funciones. Utiliza el código G y formatos de diseño como DXF y DWG.

Con el control numérico, se realizan los cortes mediante una imagen de vectores, el cabezal cortador de plasma se moviliza en las direcciones X y Y. Conjuntamente equipado con un generador potente de plasma powermax1650 con una corriente de salida de 100A de alta velocidad que corta espesores mayores de 25 mm, y un sistema de succión de humos y gases, además de poseer dispositivos de seguridad como sensores, botones de emergencia, etc.

El corte por plasma es un proceso que utiliza calor de arco de plasma a una elevada temperatura para poder fundir una placa de metal, se elimina el metal fundido generando una fisura, y para ello se utiliza gases como oxígeno, nitrógeno o aire presurizado, donde este gas es convertido en plasma para poder atravesar el metal.

El equipo plasma puede iniciar su trabajo sin necesidad de un calentamiento inicial, así mismo, los materiales que soporta esta máquina son el acero inoxidable, acero al carbón, acero galvanizado, aluminio y latón a diferencia del carro oxicorte que no puede cortar el aluminio por sus propiedades.

Y, acerca del ahorro de los materiales, la propuesta de comprar una máquina cortadora de plasma CNC será beneficiosa dado que podrán comprarse placas de medidas comerciales y de gran tamaño por poseer un precio menor en el mercado.

Esta máquina brinda cortes de buena calidad ya que no se necesita de gases especiales, solo se necesita el aire comprimido. También su velocidad de corte es mayor, permitiendo piezas acabadas en el menor tiempo. Es fácil de usar ya que no se necesitan gases ni sustancias químicas inflamables, a diferencia del carro oxicorte que usa el acetileno siendo bastante peligrosos durante su manipulación.

Algunas investigaciones narran los accidentes ocurridos por la manipulación del acetileno en el proceso oxicorte, dado que el riesgo es mayor por ser altamente inflamable con la probabilidad de que un mal uso genere fuga del gas ocasionando explosiones de largo alcance, exponiendo así la seguridad del trabajador.

La máquina que se propone posee una alta eficiencia en el corte, taladrado y roscado, además de alta velocidad y buen rendimiento de movimiento con una larga vida útil.

**Figura 69***Ventajas del corte con plasma*

Las ventajas de la adquisición de una máquina cortadora con plasma CNC son diversas; existen muchos tipos de máquina CNC de acuerdo a las necesidades de la empresa, estas máquinas pueden variar de acuerdo a su tamaño y a sus limitaciones en el sentido de que algunas solo cortan en formato lineal, en cambio existen otras que además de cortar, también pueden perforar y fresar, entre otras más funciones; otro factor importante es que depende también de la necesidad del espesor de corte que requiere la empresa.

Si bien es cierto, el equipo oxicorte posee un costo de adquisición menor al de corte por plasma, sin embargo, el costo operativo es más elevado, ya que el método oxicorte conlleva la utilización de gases más caros para llevar a cabo la combustión y así poder utilizarse, además de una extensa utilización de mano de obra por tener que ser utilizado con apoyo manual.

Por esta razón se investigó y analizó las características y parámetros de varias máquinas, enfocándose en lo que necesita la empresa de acuerdo a su rubro. Al respecto se propone la adquisición de la MAQUINA DE CORTE CNC POR PLASMA Y OXICORTE PORTICO donde se especifican algunos parámetros de mecanizado en la siguiente tabla.

**Tabla 87***Parámetros de mecanizado necesarios*

<b>Modelo</b>	24120 (2400*12000mm)
<b>Área de trabajo</b>	2400 x 12000 mm
<b>Fuente de alimentación de plasma</b>	Huayuan LGK120/160/200a, Hypertherm para opcional
<b>Espesor máximo de corte por plasma</b>	22mm
<b>Espesor máximo de corte por llama</b>	150mm
<b>Sistema de control</b>	F2300-cnc control system
<b>Precisión de reposición</b>	0.3mm
<b>Precisión de procesamiento</b>	0.1mm
<b>Guía Lineal</b>	Guía lineal cuadrada HIWIN de Taiwán
<b>Motores</b>	Panasonic servo motor
<b>Potencia</b>	8.5kw
<b>Velocidad máxima de corte</b>	0-12000 mm/min
<b>Tensión de trabajo</b>	3 fase 380V/50Hz
<b>Software</b>	STARcam
<b>Peso</b>	2200 kg

*Nota.* Esta información fue brindada en la ficha técnica de la cotización del proveedor de China. Los parámetros muestran también el tipo de Software a manejar. Tomado de Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co, 2023.

Es un tipo de máquinas de corte multifuncional de alta eficiencia y alta precisión. La pista de guía horizontal, por su rectitud permite alta precisión y un funcionamiento suave, el cual permite un trabajo para placas de acero de 12 metros de longitud.

**Figura 70**

*Máquina de corte CNC por plasma y oxicorte pórtico*



*Nota.* Mide 2400 mm de largo, una vez llegue a planta será reubicada en el área CNC.

Consideran que esta máquina es capaz de usar ambos métodos. Tomado de Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co, 2023.

Para esta máquina se usará el Powermax1650 como sistema de plasma mecanizado para cortar y hacer ranura en metales. La técnica de corte por plasma implica dirigir un chorro de gas ionizado a alta velocidad hacia la superficie del material, lo que genera un arco eléctrico que funde y corta el metal.

**Figura 71**

*Hypertherm plasma powermax 1650*



*Nota.* Los beneficios incluyen velocidades de corte relativamente altas y la capacidad de cortar una variedad de espesores de material. Tomado de Hypertherm, 2009.

**Tabla 88***Parámetros Hypertherm plasma powermax 1650*

<b>Modelo</b>	Powermax1650
<b>Capacidad recomendada de corte</b>	32 mm (1-1/4 pulg)
<b>Capacidad máxima</b>	38 mm (1-1/2 pulg)
<b>Capacidad de perforado</b>	Hasta 13 mm (1/2 pulg)
<b>Capacidad de perforado máxima</b>	19 mm (3/4 pulg)
<b>Voltaje de entrada a</b>	400V.3-PH
<b>50/60 Hz</b>	380V.3-PH

*Nota.* Las características de la Powermax1650 fueron consideradas para realizar el cálculo del tiempo de corte. Tomado de Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co, 2023.

Y adicionalmente, se requiere otro componente para la operación de este proceso, y es el de un compresor de aire. El corte por plasma utiliza un gas, como aire comprimido, nitrógeno u oxígeno, que se introduce a través de la antorcha de plasma. El compresor de aire proporciona el suministro necesario de aire comprimido para este proceso. La antorcha de plasma se calienta significativamente durante el proceso de corte y el compresor de aire suministra aire comprimido que se utiliza para enfriar la antorcha y evitar el sobrecalentamiento, asegurando un funcionamiento continuo y prolongado.

**Figura 72**

*Compresor de aire 7.5 HP*



*Nota.* Al seleccionar un compresor de aire, es crucial considerar la capacidad de flujo de aire, la presión de trabajo, el tamaño del tanque y la potencia del motor. Tomado de la página web de Mercado Libre, 2023.

**Tabla 89**

*Características del compresor de aire*

<b>POTENCIA</b>	7.5W
<b>PRESION MAXIMA</b>	155MPa
<b>COLOR</b>	Negro
<b>MARCA</b>	Campbell Hausfeld
<b>FRECUENCIA</b>	60
<b>FASE ELECTRICA</b>	Trifasica
<b>COMPRESORA INDUSTRIAL</b>	100 GL
<b>FLUJO AIRE</b>	815 l/min (28.76 cfm)

*Nota.* Estos factores afectan directamente el rendimiento y la eficiencia en diversas aplicaciones. Tomado de la página web de Mercado Libre, 2023.

Además, el compresor de aire ayuda a mantener una presión constante y controlada del gas de plasma, esto es crucial para garantizar un corte preciso y consistente a lo largo del proceso.

Dada toda esta información, es necesario saber la velocidad de corte de acuerdo al espesor del material, corriente y voltaje del arco para hallar el tiempo aproximado que se toma la maquina propuesta en realizar el corte y poder hacer la comparación con el tiempo del proceso actual.

La siguiente tabla extraída del manual del operador nos muestra las distintas velocidades de avance para el corte según el espesor y la corriente del arco de 100 A para este caso, se muestra el corte para acero al carbono.

**Tabla 90**

*Tabla de corte 100 A para acero al carbono*

Corriente del arco	Voltaje del arco	Demora de perforado	Espesor del material		Velocidades máximas de avance		Velocidades óptimas de avance	
			pulgada	mm	ppm	mm/min	ppm	mm/min
100	153	0,5	1/4"	6,4	208	5283	135	3429
	155	0,5	3/8"	9,5	119	3022	77	1955
	159	1,0	1/2"	12,7	88	2235	57	1447
	160	1,0	5/8"	15,9	61	1549	40	1016
	161	1,5	3/4"	19,0	47	1193	26	660
	163	No se aplica	1	25,4	28	711	18	457
	167		1 1/4"	31,8	19	482	12	305

*Nota.* Esta tabla fue obtenida de su ficha técnica traducida al español según la corriente del arco y el tipo de material a cortar. Tomado de Hypertherm, 2009.

Con la información de las velocidades máximas de avance según espesor mediante el corte con plasma, se realiza la comparación con las velocidades de corte del método oxicorte en milímetros por segundos mediante el siguiente cuadro:

**Tabla 91**

*Comparativa de velocidades de corte del Oxicorte y CNC Plasma*

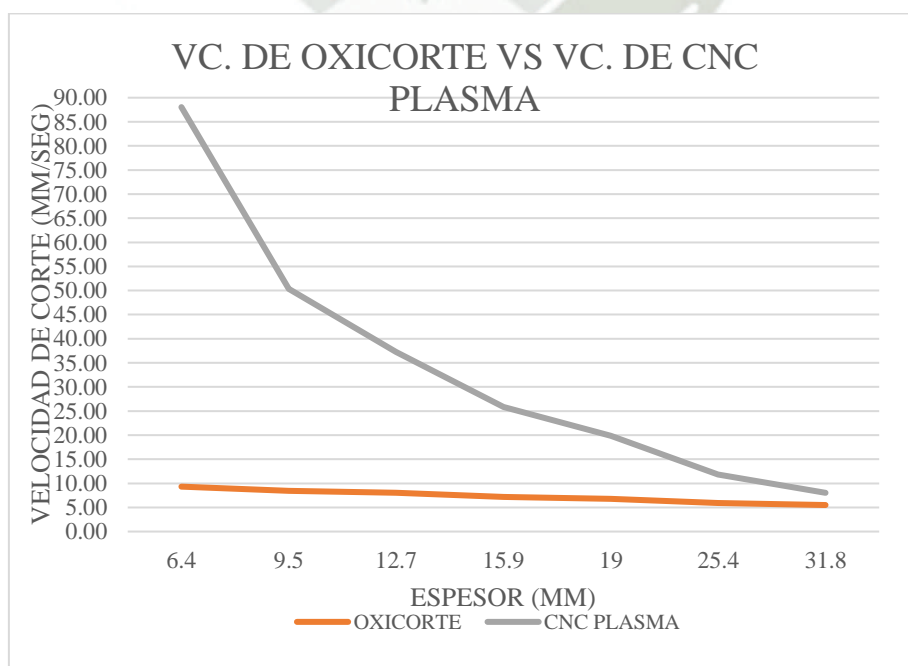
ESPESOR DEL MATERIAL	OXICORTE	CNC PLASMA
	VELOCIDAD DE CORTE (MM/SEG)	VELOCIDAD MAXIMA DE AVANCE (MM/SEG)
6.4	9.32	88.05
9.5	8.47	50.37
12.7	8.03	37.25
15.9	7.18	25.82
19	6.77	19.88
25.4	5.92	11.85
31.8	5.50	8.03

Se realiza la comparación de las velocidades de corte en milímetros por cada segundo.

Para posteriormente se convertidas en metros.

**Figura 73**

*Velocidad de Oxicorte VS Velocidad CNC Plasma del Acero al Carbono*



La figura nos muestra que la velocidad de corte con plasma es mayor cuando los espesores están en un rango de 6 mm – 19 mm. Sin embargo, cuando supera el espesor de 19 mm las velocidades se igualan en ambos procesos.

En el grafico anterior se observa que con la utilización del sistema de plasma se puede obtener mayor avance de corte en milímetros por cada segundo a diferencia del método oxicorte. El ejemplo claro está en el espesor de 6.4 mm, con un 9.32 milímetros de corte por cada segundo con el método oxicorte, en otras palabras, un proceso lento a comparación del sistema de plasma que puede cortar 88.05 milímetros en tan solo un segundo.

**Tabla 92**

*Especificaciones para la capacidad de corte con 100 A*

<b>Capacidad de corte a 100 amps</b>	
Capacidad de corte recomendada	32 mm
Capacidad máxima de corte	38 mm
Corte bruto máximo	45 mm
<b>Capacidad de ranurado</b> (tasa de remoción de metal en acero de carbono)	10,4 kg/hora
<b>Peso</b>	
T100	3,3 kg con una manguera de 7,5 m 6,3 kg con una manguera de 15 m
T100M	3,8 kg con una manguera de 7,5 m 5,0 kg con una manguera de 10,7 m 6,8 kg con una manguera de 15 m

*Nota.* En la Tabla se muestran algunas especificaciones de la capacidad de corte de la propuesta con 100 A. Considerando el espesor máximo de corte que se posee. Tomado de Hypertherm, 2009.

Ahora, se procede la conversión de los valores de la tabla 81 que está en milímetros por segundos a metros por minutos, de esta forma se realiza el cálculo del tiempo que tomaría la operación del corte lineal con la maquina cortadora por plasma CNC, de acuerdo a la cantidad de metros según espesor en la fabricación del tanque.

La longitud de corte expresada en metros por cada espesor de placa es extraída de las tablas del punto 3.5.7.4 inciso A); para multiplicarlo por la velocidad de corte proporcionada en tiempo real.

Se le adicionan los tiempos de preparación correspondientes a la programación de la pieza, dado que esta actividad se repite varias veces de acuerdo al espesor de la placa; otro tiempo adicional es el del cambio de las placas tanto el ingreso como la salida alrededor de 13 veces, esta actividad se realizaría con ayuda de un teclé.

**Tabla 93**

*Tiempo total de la operación de corte*

<b>ESPESOR DE LA PLACA (MM)</b>	<b>LONGITUD DE CORTE (M)</b>	<b>TIEMPO (MIN)</b>
<b>6 MM</b>	148	33.617
<b>9 MM</b>	156	61.946
<b>12 MM</b>	20	10.738
<b>16 MM</b>	1	0.775
<b>25 MM</b>	20	33.755
<b>TIEMPO TOTAL (MIN)</b>		<b>140.831</b>
<b>TIEMPO TOTAL (H)</b>		<b>2.347</b>
<b>TIEMPOS ADICIONALES DE PREPARACION (H)</b>		<b>6.2</b>
<b>TIEMPO TOTAL DE CORTE (H)</b>		<b>8.5</b>

El tiempo de corte que se calcula es según espesor de placa que se utilice. Los tiempos adicionales son los tiempos de configuración del controlador CNC o preparación del material y herramientas.

Por consiguiente, se obtiene un tiempo de total de 8.5 horas para la operación de corte con la maquina CNC plasma.

Del mismo modo, se efectúa el mismo proceso para la operación de perforado, se usa la siguiente tabla para identificar la velocidad de corte según el diámetro y material de la broca.

**Tabla 94**

*Material y velocidad de corte según ft por minuto*

MATERIAL AND CUTTING SPEED (FT PER MINUTE)											
Diameter of drill (in.)	Aluminum	Brass & Bronze	Cast iron	Mild steel 0.2-0.3 carbon (LOW)	Steel 0.4-0.5 carbon (MED)	Tool steel 1.2 carbon and drop forgings	Conn. rod molybdenum steel	3.5 nickel steel	Stainless steel and monel metal	Malleable iron	Feed per revolution (in.)
	300	200	100	110	80	60	55	60	50	85	
Revolutions per minute											
1/16	18,336	12,224	6,112	6,724	4,883	3,668	3,404	3,976	3,056	5,192	0.0015
1/8	9,168	6,112	3,056	3,362	2,444	1,834	1,702	1,988	1,528	2,596	0.002-0.003
3/16	6,108	4,072	2,036	2,242	1,630	1,222	1,120	1,324	1,018	1,734	0.004
1/4	4,584	3,056	1,528	1,681	1,222	917	851	994	764	1,298	0.005
5/16	3,668	2,444	1,222	1,344	976	733	672	794	611	1,039	0.005
3/8	3,054	2,036	1,018	1,121	815	611	560	662	509	867	0.006
7/16	2,622	1,748	874	921	699	524	481	568	437	742	0.007
1/2	2,292	1,528	764	840	611	459	420	497	382	649	0.008
9/16	2,037	1,358	679	747	543	407	373	441	340	577	0.008
5/8	1,836	1,224	612	673	489	367	337	398	306	520	0.009
11/16	1,665	1,110	556	611	444	333	300	360	273	472	0.009
3/4	1,524	1,016	508	559	406	306	279	330	254	433	0.010
13/16	1,422	948	474	521	379	285	261	308	237	403	0.010
7/8	1,314	876	438	482	349	262	241	285	219	371	0.011
15/16	1,221	814	407	446	326	244	224	265	204	346	0.012
1	1,146	764	382	420	306	229	210	258	191	325	0.013
1 1/16	1,077	718	359	395	287	215	197	233	180	305	0.013
1 1/8	1,020	680	340	374	272	204	187	221	170	288	0.014
1 3/16	966	644	322	354	258	193	177	209	161	274	0.014
1 1/4	918	612	306	337	245	183	168	199	153	260	0.015
1 5/16	873	582	291	320	233	175	160	189	146	248	0.015
1 3/8	834	556	278	306	222	167	153	180	139	236	0.015
1 7/16	795	530	265	292	212	159	146	172	133	225	0.015
1 1/2	762	509	254	279	204	153	140	165	127	216	0.015
1 9/16	732	488	244	268	195	146	134	159	122	207	0.016
1 5/8	702	468	234	257	188	141	129	152	117	201	0.016
1 11/16	678	452	226	249	181	136	124	147	113	192	0.016
1 3/4	654	436	218	240	175	131	120	142	109	186	0.016
1 13/16	630	420	210	231	168	126	116	137	105	179	0.016
1 7/8	612	408	204	224	163	122	112	133	102	173	0.016
1 15/16	591	394	197	216	158	118	108	128	99	168	0.016
2	573	382	191	210	153	115	105	124	96	162	0.016

1. Rotational speed value for carbide twist drills are 200 to 300 percent higher than H.S.S.

*Nota.* La tabla nos muestra la velocidad de corte de acuerdo al diámetro de la broca y según el material que se vaya a perforar. Es importante las pulgadas por revolución para realizar nuestro calculo. Tomado de Hypertherm, 2009.

De esta Tabla se toman como referencia los valores según el diámetro de la broca que en este caso es de 13mm, 16mm y 19 mm, el material de la placa que es acero al carbono y las pulgadas por revolución.

**Tabla 95**

*Feed for Revolution según diámetro de broca*

	<b>13 mm</b>	<b>16 mm</b>	<b>19 mm</b>
<b>AGUJERO Ø</b>	<b>1/2</b>	<b>5/8</b>	<b>3/4</b>
<b>FEED FOR REVOLUTION</b>	0.008	0.009	0.010

En la tabla se muestra un resumen de los diámetros de la broca a utilizar según la fabricación del tanque y las pulgadas por revolución correspondiente.

Con la información de la tabla anterior se procede a calcular el tiempo de perforación de acuerdo al diámetro de la broca y al espesor de la placa según las partes del tanque.

**Tabla 96**

*Tiempo de perforación según espesor de las partes del tanque*

	<b>TECH O</b>	<b>FOND O</b>	<b>ANILLO S</b>	<b>CASC O</b>	<b>BOQUILLA S</b>	<b>REFUERZ O MANHOLE</b>	<b>BRIDAS MANHOL E</b>	<b>ESCALER A BARANDA</b>	<b>SILLETA DE ANCLAJ E</b>
<b>ESPEJOR (MM)</b>	6	9	9	6	9	9	16	6	12
<b>ESPEJOR (IN)</b>	1/4	3/8	3/8	1/4	3/8	3/8	5/8	1/4	1/2
<b>CONVERSION (IN/MIN)</b>	4.888	4.401	4.401	4.888	4.888	4.060	4.060	4.401	4.401
<b>TIEMPO (MIN)</b>	0.082	0.136	0.136	0.082	0.123	0.148	0.246	0.091	0.182
<b>TIEMPO (SEG)</b>	4.91	8.18	8.18	4.91	7.36	8.87	14.78	5.45	10.91

El tiempo en segundos es por cada perforación realizada la cual varía de los factores ya mencionados, gracias a ello, se calculará el tiempo total de cada una de las partes de acuerdo al número de agujeros obtenidos en el punto 3.5.7.4 inciso B).

**Tabla 97***Tiempo total de la operación Perforado*

<b>DESCRIPCION</b>	<b># AGUJEROS</b>	<b>TIEMPO (MIN)</b>
<b>TECHO</b>	616	50.41
<b>FONDO</b>	450	61.35
<b>ANILLOS</b>	877	119.56
<b>CASCO</b>	2459	201.23
<b>BOQUILLAS</b>	87	10.68
<b>REFUERZO MANHOLE</b>	28	4.14
<b>BRIDAS MANHOLE</b>	56	13.79
<b>ESCALERA BARANDA</b>	179	16.27
<b>SILLETA DE ANCLAJE</b>	64	11.63
<b>TIEMPO TOTAL (MIN)</b>		<b>489.1</b>
<b>TIEMPO TOTAL (H)</b>		<b>8.15</b>
<b>TIEMPOS ADICIONALES DE PREPARACION (H)</b>		<b>6.90</b>
<b>TIEMPO TOTAL DE PERFORADO (H)</b>		<b>15.05</b>

Los tiempos adicionales que se están incluyendo en el tiempo total son el de montar la broca en la máquina, programación del archivo a ejecutar, movimiento de placas, desplazamiento de la broca, revisión del proceso, cambio de lubricantes, preparación e instalación del material, entre otros.

Por consiguiente, se obtiene un tiempo de total de 15.05 horas para la operación de perforado con la maquina CNC plasma.

Es por esta razón, con la información hallada, se elabora un cuadro comparativo para obtener las diferencias de tiempo del proceso actual con el proceso propuesto, donde

se muestra los tiempos de la operación de corte y la operación de perforado en minutos y el tiempo total que requiere todo el proceso.

**Tabla 98**

*Comparación del proceso actual del proceso de habilitado con el proceso propuesto*

MAQUINA	ACTUAL		PROPUESTA	
	OXICORTE	TALADRO	CNC PLASMA	
OPERACIÓN	CORTE LINEAL	PERFORADO	CORTE LINEAL	PERFORADO
TIEMPO (MIN)	4210.31	7932.66	509.83	903.06
TIEMPO (H)	70.17	132.21	8.50	15.05
<b>TIEMPO TOTAL POR TIPO DE PROCESO (HORAS)</b>	<b>202.38</b>		<b>23.55</b>	
<b>TIEMPO TOTAL POR TIPO DE PROCESO (DIAS)</b>	<b>25.30</b>		<b>2.94</b>	

Como se observa en la tabla anterior, el proceso actual toma un tiempo total de 202.38 horas, que es mucho mayor al del proceso propuesto que implica la utilización de la maquina CNC cortadora por plasma; con un 88.36% menos en tiempo expresado en horas. Otro equivalente sería decir que con el proceso actual toma un tiempo de trabajo de alrededor de 25.30 días, mientras que la propuesta tomaría un tiempo de 2.94 días.

Claramente se demuestra que con la maquina CNC cortadora por plasma se obtendría un mayor ahorro en las horas hombre y también las horas máquina. Por ello ahora se procede a calcular el costo para obtener la cantidad de ahorro que se genera:

**Tabla 99***Ahorro anual de la propuesta CNC cortadora plasma*

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>
<b>COSTO H-M</b>	2.37	7.63
<b>COSTO H-H</b>	S/ 12.65	S/ 12.65
<b>COSTO OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>S/ 68.01</b>	<b>S/ 20.28</b>
<b>AHORRO TOTAL</b>	S/ 47.73	
<b>AHORRO MENSUAL</b>	S/ 9,927.25	
<b>AHORRO ANUAL S/.</b>	<b>S/ 119,127.05</b>	
<b>AHORRO ANUAL \$</b>	<b>\$ 36,099.11</b>	

En el costo operacional de la situación actual se está considerando el uso de 3 máquinas y la fuerza de 5 operarios, sin embargo, en la propuesta solo se hace uso de una maquina y un operario.

La tabla anterior nos muestra que el ahorro anual asciende a un monto de S/ 119,127.05. Sin duda alguna la utilización de una maquina CNC cortados plasma es beneficiosa no solo en la disminución de horas hombres u horas máquina, sino en el costo de operación bajo que genera a diferencia de la situación actual con un costo de operación alto.

#### **4.3.3. Propuesta de mejora del plan de corte de placas**

Como se está proponiendo la adquisición de una maquina cortadora CNC plasma de gran dimensión, nos va a permitir poder adquirir mediante la compra de materiales placas de acero de mayor dimensión, en este caso se pone como propuesta las placas de 12000 x 2400 mm. Por ello se hace posible la compra de estas placas, ya que esta máquina posee la capacidad para cortar placas de acero de estas dimensiones.

Además de ello, es necesario expandir el área de almacén variado de la planta 2, de tal manera que tenga capacidad para almacenar estas placas, esto se planteara más adelante dentro de la propuesta de redistribución.

Se propone utilizar un software, llamado CORTE 7, para optimizar el corte de los materiales 2D (placas) y 1D (barras o perfiles), así como el de las piezas con forma irregular, de esta manera se podrá minimizar las pérdidas del material. Este programa es bastante sencillo de usar, la introducción de datos es sencilla, solo se deben especificar las dimensiones de los materiales que también pueden ser extraídos de archivos DXF y con ello las piezas que se van a obtener, con esta información el programa generara los patrones de corte más óptimos para el proyecto.

Otra ventaja de este programa es que durante el proceso se pueden editar las piezas de los patrones obtenidos, así el usuario tendrá el dominio de la solución de la propuesta.

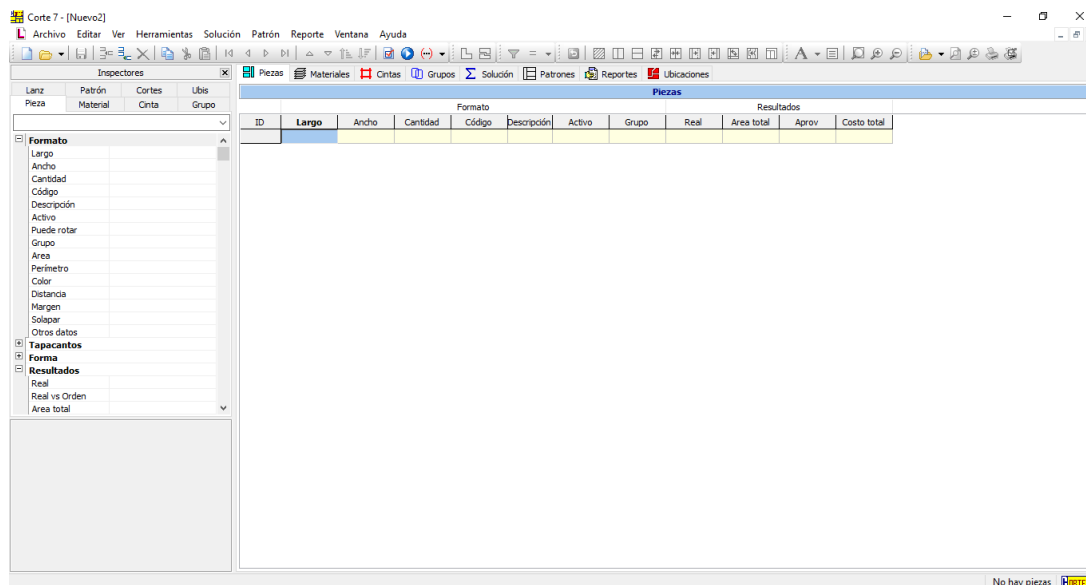
En resumen, se obtienen los siguientes beneficios:

- Aprovechamiento alto del material.
- Obtención rápida del pedido de materia prima a los proveedores.
- Cálculo de los sobrantes con la posibilidad de ser utilizado en otros proyectos.
- Reducción de los costos de producción.
- Ahorro del tiempo en la elaboración de los planes de corte.

Se descargo el demo del programa CORTE 7, para poner a prueba esta propuesta, a continuación, se muestra la serie de pasos para poder obtener los patrones de la optimización de materiales.

**Figura 74**

*Vista de la ventana del Programa Corte 7*



Se importan los archivos en DFX de AutoCAD, y se indica la cantidad de piezas a utilizar de cada uno de ellos.

**Figura 75**

*Medidas de piezas a utilizar en la placa de 6mm*

Piezas											
Formato								Resultados			
ID	Largo	Ancho	Cantidad	Código	Descripción	Activo	Grupo	Real	Area total	Aprovo	Costo total
1	3267	2390	1		ANILLO 1 -	✓		1	7.8081 m2	10.59	
2	3267	2390	1		ANILLO 1 -	✓		1	7.8081 m2	10.59	
3	3267	2390	1		ANILLO 1 -	✓		1	7.8081 m2	10.59	
4	3267	2390	1		ANILLO 1	✓		1	7.8081 m2	10.59	
5	3267	2188	1		ANILLO 2 -	✓		1	7.1482 m2	9.69	
6	3267	2188	1		ANILLO 2 -	✓		1	7.1482 m2	9.69	
7	3267	2188	1		ANILLO 2 -	✓		1	7.1482 m2	9.69	
8	3267	2188	1		ANILLO 2	✓		1	7.1482 m2	9.69	
9	2160.22	2160.24	1		TECHO - cc	✓		1	3.4465 m2	4.67	
10	2160.22	2160.24	1		TECHO - cc	✓		1	3.4465 m2	4.67	
11	2160.22	2160.24	1		TECHO - cc	✓		1	3.4465 m2	4.67	
12	2160.22	2160.24	1		TECHO	✓		1	3.4465 m2	4.67	
13	267	267	1		circulo 267	✓		1	0.0562 m2	0.08	
14	305	305	1		circulo 305	✓		1	0.0733 m2	0.10	
15	1371	1371	1		CIRCULO	✓					

Es importante colocar la cantidad de cada una de las piezas, de lo contrario el programa no lo reconocerá, y no se ejecutará.

En la pestaña de Materiales, se coloca las medidas del material en el que se va a distribuir las piezas, en este caso sería de 12000 x 2400.

## Figura 76

### *Medidas del material*

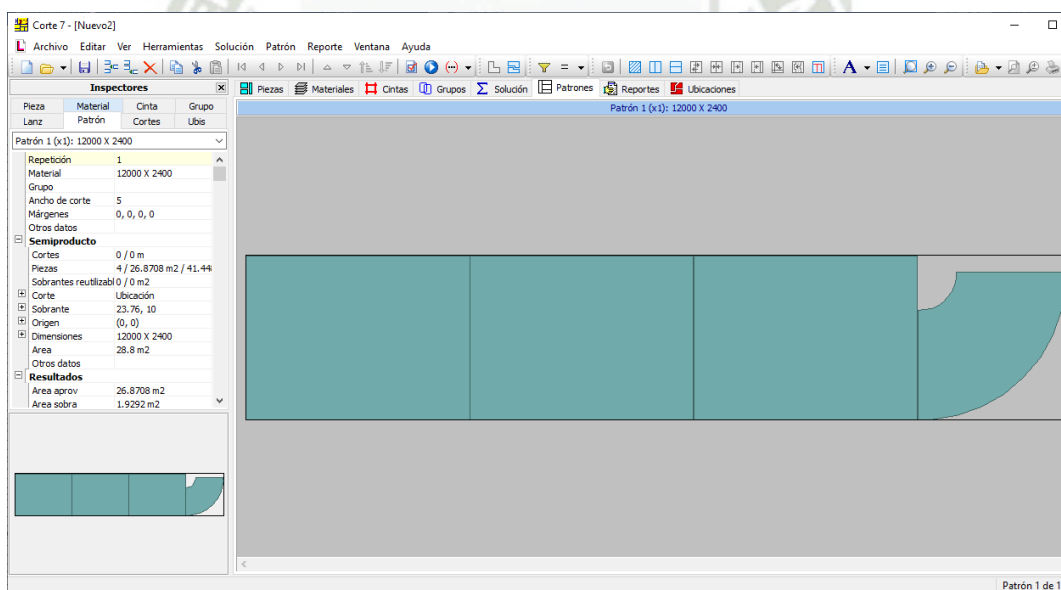
Materiales														
Formato								Resultados						
ID	Largo	Ancho	Cantidad	Código	Descripción	Activo	Costo	Grupo	Real	Area total	Aprov	Sobra	Reuti	Costo total
1	12000	2400	3			✓			3	86.4 m2	86.91	13.09		

Este punto es importante ya que estamos colocando las dimensiones de la placa en la que distribuiremos las piezas.

Posteriormente se procede a calcular los patrones que se muestran a continuación, haciendo click en el botón de ejecutar:

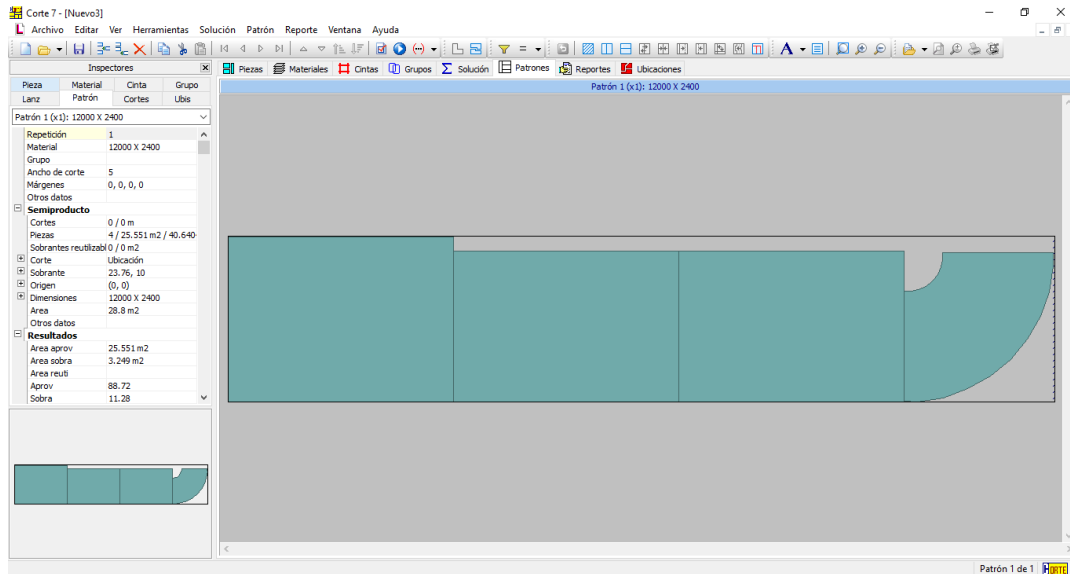
## Figura 77

### *Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 1*



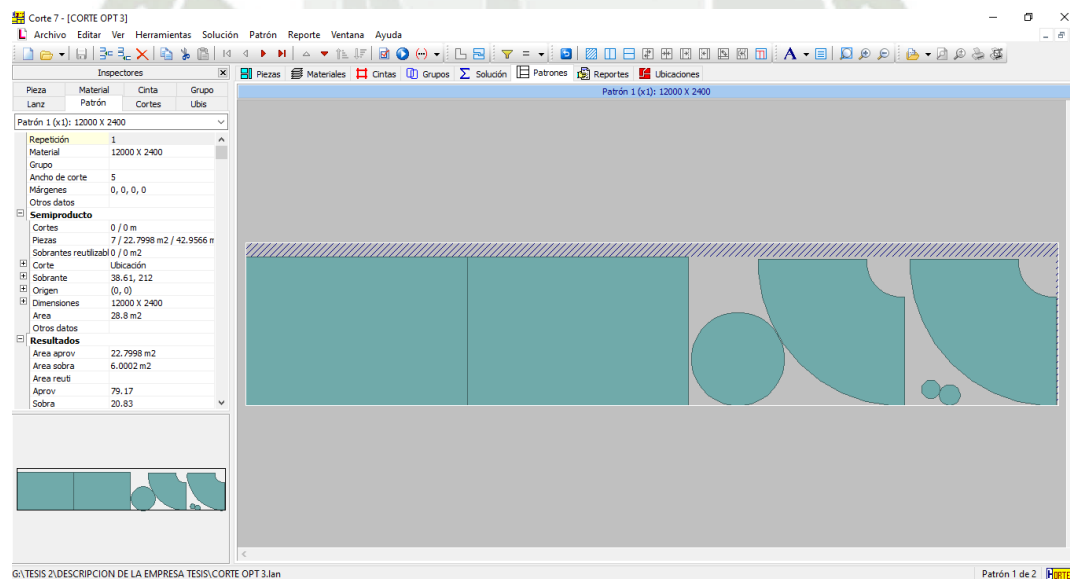
**Figura 78**

*Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 2*



**Figura 79**

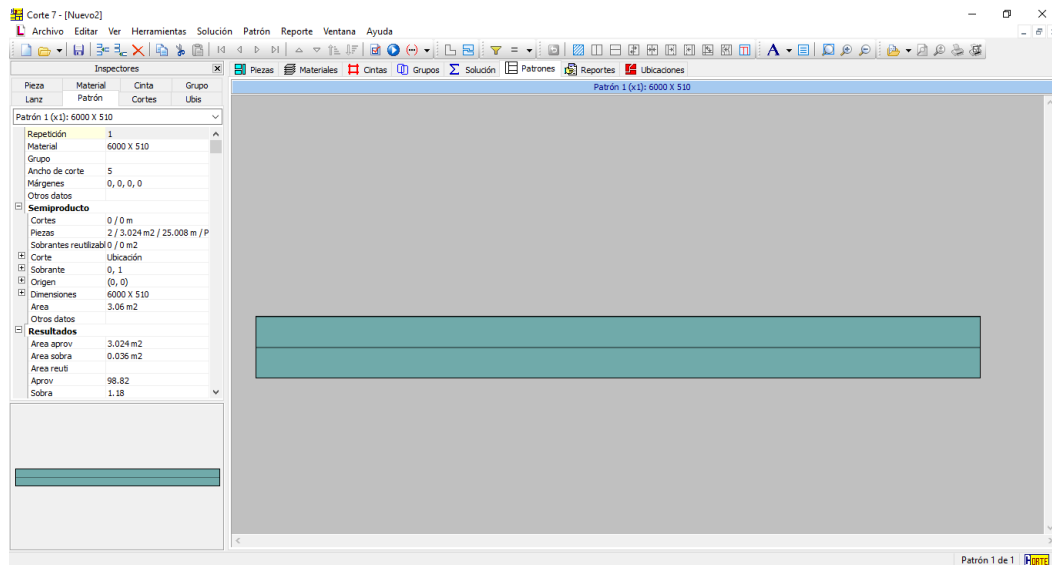
*Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 3*



Además, el programa también permite modificar manualmente las piezas en caso deseemos incluir más modificaciones. Después se crea otro archivo para una placa de dimensiones de 6000 x 520 mm, la cual será cortada por la mitad para formar las zancas.

## Figura 80

### Propuesta optima de distribución para placa de 6mm patrón 4



Con el programa corte 7 se propone minimizar el desperdicio como se puede apreciar en las imágenes anteriores, se calcula los m<sup>2</sup> de desperdicio con este método propuesto que es mucho menor al actual.

$$\begin{aligned} \text{Area Total } M^2 - \text{Area Utilizada } M^2 &= \text{Area Desperdiciada } M^2 \\ 89.46 M^2 - 77.68 M^2 &= 11.775 M^2 \end{aligned}$$

Se desperdicia aproximadamente 11.775 m<sup>2</sup>, esto equivale a un 13.163% de material utilizado del total de placas requeridas de 6mm de esp., y realizando una conversión obtenemos que son 554.61 kilogramos de acero los que se desperdicia; en otras palabras, en comparación con la situación actual, hay una disminución considerable de desperdicio.

Si bien es cierto, siempre hay un desperdicio, este resultado nos indica que la propuesta genera menor desperdicio en placas de acero de 6 mm simplemente adquiriendo placas de mayor dimensión y con la utilización del programa.

Sabiendo que estamos pagando 1.28 \$/kg de acero, multiplicándolo por el total de kilogramos desperdiciados, obtenemos:

*Costo de Kg acero x Total Kg = Costo Total del Desperdicio*

$$1.28 \frac{\$}{Kg} \quad x \quad 554.61 Kg = \quad 709.29 \$$$

El costo total equivalente al desperdicio de material es de 709.29 \$, esto es igual a S/. 2735.04. Si comparamos el resultado con la situación actual, obtenemos el siguiente recuadro:

**Tabla 100**

*Cuadro comparativo del costo total del desperdicio*

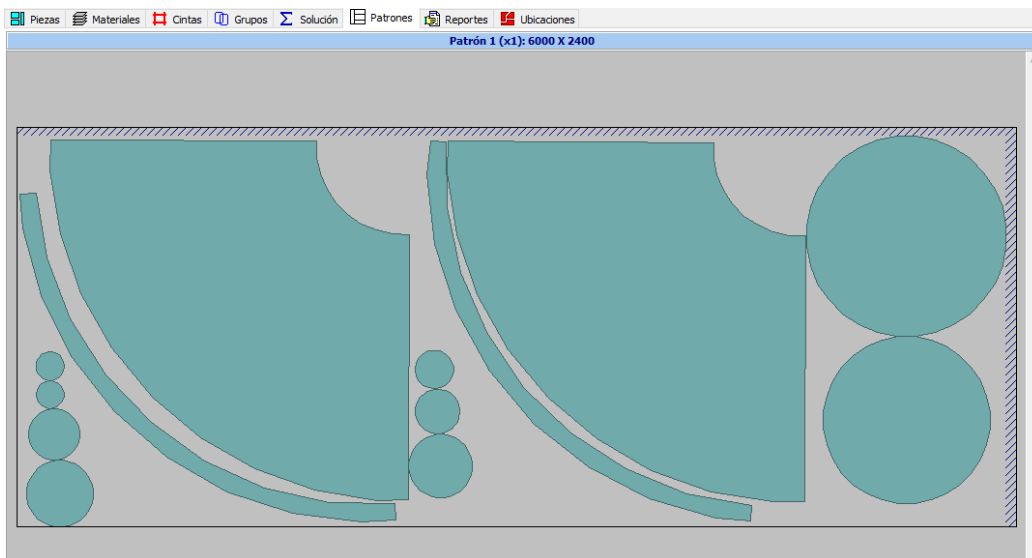
	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
<b>DESPERDICIO (M2)</b>	51.92	11.78	40.14
<b>ACERO (KG)</b>	2445.21	554.61	1890.60
<b>COSTO TOTAL DEL DESPERDICIO (placa 6mm)</b>	\$3,127.19	\$709.29	\$2,417.90
<b>% DESPERDICIO</b>	40.06%	13.16%	26.90%

Se observa la disminución del desperdicio, así como la cantidad de kilogramos de acero y su costo total.

Y, para la distribución óptima de las piezas de 9 mm, también se trabajaron las piezas en este nuevo programa obteniendo el mismo resultado en dos planchas de 6000 x 2400 mm, que se muestra a continuación.

**Figura 81**

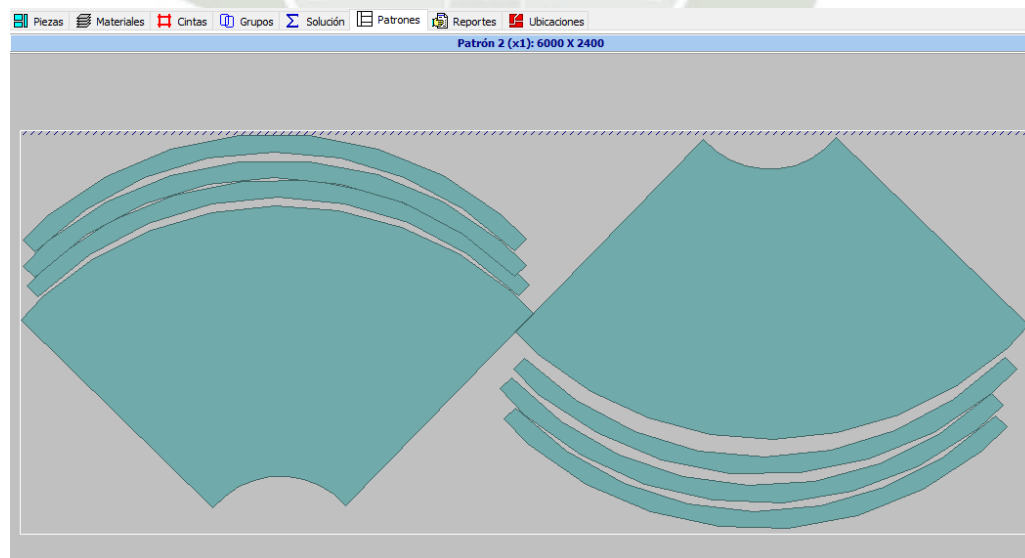
*Propuesta óptima de distribución para placa de 9mm patrón 1*



En este caso, la distribución óptima para la placa de 9 mm de espesor es similar a la de la situación actual planteada inicialmente.

**Figura 82**

*Propuesta óptima de distribución para placa de 9mm patrón 2*



Para las placas de 9 mm de espesor, permanece la misma distribución que la situación actual.

#### 4.3.4. Propuesta de optimización del proceso de pintado

Con el objeto de mejorar los tiempos de pintado, considerando que actualmente se usa un equipo convencional que es la pistola para pintar el cual ya se especificó en el punto 3.3.4.1; se evalúa actualizar este equipo con uno más moderno mediante la adquisición de un equipo airless; el sistema de este equipo proyecta pintura a alta presión sin utilizar aire lo cual permite una aplicación más eficiente ya que son más rápidos, permitiéndonos mejorar los tiempos del proceso.

Los equipos airless también tienen la capacidad de aplicar una gran variedad de tipos de pintura; incluso al utilizarlos sobre la superficie dejan una capa más gruesa evitando darle varias pasadas como se acostumbra usualmente. A diferencia del equipo convencional que se limita solo a pinturas de baja viscosidad obligándose a diluir el producto, afectando la fórmula.

Los productos que se pueden aplicar pueden ser de alta o media densidad y/o viscosidad (mayor a 70% de sólidos), ya que se puede aplicar materiales de difícil pulverización consiguiendo altos micronajes de espesor: los materiales son los siguientes: Pinturas sintéticas, esmaltes epoxis, látex, lacas y barnices, cromatos, pinturas acuosas, pinturas acrílicas, poliuretanos, selladores, imprimaciones, adhesivos de contacto, etc.

Otra de las ventajas es que con este equipo se reduce la pulverización que en otras palabras es a lo que llamamos la niebla de pintura, ya que, al no utilizarse aire durante la aplicación, las partículas de pintura no se fragmentan obteniéndose un menor desperdicio como en el equipo actual convencional.

Contrariamente de los equipos tradicionales que tiene un desperdicio de pintura de hasta un 70%, y como estos utilizan aire contaminan la pintura dejando un acabado no uniforme. Además, el equipo convencional necesita verter varias veces en recipientes pequeños generando un desperdicio de tiempo de mano de obra, el cual se ve reflejado en el estudio de tiempos realizado en el punto 3.5.7.3., en cambio el equipo airless puede absorber de manera directa desde el envase original del producto evitando demoras o desperdicio de pintura.

Es un sistema ideal para el pintado de grandes superficies como estructuras metálicas, silos, etc., porque cuenta con una gran transferencia permitiendo trabajar con una mayor velocidad de aplicación y con productos con alta viscosidad

En cuanto al ahorro del costo de mano de obra, con la propuesta de compra de un equipo airless, se logrará minimizar las horas hombre por ser un equipo más eficiente con aplicación más rápida de dispersión.

A continuación, se muestra las características del equipo airless en acompañamiento de un compresor, ambos equipos trabajan juntos para poner en marcha el proceso de pintado; nos enfocaremos en los metros cuadrados por hora que indique su rendimiento de la ficha técnica. En el Anexo N°6 se muestran mayores especificaciones del equipo.

**Figura 83**

*Equipo de pintar airless profesional*



*Nota.* Obtenida de Ch Retail, 2023.

Este equipo es particularmente valioso en trabajos de gran envergadura, como pintura de paredes exteriores o estructuras metálicas.

**Tabla 101**

*Características del equipo airless profesional*

<b>EQUIPO DE PINTAR AIRLESS PULVERIZADOR SIN AIRE MOD: EP450ITX</b>	
Marca	HVBAN
Modelo	EP450ITX
Tipo	Pistola pulverizadora sin aire
Presión máxima	3300 psi
Voltaje	110 V – 220V
Potencia	3000 W
Boquilla estándar	1 pistola con 0.037” 2 pistola con 0.023”
Largo de manguera	7,6 m
Tamaño del motor	4 HP DC sin escobillas
Flujo de pintura	6 l/min
Rendimiento	1000 m2/h

Peso	65 kg
Uso	Con pintura látex, vinílica, acrílico, esmalte

*Nota.* Para escoger un buen equipo de pintar se enfocó en la presión máxima, para garantizar un rendimiento eficiente. Tomado de Ch Retail, 2023.

Observando la tabla, tenemos el dato del rendimiento, donde nos dice que 400 metros cuadrados pueden ser pintados dentro del intervalo del tiempo de una hora. Esta información se traduce a que toma alrededor de 9 segundos pintar un metro cuadrado, por ello se realiza un cálculo para determinar el tiempo aproximado que toma el proceso de pintado con el equipo airless como mejora propuesta.

**Tabla 102**

*Tiempo de operación de pintado con el equipo airless*

<b>EQUIPO DE PINTAR AIRLESS 700W PROFESIONAL</b>		
<b>RENDIMIENTO (M2/HR)</b>	<b>TOTAL SUPERFICIE (M2)</b>	<b>TIEMPO DEL PROCESO (MIN)</b>
800	702	52.65

Considerando la cantidad de metros cuadrados que se deben pintar en esta fabricación, se calcula que con el equipo airless el tiempo del proceso de pintado tomara alrededor de 52.65 minutos, considerando que este tiempo es netamente de la operación sin interrupciones, es necesario agregar los adicionales como los tiempos de recarga o de preparación, por ello a este dato si agregamos el tiempo de preparación inicial de la maquina a este dato, el total seria 2.38 hora.

**Tabla 103**

*Tiempo total del proceso de pintado*

DESCRIPCION	TOTAL DE M2	TIEMPO (MIN)
SUPERFICIE TOTAL	702	52.65
<b>TIEMPO TOTAL (MIN)</b>		<b>52.65</b>
<b>TIEMPO TOTAL (H)</b>		<b>0.88</b>
<b>TIEMPOS ADICIONALES DE PREPARACION (H)</b>		1.50
<b>TIEMPO TOTAL DE PINTADO (MIN)</b>		142.65
<b>TIEMPO TOTAL DE PINTADO (H)</b>		<b>2.38</b>

*Nota.* Se está agregando 15 minutos de preparación por cada capa, considerando que son 3 capas por la parte externa e interna, en total serian 6 capas, dando un total de 90 minutos, ósea 1.50 horas.

Al contrastar este resultado con el tiempo actual del proceso de pintado que es el de 17.95 horas, se concluye que con el equipo airless se obtiene un mayor ahorro del tiempo del proceso, así como de la mano de obra directa, haciendo una diferencia de 15.568 horas.

**Tabla 104**

*Comparación del tiempo del proceso de ambas maquinas*

SITUACION	TIPO DE MAQUINA	TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (MIN)	TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (H)
ACTUAL	Equipo convencional	1076.73	17.95

PROPUESTO	Equipo airless	142.65	2.38
<b>AHORRO (H)</b>			<b>15.568</b>

Con esta información se procede a calcular el costo de operación del equipo convencional y el equipo airless. Considerando que para la situación actual se utilizaron 3 equipos convencionales de pintar, conjuntamente con 3 operarios de pintura, a diferencia del equipo airless como método propuesto donde solo se hace uso de un equipo y una persona.

**Tabla 105**

*Ahorro anual de la propuesta equipos airless*

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
<b>MAQUINA</b>	EQUIPO CONVENCIONAL	EQUIPO AIRLESS
<b>COSTO H-M</b>	S/ 0.06	S/ 2.59
<b>COSTO H-H</b>	S/ 12.65	S/ 12.65
<b>COSTO OPERACIONAL TOTAL</b>	<b>S/ 38.15</b>	<b>S/ 15.24</b>
<b>AHORRO TOTAL</b>		S/ 22.91
<b>AHORRO MENSUAL</b>		S/ 4,764.44
<b>AHORRO ANUAL S/.</b>		S/ 57,173.22
<b>AHORRO ANUAL \$</b>		\$ 17,325.22

Se obtiene un ahorro de S/ 22.91 por hora en costo operacional, evaluando este dato podemos obtener el ahorro anual de S/ 57,173.22, lo cual conlleva a la conclusión que el método propuesto es factible por generar un gran ahorro.

Dada la propuesta, es necesario capacitar al personal encargado sobre el uso de este equipo airless, enseñar sobre sus componentes, accesorios, tipos de pinturas a utilizar, tipos de boquillas, así como el tema de mantenimiento que se le debe realizar al equipo. Por ello en un punto más adelante se planteará este tema dentro de la propuesta del plan de capacitación.

#### **4.3.5. Propuesta de redistribución de planta**

Como se especificó en el punto 3.5.3., el diagrama de recorrido actual posee varias deficiencias enfocadas en la incorrecta distribución de las áreas en un espacio reducido; por lo tanto, se propone redistribuir estas áreas en una planta más amplia que sería la planta 2. Esta planta posee un espacio más amplio con bastante área que es desaprovechada actualmente.

El almacén general sigue permaneciendo en la misma posición cerca de la entrada, anteriormente no se tenía un espacio delimitado, por lo que las placas se extendían sobre el suelo hacia otras áreas, y la parte del fondo era considerada como el área de pintado. Por ello en la propuesta se demarca estas áreas para delimitar las zonas y se agrega una demarcación de pisos para que puedan transitar los operarios.

Ahora por consiguiente se apertura el área de habilitado y CNC, siguiendo el flujograma de la empresa el primer proceso es el de habilitado, secuencialmente se apertura el área de rolado y se reubica el área de pintado; se ubicaron las áreas de forma lineal y consecutiva, agregando una demarcación de pisos para el paso peatonal y así delimitar el espacio. Al frente, a pocos metros se apertura el área de soldadura que anteriormente no existía allí, y a su costado encontramos el área del ensamble y despacho cerca a la salida.

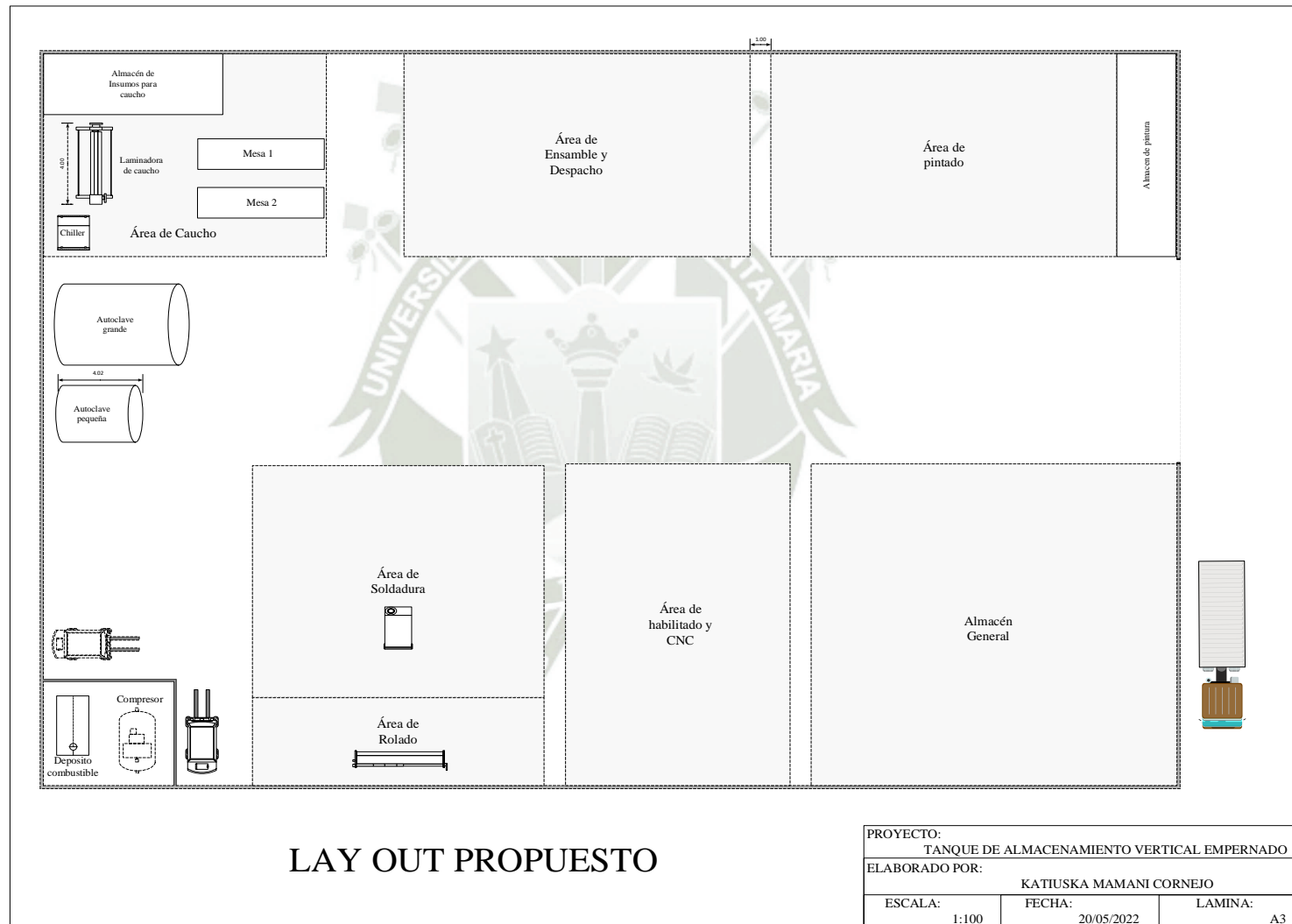
En resumen, se propone demarcar las nuevas zonas para introducir el área de habilitado y CNC, área de rolado y el área de soldadura, de tal manera que el proceso de fabricación total del tanque se realice en la planta 2 ubicada en río seco. De esta manera también ayudaría a la reducción de tiempo en el transporte de las piezas hacia el servicio de granallado que queda geográficamente más cerca.

Se diseña el siguiente layout propuesto, donde todas las áreas necesarias para llevar a cabo cualquier proceso de fabricación, se apertura en la planta 2 con un orden lineal. Las áreas que se apertura son las de Habilitado y CNC, Soldadura y Rolado. El área de Pintado se moviliza unos metros de acuerdo al orden, y se unifican las áreas de ensamble y despacho. El objetivo es tener todas las operaciones del proceso centrados en un solo lugar para minimizar los transportes entre procesos.

Se propone la siguiente distribución de las áreas mediante el siguiente Layout, considerando que las operaciones a ejecutar son repetitivas en la gran mayoría de los servicios de fabricación de la empresa.

**Figura 84**

*Layout de la planta 2 propuesto*



Con el layout propuesto, se procede a implementar las señales de seguridad, con el objetivo de promover un entorno de trabajo seguro, reduciendo el riesgo de accidentes, dado que también una nueva redistribución conlleva a generar cambios en materia de seguridad en la empresa.

Según la NTP 399.010-1 año 2015 estas señales desempeñan un papel fundamental en la comunicación visual, ayuda a los trabajadores y visitantes a comprender y seguir las practicas seguras dentro de la empresa (Norma Técnica Peruana, 2015).

Las señales de seguridad advierten sobre posibles peligros y riesgos en el área, lo que ayuda a prevenir accidentes y lesiones. Estas señales indican zonas peligrosas, o áreas que requieren precaución especial. Estas señales poseen la siguiente clasificación:

Señales de prohibición, de advertencia, de obligación y de evacuación y emergencia.

**Tabla 106**

*Significado de colores*

Color empleados en las señales de seguridad	Significado y finalidad
<b>ROJO</b>	Prohibición, material de prevención y de lucha contra incendios
<b>AZUL<sup>1</sup></b>	Obligación
<b>AMARILLO</b>	Riesgo de peligro
<b>VERDE</b>	Información de Emergencia

1. El azul se considera como color de seguridad únicamente cuando se utiliza en forma circular.

*Nota.* Estas señales comunican de manera clara y efectiva información importante sobre riesgos, precauciones y procedimientos a seguir. Tomado de Norma Tecnica Peruana, 2015.

Además, se adicionará el proceso del marcaje de pisos en planta, donde se comunicará información importante, así como advertir peligros delimitando áreas específicas, mejorando la seguridad en el lugar de trabajo. El marcaje de pisos indicara las rutas peatonales seguras, presencia de peligros o zonas de trabajo con maquinaria en movimiento.

**Figura 85**

*Franja de seguridad – indica zona de peligro*



*Nota.* Su presencia no solo advierte a las personas de la proximidad a situaciones potencialmente riesgosas, sino que también establece límites claros para la seguridad.

Obtenido de la Norma Técnica Peruana, 2015.

**Figura 86**

*Franja de seguridad – indica delimitación, pasillos.*



*Nota.* Al delimitar áreas y pasillos, estas franjas proporcionan una guía intuitiva para la circulación, ayudando a prevenir congestionamientos y asegurando que los espacios estén dedicados a sus funciones específicas. Obtenido de la Norma Técnica Peruana, 2015.

La franja amarilla demarcara cada una de las áreas, resaltando que entre cada área hay un pasillo por donde transitaran los operarios. De esta forma, no habrá necesidad de tener que atravesar toda el área para poder salir de ese espacio, garantizando mayor seguridad.

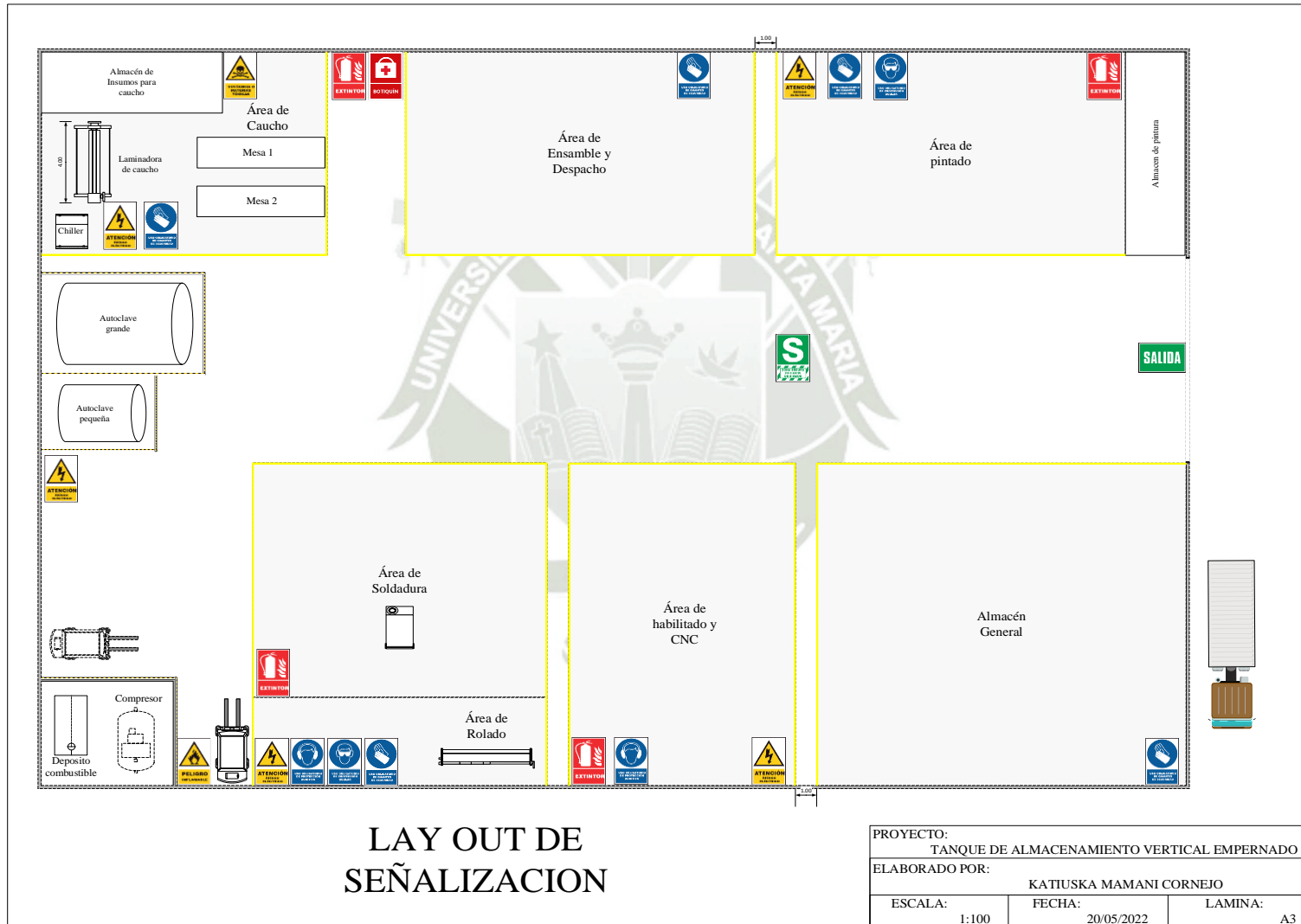
La franja amarilla con negro, en este caso delimitara el espacio que ocupan las dos autoclaves (grande y pequeña), dado que para el uso de este tipo de maquina se requiere sumo cuidado considerando ciertas medidas de seguridad. Este tipo de maquina maneja cargas pesadas, por lo tanto, se quiere el uso y manejo de equipos de elevación adecuados.

En la siguiente Figura, se muestra las señalizaciones necesarias para cada una de las áreas, además muestra las ubicaciones estratégicas de los extintores, uso de equipos de protección personal, y riesgos eléctricos. A si como la zona segura en caso de sismos.



**Figura 87**

*Mapa de riesgos y marcaje de piso*

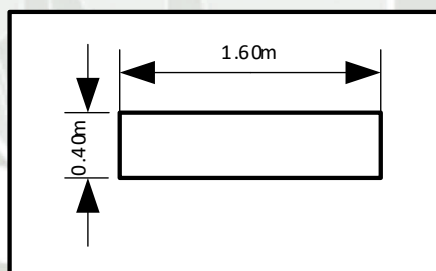


Debido a la redistribución, se están habilitando y actualizando nuevas áreas, dado que actualmente las pocas áreas que tenía no estaban clasificadas y las operaciones se daban en espacios no apropiados. Por ello se fabricarán letreros para nombrar las áreas de la Planta 2, estos tendrán una medida aproximada de 160 cm de largo por 40 cm de ancho.

Los letreros serán a base de un triplay de 2.44 x 1.22 m con 8 mm de espesor, con pintura en spray color blanco y negro. En total son 7 áreas que tendrán los tableros en la parte superior de su entrada; 6 áreas tendrán la medida de 1.60 x 0.40 m, y solo un área tendrá la medida de 1.22 x 0.83 m, con la finalidad de aprovechar al máximo el triplay solicitado haciendo encajar las piezas evitando desperdicios.

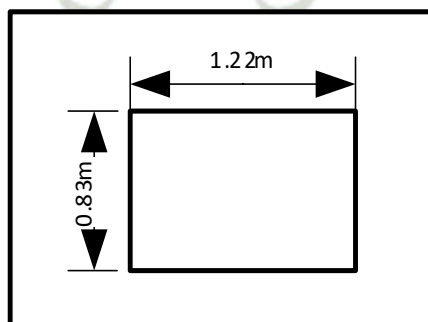
### Figura 88

*Medidas del rotulo en 6 áreas*



### Figura 89

*Medidas del rotulo en 1 área*

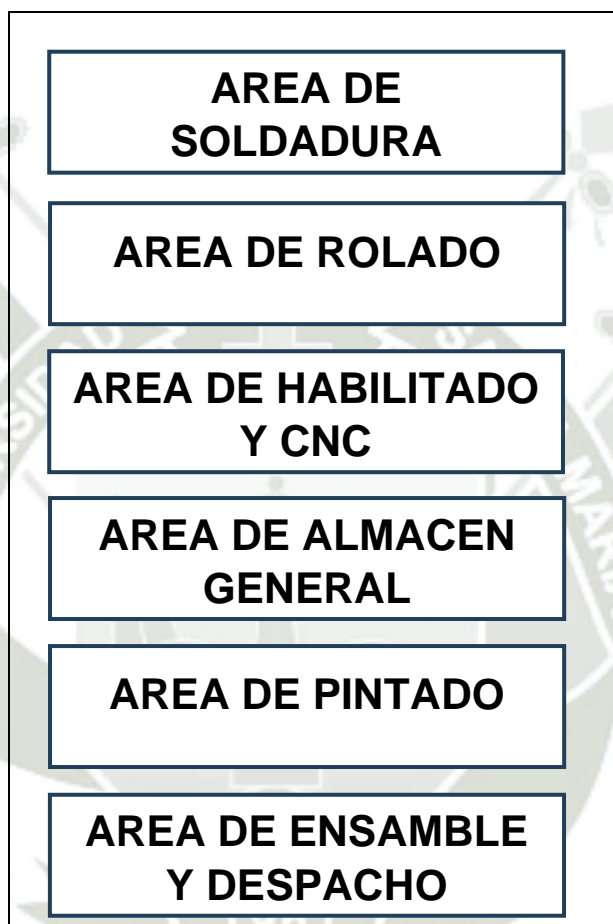


*Nota.* Las dos medidas de los rótulos encajan perfectamente en un triplay de 2.44 x 1.22 m.

Los letreros serán de color blanco con letra negras. A continuación, se realizan las etiquetas de cómo se verán reflejados los letreros de las áreas:

**Figura 90**

*Rotulación para 6 áreas*



**Figura 91**

*Rotulación para 1 área*



La rotulación de las áreas brindará información de forma escrita y visual, y a su vez permitirá estructurar los procesos para mantener en orden consecutivo las operaciones diarias.

Si bien el objetivo de alcanzar 0 accidentes es loable y refleja un compromiso firme con la seguridad en el lugar de trabajo, es importante reconocer que la completa eliminación de accidentes puede ser extremadamente difícil de lograr en la práctica.

La seguridad en el trabajo es un objeto continuo y la mejora constante de las prácticas y condiciones de trabajo es esencial.

Muchas empresas adoptan enfoques basados en la reducción de accidentes, que, aunque pueda ser difícil eliminarlos completamente, es posible trabajar constantemente para minimizar su frecuencia y gravedad. Las propuestas anteriores acerca de la compra de una cortadora CNC, un equipo de soldar moderno y el equipo airless para pintar; generaran una disminución en los accidentes leves reduciéndose a “1” mas no convirtiéndose en “0”. El cual se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 107**

*Datos de Accidentabilidad supuesta*

PERIODO	ACCIDENTES LEVES	ACCIDENTES INCAPACITANTES	ACCIDENTES FATALES	DIAS PERDIDOS
<b>Enero</b>	0	0	0	0
<b>Febrero</b>	0	0	0	0
<b>Marzo</b>	1	0	0	1
<b>Abril</b>	1	0	0	1
<b>Mayo</b>	1	0	0	1
<b>Junio</b>	0	0	0	0
<b>Julio</b>	0	0	0	0
<b>Agosto</b>	0	0	0	0
<b>Setiembre</b>	1	0	0	0
<b>Octubre</b>	0	0	0	0

<b>Noviembre</b>	0	0	0	0
<b>Diciembre</b>	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

*Nota.* Como el número de personas que participan en el manejo de la maquina oxicorte disminuye a 1, el número de posibles accidentes leves también disminuye a 1.

Disminuyendo el número de accidentes leves, el promedio anual se reduce a un valor de 0.83. Es importante conocer y seguir las normativas y políticas de seguridad para poder trabajar en un ambiente de trabajo libre de riesgo.

**Tabla 108**

*Promedio anual del índice de accidentabilidad supuesto*

<b>PERIODO</b>	<b>INDICE FRECUENCIA</b>	<b>INDICE SEVERIDAD</b>	<b>INDICE ACCIDENTABILIDAD</b>
<b>Enero</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Febrero</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Marzo</b>	54.09	54.09	2.93
<b>Abril</b>	59.57	59.57	3.55
<b>Mayo</b>	58.68	58.68	3.44
<b>Junio</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Julio</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Agosto</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Setiembre</b>	56.29	0.00	0.00
<b>Octubre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Noviembre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>Diciembre</b>	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO ANUAL</b>			0.83

*Nota.* Esto es un supuesto en la reducción de accidentes por la renovación de maquina y por la disminución de trabajadores en la manipulación de la máquina.

#### 4.3.6. Propuesta del diagrama de análisis del proceso mejorado

Dado que se está planteando la redistribución de áreas en el punto anterior, se procede a realizar el diagrama de análisis del proceso mejorado, involucrando las mejoras en el transporte, en el proceso de habilitado, pintado y soldadura. Optimizando los tiempos de los procesos ya mencionados, se mejorará la calidad de la soldadura utilizada en el proceso; disminuirá el tiempo de pintado y el tiempo de corte, se reducirán gastos los cuales eran altos por el exceso de tiempo del transporte entre las plantas y el servicio de granallado, y a su vez mejorar la seguridad en el trabajo con la propuesta de adquisición de las nuevas máquinas, a fin de cuentas, para mejorar las condiciones de trabajo.

A continuación, se muestra el diagrama de análisis del proceso detallado mejorado, donde se plasman los tiempos propuestos de los procesos de habilitado, pintado y soldadura, así como la reducción de algunas actividades que se explican más adelante.

**Tabla 109**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Habilitado Propuesto*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso de habilitado de las placas de acero para el casco, fondo, techo y accesorios.		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Tipo: <b>Material</b> - Trabajador - <b>Maquina</b>		Operación	29	19	10			
Actividad: Proceso de Habilitado		Transporte	11	9	2			
Cantidad: 1	Operador:	Espera	5	5	0			
Método: Actual		Inspección	7	7	0			
Lugar: Planta		Almacenamiento	7	7	0			
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo (H-H)	247.27	60.81	186.46			
Página: 1/1		Distancia (m)	266.5	99	167.50			
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ.
			○	➔	D	□	▽	
<b>1. PROCESO DE HABILITADO</b>								
<b>1.1. Habilitado de placas para el fondo</b>								
1.1.1. Almacenamiento	-	-						
1.1.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.1.3. Cortar placas en forma triangular y circular	-	0.73						
1.1.4. Perforar placas	-	1.79						
1.1.5. Control de calidad	-	0.5						
1.1.6. Espera a las demás piezas	-	-						
<b>1.2. Habilitado y rolado del anillo inferior y superior</b>								
1.2.1. Almacenamiento	-	-						
1.2.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.2.3. Cortar platina vertical y placa horizontal		1.04						
1.2.4. Perforar placas y platinas		2.76						
1.2.5. Rolar platina vertical		1						
1.2.6. Control de calidad		0.5						
1.2.7. Espera a ser Soldado	-	-						
<b>1.3. Habilitado y rolado de placas para el casco</b>								
1.3.1. Almacenamiento	-	-						
1.3.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.3.3. Cortar placas y agujeros (accesorios)		1.05						
1.3.4. Perforar placas		4.12						
1.3.5. Rolar las placas para el casco		6						
1.3.6. Control de calidad		0.5						
1.3.7. Espera a las demás piezas	-	-						
<b>1.4. Habilitado de placas para el techo</b>								
1.4.1. Almacenamiento	-	-						
1.4.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.4.3. Cortar placas en forma triangular y circular	-	0.83						
1.4.5. Perforar placas	-	1.61						
1.4.6. Control de calidad	-	0.5						

1.4.7. Transportar a las piezas con el 1.1.6 y 1.3.7 al Área de despacho	15	0.25						
<b>1.5 Habilitado de Boquillas de 6"(2), 3"(2), 2"(2), 4 (2), Manhole 24", y Tubo de Venteo</b>								
1.5.1. Almacenamiento		-						
1.5.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.5.3. Cortar placas de refuerzo(poncho) y circulares para tapa		0.816						
1.5.4. Perforar placas de refuerzo y placas circulares para tapa		2.78						
1.5.5. Control de calidad		0.5						
1.5.6. Espera a ser Soldado								
<b>1.6. Habilitado de escalera y baranda de techo</b>								
1.6.1. Almacenamiento								
1.6.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.6.3. Cortar tubería de 1 1/2" y tuberías boquillas		8						
1.6.4. Cortar placas para cantonera y perfiles estructurales (En U y ángulos soporte L3"X3"X3/8)		0.83						
1.6.5. Perforar placas para cantoneras y perfiles estructurales (En U y ángulos soporte L3"X3"X3/8)		1.04						
1.6.6. Calentado y doblado de tuberías		16						
1.6.7. Control de calidad		0.5						
1.6.8. Espera a ser Soldado								
<b>1.7. Habilitado de la Silleta de anclaje y orejas</b>								
1.7.1. Almacenamiento								
1.7.2. Transportar placas de acero a área de CNC	11	0.25						
1.7.3. Cortar esparrago de 1"		0.5						
1.7.4. Cortar placas A36		3.203						
1.7.5. Perforar placas		0.96						
1.7.6. Control de calidad		0.5						
1.7.7. Transportar a las piezas con el 1.2.8,1.5.9,1.6.8 al Área de Soldadura	7	0.25						
<b>TOTAL</b>	<b>99</b>	<b>60.809</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	

En el diagrama de análisis propuesto para el proceso de habilitado, las actividades de operación se unificaron en su gran mayoría, debido a que con la propuesta de la nueva máquina cortadora CNC plasma, esta se encargará de realizar el corte y perforado de manera completa y continua, a diferencia de la situación actual que utiliza el carro oxicorte donde se deben hacer varias paradas para regular la intensidad de la flama y la potencia, también se eliminara la operación de trazado manual la cual ya no será necesaria ya que la misma maquina mediante su programación la realiza. Por esto las actividades se reducen a 19 operaciones en el proceso propuesto, eliminándose 10 operaciones. Al introducir los nuevos tiempos de corte y perforado, las horas se reducen en 186.19, en otras palabras, la situación actual de 247 horas pasa a convertirse en 60.81 horas. Esto permitiendo mejorar la velocidad de trabajo con la nueva máquina de corte CNC plasma propuesta.

Asimismo, se eliminó el transporte al área de perforado, porque la operación de perforado se realiza conjuntamente en el mismo lugar y en la misma maquina CNC plasma propuesta, así que ya no es necesario trasladarlo hacia otra área. La actividad de transporte se redujo a 9, eliminándose 2 transportes. A las operaciones de transportes que actualmente quedan estables, se le redujeron las distancias, dado que en la planta 2 los desplazamientos son más cercanos. Por ello se observa una disminución de 157.5 metros en ahorro.

**Tabla 110**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Soldadura Propuesto*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso de soldadura		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Tipo: <del>Material</del> - Trabajador - <del>Maquina</del>		Operación	14	14	0			
Actividad: Proceso Productivo		Transporte	8	0	8			
Cantidad: 1	Operario:	Espera	0	0	0			
Método: Actual		Inspección	4	4	0			
Lugar: Planta		Almacenamiento	1	0	1			
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo (H-H)	174.70	97.031	77.669			
Página: 1/1		Distancia (m)	243	0	243			
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ.
			○	⇒	□	□	▽	
<b>2. PROCESO DE SOLDADURA</b>								
<b>2.1. Soldadura del anillo inferior - superior</b>								
2.1.1. Armado de Anillo Inferior - Superior		8.0	●					
2.1.2. Soldar la placa horizontal con platina		10.0	●					
2.1.3. Control de Calidad		4.0				●		
<b>2.2. Soldadura de Boquilla de Alimentación 6"(2), 3"(2), 2"(2), 4"(2), Manhole 24" y tubo de venteo</b>								
2.2.1. Armado de boquillas, Manhole 24" y Tubo de venteo		8.0	●					
2.2.2. Soldar brida con tubería y poncho de las boquillas de alimentación		3.6	●					
2.2.3. Soldar la tapa con tubería y placa de refuerzo (poncho) y varillas a la tapa del manhole		3.4	●					
2.2.4. Soldar tubería 2" (brazo pescante) a tubería 24"		0.7	●					
2.2.5. Soldar las 3 tuberías del tubo de venteo		0.7	●					
2.2.6. Soldar la placa de refuerzo a las tuberías unidas del tubo de venteo		1.1	●					
2.2.7. Control de Calidad		5.0				●		
<b>2.3. Soldadura de Escalera y baranda de techo</b>								
2.3.1. Armado de Escalera y Baranda de techo		24.0	●					
2.3.2. Soldar tuberías entre sí para formar la baranda		7.8	●					
2.3.3. Soldar canales en U entre sí.		3.9	●					
2.3.4. Soldar ángulos soporte L3"X3"X3/8		4.3	●					
2.3.5. Control de Calidad		4.0				●		
<b>2.4. Soldadura de la Silleta de Anclaje</b>								
2.4.1. Armado de Silleta de Anclaje		1.5	●					
2.4.2. Soldar placas entre si		6.1	●					
2.4.3. Control de Calidad		1.0				●		
<b>TOTAL</b>		<b>0</b>	<b>97.031</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>

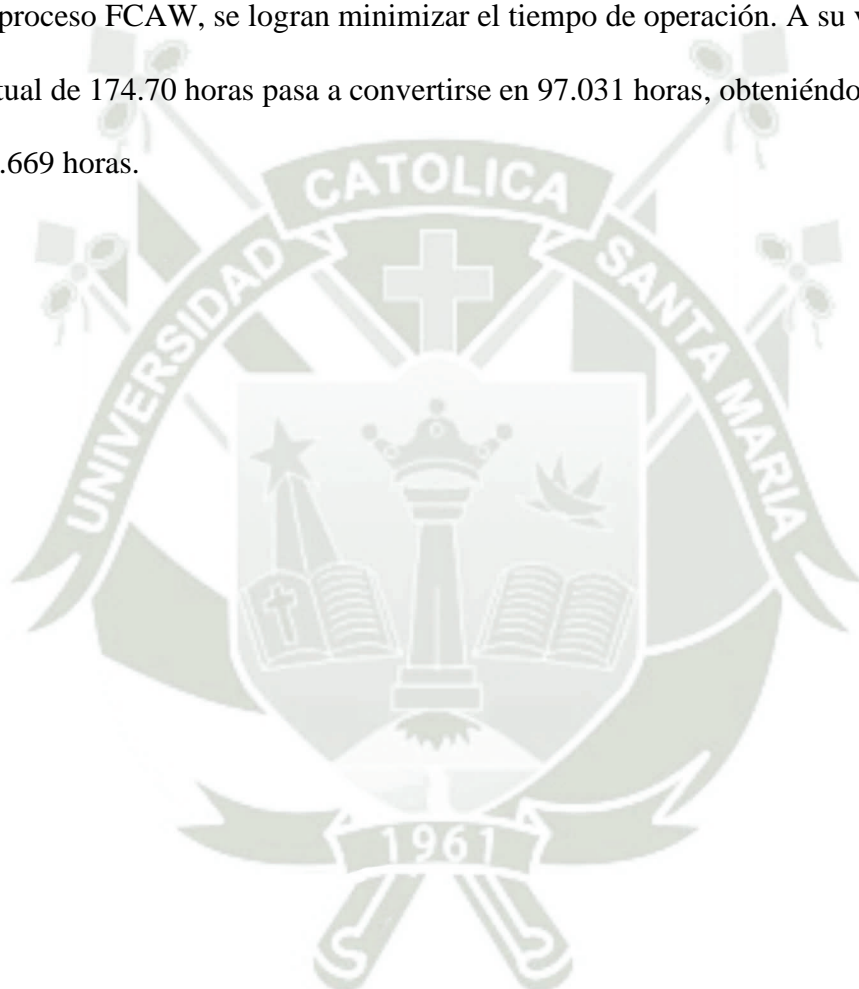
En el diagrama de análisis propuesto para el proceso de soldadura, se eliminaron las actividades de transporte, dado que, en el proceso inicial, era necesario que las partes se trasladaran por separado hacia el área de soldadura, esto como consecuencia del espacio reducido que se tiene en la planta 1, además del proceso largo de habilitado que puede durar horas o incluso días, lastimosamente esto provocaba que se acumularan todas las piezas en el área de soldadura, provocando probabilidad de accidentes o incidentes.

En este caso propuesto, las piezas que van a ser soldadas ya fueron transportadas al área de soldadura durante el proceso de habilitado previamente, sin necesidad de trasladarlas parte por parte, esto se debe por el gran espacio que se posee en la planta 2 y por la rapidez del proceso de habilitado, se tiene permitido acumular las piezas en ese mismo lugar, de esta manera reduciendo los transportes y mano de obra innecesaria, y así poder trasladar las piezas en orden y en conjunto hacia el área de soldadura.

Dado que no existen actividades de transporte durante este proceso propuesto, la distancia en metros sea convierte en “0”, obteniéndose un ahorro de 243 metros.

En la situación actual, dentro del proceso de soldadura existe un almacenamiento, esto se debe a que las piezas una vez soldadas se deben almacenar hasta acumularse y poder ser trasladadas a la planta 2 para ser ensambladas. Sin embargo, en la situación propuesta no ocurre esto, las piezas no requieren ser almacenadas dado que después de culminar el proceso de soldadura, pasan al proceso de ensamblado automáticamente en secuencia.

Por otro lado, también es importante resaltar que la mejora propuesta del proceso de soldadura FCAW-G, genera que se reduzcan los tiempos del proceso. Estos tiempos fueron previamente calculados de acuerdo a los kilogramos de soldadura depositado en ambos procesos, considerando que la velocidad de deposición es mayor en el proceso de soldadura propuesto FCAW. Con una tasa de deposición de 1.02 kg/hr en el proceso FCAW, se logran minimizar el tiempo de operación. A su vez la situación actual de 174.70 horas pasa a convertirse en 97.031 horas, obteniéndose un ahorro de 77.669 horas.



**Tabla 111**

*Diagrama de Análisis del Proceso de Preensamble, Granallado y Pintado Propuesto*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO								
Empresa: La empresa		Resumen						
Objeto: Proceso de Preensamble, Granallado y Pintado		Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Tipo: <del>Material</del> - Trabajador - <del>Maquina</del>		Operación	6	6	0			
Actividad: Proceso Productivo		Transporte	4	4	0			
Cantidad: 1	Operador:	Espera	4	4	0			
Método: Actual		Inspección	6	6	0			
Lugar: Planta		Almacenamiento	2	2	0			
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo (H-H)	182	105	77			
Página: 1/1		Distancia (m)	40516	21627	18889			
Fecha:								
Descripción de los eventos	Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ.
			○	⇨	D	□	▽	
<b>3. PREESEMBLADO</b>								
3.1. Transportar a Área de Ensamble puntos 2.1, 2.2, 2.3, 2.4	11	0.5						
3.2. Preensablado		32						
3.3. Inspección de calidad del preensablado		8						
3.4. Desarmado		8						
3.5. Almacenamiento								
<b>4. PROCESO DE GRANALLADO Y PINTURA</b>								
<b>4.1. Granallado externo</b>								
4.1.1. Transporte de las piezas a granallar	10800	14						
4.1.2. Granallado externo de las piezas		8						
4.1.3. Transporte de las piezas a planta	10800	13						
4.1.4. Guardar piezas granalladas en almacén general		0.5						
4.1.5. Inspección de calidad de las piezas		0.25						
<b>4.2. Pintura de placas del casco</b>								
4.2.1. Transportar al área de Pintura	16	0.5						
4.2.2. Pintura primera capa		0.79						
4.2.3. Secado primera capa		5						
4.2.4. Control de Calidad		0.5						
4.2.5. Pintura segunda capa		0.79						
4.2.6. Secado segunda capa		5						
4.2.7. Control de Calidad		0.5						
4.2.8. Pintura tercera capa		0.79						
4.2.9. Secado tercera capa		5						
4.2.10. Control de Calidad		0.5						
4.2.11. Curado de pintura		48						
4.2.12. Control de Calidad		2						
<b>TOTAL</b>		<b>21627</b>	<b>105</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

En el diagrama de análisis propuesto para el proceso de granallado y pintado, no hubo disminución en el número de actividades, no obstante, el tiempo en horas y la distancia recorrida se redujeron, esto es a causa de la distribución propuesta ya que no es necesario trasladar las piezas de la planta 1 a la planta 2, solo se realizaría un movimiento de materiales entre áreas dentro de la planta 2.

Al recortar los viajes del movimiento de las piezas hacia el área de ensamblado en la planta 2, con la ayuda de la aplicación de Google Maps se calcula que son alrededor de 18900 metros de recorrido total los que se van a eliminar. Comparándolo con la propuesta que sería equivalente a solo 11 metros, se obtiene un ahorro de 18889 metros, igual a 18.88 km. Y en cuanto a las horas habría un ahorro de 12,5 horas

**Tabla 112**

*Ahorro en transporte al área de ensamblado*

ITEM	TIEMPO		AHORRO	UNIDAD
	ACTUAL	PROPUESTO		
3.1. Transporte de las piezas al área de ensamblado (METROS)	18900	11	18889	METROS
3.1. Transporte de las piezas al área de ensamblado (HORAS)	13	0.5	12.5	HORAS

En este proceso de Preensamble, Granallado y Pintado, la única operación en la cual la distancia y las horas se reducen es la actividad de transporte 3.1, por ello se hizo esta tabla especificando su ahorro.

Esta actividad del transporte 3.1 es importante y predominante porque influye en gran medida en la disminución total del transporte en este proceso de Preensamble,

Granallado y Pintado, y, a su vez repercute en la disminución de la distancia total del proceso en general de fabricación.

**Tabla 113**

*Diagrama de Análisis del Proceso de embalaje y almacenamiento*

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO									
Empresa: La empresa		Resumen							
Objeto: Proceso de embalaje y almacenamiento		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Tipo: <del>Material</del> - Trabajador - <del>Maquina</del>		Operación	1	1	0				
Actividad: Proceso Productivo		Transporte	1	1	0				
Cantidad: 1	Operador:	Espera	0	0	0				
Método: Actual		Inspección	0	0	0				
Lugar: Planta		Almacenamiento	1	1	0				
Realizado por: Katuska Mamani Cornejo		Tiempo (H-H)	6	5.25	0				
Página: 1/1		Distancia (m)	17	7	0				
Fecha:									
Descripción de los eventos		Distancia (m)	Tiempo (H)	Símbolo					Observ,
				○	↻	D	□	▽	
<b>5. PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO</b>									
5.1. Transportar al área de despacho		7	1						
5.2. Embalar las piezas			5						
5.3. Almacenar piezas									
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>5.25</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	

En el diagrama de análisis propuesto para el proceso de embalaje y almacenamiento se conserva de la misma forma con el mismo tiempo, sin embargo, en la distancia recorrida se reducen a 7 metros

En resumen, se mostró el diagrama de análisis del proceso propuesto enfocado en la fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado; en la siguiente tabla se muestra el tiempo total en horas del proceso.

**Tabla 114**

*Tiempo total del proceso propuesto*

DESCRIPCION	TIEMPO (H)
PROCESO DE HABILITADO	60.81
PROCESO DE SOLDADURA	97.03
PROCESO DE ENSAMBLADO - GRANALLADO - PINTADO	105.12
PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	5.25
<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO</b>	<b>268.21</b>

La tabla muestra los tiempos en horas de los procesos principales del estudio para realizar su comparación posteriormente.

El tiempo total del proceso propuesto es de 268.96 horas, que es equivalente a 33.62 días de trabajo completo.

Entonces haciendo la comparación con el tiempo actual, se obtiene un ahorro de 341.45 horas, con un porcentaje de disminución de 56.01%, el cual se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 115**

*Comparación de los tiempos del proceso*

DESCRIPCION	TIEMPO ACTUAL	TIEMPO PROPUESTO
PROCESO DE HABILITADO	247.27	60.81
PROCESO DE SOLDADURA	174.70	97.03
PROCESO DE ENSAMBLADO - GRANALLADO - PINTADO	181.69	105.12
PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	6.00	5.25
<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (H)</b>	<b>609.66</b>	<b>268.21</b>
<b>TIEMPO TOTAL DEL PROCESO (DIAS)</b>	<b>76.21</b>	<b>33.53</b>
<b>AHORRO DE TIEMPO (H)</b>		<b>341.45</b>
<b>% DISMINUCION</b>		<b>56.01%</b>

En la tabla se muestran los tiempos actuales y tiempos propuestos, realizando las diferencias respectivas, obteniendo el ahorro. Esta es la finalidad del estudio para la reducción de tiempos de la fabricación del tanque.

Y, para la distancia recorrida total del proceso propuesto, es de 21733.00, que es equivalente a más de 21 km; se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 116**

*Distancia total del proceso propuesto*

DESCRIPCION	DISTANCIA (MTRS)
PROCESO DE HABILITADO	99.00
PROCESO DE SOLDADURA	0.00
PROCESO DE ENSAMBLADO - GRANALLADO - PINTADO	21627.00
PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	7.00
<b>DISTANCIA TOTAL DEL PROCESO</b>	<b>21733.00</b>

A comparación de las distancias de la situación actual, las distancias recorridas se redujeron en todos los procesos, inclusive en algunos llegando a 0.

Entonces haciendo la comparación con la distancia actual, se obtiene un ahorro de 19309.50 metros, con un porcentaje de disminución de 47.05%, el cual se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 117**

*Comparación de las distancias del proceso*

DESCRIPCION	DISTANCIA ACTUAL	DISTANCIA PROPUESTA
PROCESO DE HABILITADO	266.5	99
PROCESO DE SOLDADURA	243	0
PROCESO DE ENSAMBLADO - GRANALLADO - PINTADO	40516	21627
PROCESO DE EMBALAJE Y ALMACENAMIENTO	17	7
<b>DISTANCIA TOTAL DEL PROCESO</b>	<b>41042.5</b>	<b>21733</b>
<b>AHORRO DE DISTANCIA (MTRS)</b>	<b>19309.50</b>	
<b>% DISMINUCION</b>	<b>47.05%</b>	

Es importante la reducción de las distancias porque de esta forma ahorramos en costos de mano de obra y costos de transporte.

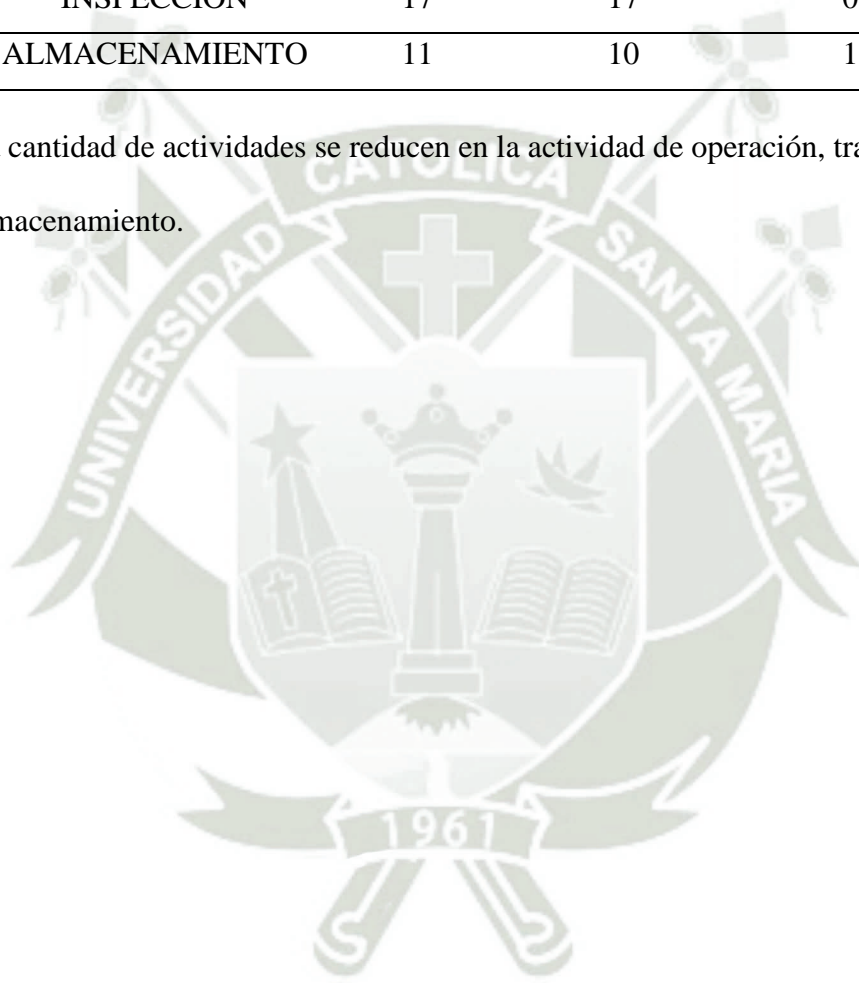
Ahora se procede a diseñar el diagrama de recorrido según el diagrama de análisis del proceso mejorado, que nos permitirá representar gráficamente las rutas físicas que siguen los materiales como resultado de la redistribución de planta.

Con el diagrama de recorrido propuesto se puede apreciar la disminución de actividades, sobre todo en las operaciones, transportes y almacenamiento, dado que, con la nueva distribución y reubicación de áreas, se obtiene un proceso más limpio, ordenado y estratégico.

**Tabla 118***Cuadro Resumen de la diferencia de actividades*

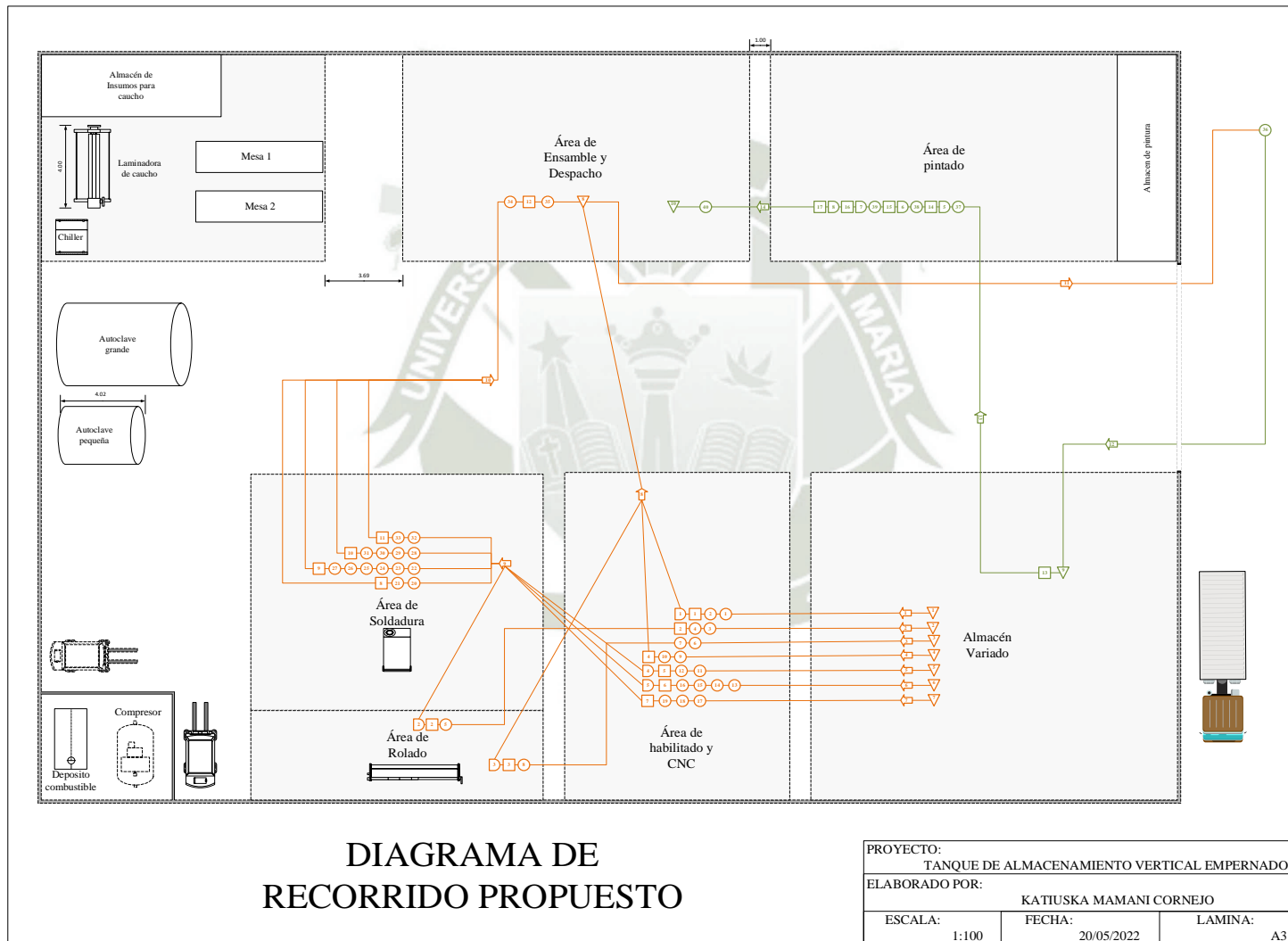
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTA</b>	<b>DIFERENCIA</b>
OPERACIÓN	50	40	10
TRANSPORTE	24	14	10
ESPERA	9	9	0
INSPECCIÓN	17	17	0
ALMACENAMIENTO	11	10	1

La cantidad de actividades se reducen en la actividad de operación, transporte y almacenamiento.



**Figura 92**

*Diagrama de recorrido propuesto*



Se presenta el siguiente recuadro del cálculo de ahorro en los transportes del Proceso de Preensamblado, Granallado y Pintura, que involucra las horas máquinas y horas hombre.

**Tabla 119**

*Cálculo del costo de transporte al servicio de granallado propuesto*

<b>MOVIMIENTO DE MATERIALES PARA LOS SERVICIOS EXTERNOS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>H-M</b>	<b>COSTO POR</b>	<b>COSTO</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
		<b>HORA MAQUINA</b>	<b>TOTAL</b>	
		<b>S./H-M</b>	<b>(S/.)</b>	
TRANSPORTE RIO SECO - EMPRESA GRANALLADO Y VICEVERSA	27	S/ 42.17	S/ 1,138.67	\$295.30
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>			<b>S/ 1,138.67</b>	<b>\$295.30</b>

Considerando que las horas de la situación actual del Proceso de Preensamblado, granallado y Pintura son de 40 horas, con el traspaso de este proceso a la planta 2, se reducen a 27 horas en el transporte, tomando en cuenta que ya no habrá un transporte al proceso de ensamblado porque todo partirá y se realizará desde la Planta 2.

Ahora se calcula las horas hombres involucradas en este proceso.

**Tabla 120**

*Cálculo del costo de mano de obra al servicio de granallado propuesto*

<b>MANO DE OBRA PARA LOS SERVICIOS EXTERNOS</b>				
<b>DESCRIPCION</b>	<b>H-H</b>	<b>COSTO POR HORA HOMBRE (S./HH)</b>	<b>COSTO TOTAL (S./)</b>	<b>COSTO TOTAL (\$)</b>
CONDUCTOR	27	S/ 8.38	S/ 226.31	\$ 58.69
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>			<b>S/ 226.31</b>	<b>\$ 58.69</b>

*Nota.* El costo por hora hombre sigue manteniéndose tanto para la situación actual como para la situación propuesta, sin embargo, la diferencia está en el tiempo del transporte.

$$H-M + H-H = \text{S/ } 1,364.98$$

El total asciende a S/ 1364.98, esta es la sumatoria de las horas máquinas y las horas hombre empleadas para realizar el transporte al servicio de granallado propuesto.

El proceso actual donde se traslada a la planta 2 para el proceso de ensamblado cuesta S/ 2022.20, comparándolo con el proceso propuesto se obtiene un ahorro de S/ 657.21, mostrándose en la siguiente tabla:

**Tabla 121**

*Cuadro comparativo del transporte al servicio de granallado de la fabricación del tanque*

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>
<b>TIEMPO TOTAL DEL TRANSPORTE AL SERVICIO</b>	40	27
<b>COSTO OPERACIONAL TOTAL DEL TRANSPORTE (S./)</b>	S/2,022.20	S/ 1,364.98
<b>AHORRO</b>	S/ 657.21	

Ahora, el conductor semanalmente se toma alrededor de 20 horas para trasladar toda la variedad de piezas de producción hacia la planta 2, para ser ensambladas en su gran

mayoría, estos viajes se hacen ida y vuelta hasta trasladar todas las toneladas de acero de todos los productos o servicios en producción, considerando que el resto de horas semanal las emplea llevándolas al servicio de granallado y viceversa. Por ello se muestra en el siguiente cuadro el total de horas de transporte anual con respecto a la mejora propuesta donde se excluyen las horas de transporte de la planta 1 a la planta 2.

**Tabla 122**

*Cálculo de ahorro del tiempo del transporte anual*

<b>TRANSPORTE PARA EL MOVIMIENTO DE MATERIALES</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>	<b>AHORRO</b>
TIEMPO TRANSPORTE (HORAS)	2496	1536	960
<b>COSTO TOTAL H-M ANUAL</b>	S/ 105,264.12	S/ 64,777.92	<b>S/ 40,486.20</b>

La comparación del costo total del transporte anual nos lleva a un ahorro de S/ 40,486.20.

Ahora con respecto a las horas hombre anual vinculadas en el transporte, se realiza el siguiente calculo:

**Tabla 123**

*Cálculo de ahorro horas hombre anual*

<b>MANO DE OBRA PARA EL TRANSPORTE DE MATERIALES</b>			
<b>DESCRIPCION</b>	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>	<b>AHORRO</b>
TIEMPO TRANSPORTE (HORAS)	2496	1536	960
<b>COSTO TOTAL HH ANUAL</b>	S/ 20,920.91	S/ 12,874.40	<b>S/ 8,046.50</b>

Este cálculo es anual, para obtener el ahorro en soles del tiempo de transporte.

De modo que sumando el ahorro en soles tanto de las H-M y las H-H, anualmente podemos obtener un ahorro de S/. 48 532.70 eliminando el transporte del traslado de materiales entre la planta 1 y la planta 2.

**Tabla 124**

*Cuadro comparativo del transporte anual al servicio de granallado*

	<b>ACTUAL</b>	<b>PROPUESTO</b>	<b>AHORRO</b>
<b>TIEMPO TOTAL DEL TRANSPORTE AL SERVICIO</b>	2496	1536	960
<b>COSTO OPERACIONAL TOTAL (S/.)</b>	S/126,185.03	S/ 77,652.32	S/ 48,532.70

Anualmente como se observa en la tabla se obtiene un ahorro anual significativo de S/ 48,532.70.

#### **4.3.7. Propuesta de un plan de capacitación**

La empresa posee un plan de capacitaciones que esta más inclinado al sistema de seguridad y salud en el trabajo, en otras palabras, se dictan temas en materia de seguridad, mas no capacitaciones relacionadas al ámbito laboral o en funciones que desarrollan diariamente. Debido a esto y también a las propuestas de mejora, es fundamental que se desarrolle un plan de capacitaciones que este enfocado en mejorar las habilidades, actitudes y crecimiento tanto personal como profesional de los trabajadores, de esta forma poder fortalecer su compromiso con la organización.

Considerando que como parte de las propuestas de mejora se está proponiendo la introducción de máquinas y software nuevo, es necesario capacitar al personal con un enfoque de aprendizaje relacionado al uso de las máquinas y programas, tanto teórico como practico.

#### 4.3.7.1. **Objetivo**

Mejorar las habilidades, actitudes y conocimiento del personal de la empresa con respecto al desarrollo de sus actividades.

#### 4.3.7.2. **Alcance**

El plan de capacitación involucrara al personal técnico de producción, así como el personal administrativo enfocándose en temas especializados, así como de refuerzo de conocimientos.

#### 4.3.7.3. **Desarrollo**

Se realizo una entrevista al jefe de producción para tener información sobre los temas a introducir al plan de capacitación, enfocado en el uso de máquinas y nuevas técnicas; además de recibir una retroalimentación de otras falencias que ocurren durante el proceso de fabricación del tanque para evitar retrasos, demoras o errores; con este último dato, se enfocara en temas relevantes como trabajo en equipo, cultura organizacional, comunicación y habilidades blandas, principios básicos de la operación, prevención de riesgos, trabajo seguro, calidad en el servicio y productos, temas administrativos, entre otros.

Según la lista del cronograma de capacitación anual se impartirá 9 temas a lo largo del año sumando un total de 44 horas. Algunos de estos temas se dividirán para ser impartidos de dos a 3 días, dependiendo si son netamente teórico, o teórico – práctico.

Los cuales se muestran en el siguiente listado:

**Tabla 125**

*Listado de temas para la capacitación*

<b>LISTADO DEL CRONOGRAMA DE CAPACITACION</b>			
<b>AREA FORMATIVA</b>	<b>TEMAS</b>	<b>DURACION</b>	<b>TIPO</b>
<b>TECNICAS Y HABILIDADES PERSONALES</b>	Comunicación y Trabajo en equipo	4 H	TEÓRICO - PRACTICO
	Gestión del cambio organizacional	4 H	TEÓRICO
	Liderazgo y manejo del personal	4 H	TEÓRICO - PRACTICO
<b>SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</b>	Manejo de extintores	8 H	TEÓRICO - PRACTICO
	Primeros auxilios	8 H	TEÓRICO - PRACTICO
	Prevención de riesgos laborales	4 H	TEÓRICO
<b>MEJORA CONTINUA</b>	Planificación, control y optimización de procesos	4 H	TEÓRICO
	Mejora continua 5S	4 H	TEÓRICO
	Herramientas básicas de calidad	4 H	TEÓRICO
<b>TOTAL DE HORAS DE CAPACITACION ANUAL</b>		44	H

Las capacitaciones se darán de forma teórica y práctica según sea necesario, cabe recalcar que este plan de capacitación servirá poseer transparencia en la comunicación de los objetivos de capacitación, así como la participación activa de los empleados, son elementos esenciales para el éxito del plan.

Adicionalmente, se solicitará de forma externa los cursos enfocados en las mejoras, se clasificarán los temas por áreas, y se buscará información de cursos o

especializaciones de entidades, esto contribuirá al uso y manejo de las máquinas propuestas descritas anteriormente.

Estos cursos serán impartidos al personal de producción y administrativo por personal especializado. Las capacitaciones se darán de forma mensual, de esta manera se podrá reforzar los conocimientos y algunas habilidades adquiridas durante el proceso.

De igual forma, para poder unificar las capacitaciones necesarias que involucran las mejoras brindadas, es esencial que se capacite en temas de gran relevancia a todo el personal tanto administrativo como operativo, las cuales serán representadas en el siguiente cuadro:

**Tabla 126**

*Cursos de capacitación enfocados en las mejoras*

<b>CURSOS DE CAPACITACION</b>			
<b>AREA</b>	<b>CURSOS</b>	<b>DURACION</b>	<b>TIPO</b>
<b>FORMATIVA</b>	Manufactura por Control Numérico Computarizado CNC	24 H	Teórico – Practico
	<b>TECNICAS Y MANEJO DE EQUIPOS</b>	Equipo de pintura Aires	8 H
<b>PROPUESTOS</b>	Soldadura FCAW	16 H	Teórico – Practico
	Metrología y metrología dimensional	20 H	Teórico – Practico
<b>INFORMATICA</b>	Excel intermedio y avanzado con macros	30 H	Teórico – Practico
	Programa Corte 7 Pro	4 H	Teórico – Practico

Optimización de Flujos BIM con Trimble Connect)	12 H	Teórico – Practico
<b>TOTAL DE HORAS DE CURSOS DE CAPACITACION</b>	114	H

Los cursos que se están proponiendo están enfocados en las mejoras que se están proponiendo en esta investigación, que incluyen desde el manejo de software hasta utilización de máquinas automatizadas.

Son un total de 92 horas teórica – practica que se debe brindar para capacitar al personal en el uso de máquinas y programas especializados enfocado en las mejoras de esta investigación. Los cursos mencionados en la tabla anterior son necesarios para poder realizar una correcta operación del uso de las máquinas, además que los actuales operarios que laboran, poseen la preparación y estudio del manejo de las mismas, así que servirá para fortalecer sus conocimientos enfocados en los productos y servicios que brinda la empresa.

#### **A) Contenido**

El contenido que se desarrollará según requisito de la empresa, se centrará en los procedimientos, procesos, actividades, formatos y conceptos enfocados en la industria metalmecánica. El área administrativa se encargará de impartir los temas relacionados en habilidades personales orientado en la comunicación en la organización y liderazgo. Se dará énfasis también en temas como seguridad y salud en el trabajo (manejo y uso de extintores, primeros auxilios), así como procedimientos a seguir en caso de accidentes o incidentes según el RISST.

Conjuntamente se desarrollarán temas de mejora continua al personal de producción centrado en la metodología 5'S, con las herramientas de calidad y

optimización de procesos. De este modo se podrá recibir aportaciones del mismo personal y que se sientan más comprometidos con la empresa.

Estas capacitaciones serán registradas en formatos, almacenadas en un archivador donde se adjuntará el plan anual de forma impresa, y el registro de asistencia por cada tema dictado.

### **B) Técnicas y herramientas**

De acuerdo a gerencia, las técnicas que se utilizarán serán las charlas que se darán en la sala de reuniones, y como herramienta se usará material audiovisual (videos, grabaciones), presentación con herramientas Microsoft, Prezi, trípticos impresos y una evaluación al final de la capacitación; esta información será preparada por el encargado de brindar la charla. Como algunos temas tienen horas de práctica, se realizarán dinámicas donde se involucre a todos los participantes oyentes, esto producirá la unión y comunicación, así como preguntas para brindar una retroalimentación. Se usará el proyector que la empresa tiene a su disposición para estas charlas.

### **C) Responsables**

Estos temas serán dictados por personal especialista en cada tema como el jefe de producción en lo que respecta en mejora continua, en el tema de seguridad el responsable será el jefe de Seguridad y en habilidades personales será el jefe de Recursos Humanos.

### **D) Cronograma**

Como se especificó, según el listado de temas de acuerdo al área de formación se arma el siguiente cronograma:

**Tabla 127**

*Cronograma de plan de capacitación*

LA EMPRESA		FORMATO			Código:	**RH-FOR-03										
		PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACION			Versión:	02										
					Emisión:	12/01/2018										
N <sup>o</sup>	TEMAS	DIRIGIDO	MODALIDAD	AD	CRONOGRAMA DEL PLAN DE CAPACITACION											
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10		
1	Comunicación y Trabajo en equipo	Personal operativo y administrativo	4 H	Interna	x											
2	Gestión del cambio organizacional	Personal operativo y administrativo	4 H	Interna		x										
3	Liderazgo y manejo del personal	Personal operativo y administrativo	4 H	Interna			x									
4	Manejo de extintores	Personal operativo y administrativo	8 H	Interna				x	x							
5	Primeros auxilios	Personal operativo y administrativo	8 H	Interna					x	x						
6	Prevención de riesgos laborales	Personal operativo y administrativo	4 H	Interna							x					
7	Planificación, control y optimización de procesos	Personal operativo	4 H	Interna								x				
8	Mejora continua 5S	Personal operativo	4 H	Interna									x			
9	Herramientas básicas de calidad	Personal operativo	4 H	Interna												x

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
SIG	RRHH	GERENCIA GENERAL

En el programa anual se llevarán a cabo capacitaciones relacionadas a la comunicación y trabajo en equipo, planificación de la producción y temas de seguridad industrial y será programadas en los meses del año.

La estructura de los temas de capacitación será la introducción del tema, desarrollo del contenido, exhibición de casos, trabajo en equipo, rueda de preguntas y despedida. En

el anexo N°7 de esta investigación se mostrará al detalle el contenido de los temas de las capacitaciones.

Adicionalmente, los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias a tomar durante las capacitaciones se mostrarán en el Anexo N°8.

Del cronograma general de las capacitaciones externas propuesta se muestra en la siguiente tabla, mostrando el orden y tiempo en el que se efectuara.

**Tabla 128**

*Cronograma de capacitaciones externas*

LA EMPRESA		FORMATO				Código:	**-RH-FOR-04								
		PROGRAMA DE CAPACITACIONES EXTERNAS				Versión:	02								
						Emisión:	12/01/2018								
NR O	TEMAS	DIRIGIDO	MODALIDA D	CRONOGRAMA DEL PLAN DE CAPACITACION											
				MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10		
1	Manufactura por Control Numérico Computarizado CNC	Personal operativo y administrativo	24 H	Externa	x	x	x								
2	Equipo de pintura Airless	Personal operativo y administrativo	8 H	Externa				x							
3	Soldadura FCAW	Personal operativo y administrativo	16 H	Externa					x	x					
4	Metrología básica	Personal operativo y administrativo	8 H	Externa							x				
5	Excel básico e intermedio	Personal operativo y administrativo	16 H	Externa								x			
6	Programa Corte 7	Personal operativo y administrativo	8 H	Externa									x		
7	Básico Trimble Connect	Personal operativo y administrativo	12 H	Externa											x

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
SIG	RRHH	GERENCIA GENERAL

Los cursos enfocados en las mejoras se dictarán a lo largo del año, en algunos temas se coordinará con el proveedor de las máquinas y equipos.

#### **E) Evaluación y seguimiento**

Se debe medir el nivel de aprendizaje de las capacitaciones, para determinar si la información brindada fue recibida de forma satisfactoria o de lo contrario alargar el cronograma para hacer énfasis en determinados temas, por ello se entregarán cuestionarios para realizarse de forma física y virtual con ayuda de aplicativos, después de la capacitación teórica.

Para la parte práctica se formarán equipos para ejecutar actividades de acuerdo al tema, para fomentar el trabajo en equipo, la comunicación, y las habilidades de liderazgo de cada integrante.

#### **4.3.8. Propuesta del Poka Yoke**

##### 4.3.8.1. Objetivos

Evitar los errores y defectos en los procesos de producción.

##### 4.3.8.2. Alcance

Abarca desde la orden de compra del cliente, ya que posteriormente se le solicita al área de ingeniería el levantamiento de planos y así poder genera la solicitud de trabajo para el requerimiento de materiales

##### 4.3.8.3. Desarrollo

La mala comunicación entre el área logística y almacén con el área de producción produce confusiones en la solicitud de material, debido a que los jefes de Maestranza, Soldadura, CNC y Pintado solicitan los materiales de manera presencial con una pequeña lista en un formato, esto propicia a que el almacenero no se dé abasto para

alistar el material y poder entregarlo correctamente. Suscitando a que el área de producción al momento de recojo, reciban material erróneo o algunas veces que sea insuficiente.

A su vez, se sabe que anteriormente el área de Logística mediante la procura de materiales realizo la compra por cantidad, juntando los materiales de todos los proyectos de fabricación en planta con el objetivo de generar más ahorro. Por ende, se sabe genéricamente que el material ya está distribuido por cada proyecto, sin embargo, en la práctica ocurre que cuando van a recoger los materiales se terminan llevando lo que no les corresponde o por error humano o de escritura se llevan una placa de diferente espesor o dimensión de la que les corresponde. En la gran mayoría de veces los mismos operarios optan por llevarse placas más pequeñas para no tener que cortarlas, esto por sus facilidades individuales sin saber que esas placas pequeñas estaban designadas para otro tipo de fabricación.

Esto genera una pérdida de tiempo; perdida de material cuando toman un elemento equivocado y comienzan a mecanizarlo, dándose cuenta tarde que ese material no era el designado para ese tipo de fabricación; y confusiones junto con los conflictos entre el personal de producción y almacén.

Para prevenir estos sucesos, y evitar el error humano se propone utilizar la técnica del Poka Yoke, la cual busca eliminar los defectos del proceso que pueden afectar el producto final; esto será posible con la ayuda de un formato que será subido a la nube usando Google Drive.

Este procedimiento se realizará de manera virtual desde el área de Ingeniería, para que posteriormente sea visado por el jefe de Producción, este verificara la lista de los materiales en el formato, de ahí procederá con su aprobación mediante una firma

virtual en las celdas habilitadas, posteriormente el almacenero podrá visualizar el formato en tiempo real para poder alistar los materiales de acuerdo al número de orden del proyecto, y, por último, los operarios responsables del recojo se dirigirán directamente al área de almacén para el retiro de los materiales.

**Figura 93**

*Formato Propuesto para el requerimiento de materiales*

<b>LA EMPRESA</b>	<b>FORMATO</b>				<b>Código:</b>	<b>** -DIS-FOR-14</b>
	<b>SOLICITUD DE TRABAJO</b>				<b>Versión:</b>	<b>02</b>
					<b>Emisión:</b>	<b>10/10/2022</b>

<b>LEYENDA</b>	
ENTREGADO	
NO ENTREGADO	

<b>Fecha de pedido:</b>	3/11/2022	<b>Fecha:</b>	3/05/2022
<b>Fecha de entrega:</b>	13/11/2022	<b>Orden N°</b>	00*****
<b>Área:</b>	INGENIERIA Y DISEÑO	<b>Cliente:</b>	SPC
		<b>Elaborado por:</b>	K. MAMANI

ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	OBSERVACIONES	ESTADO
1	14500188	PL. ESTRUC. 16.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
2	14500189	PL. ESTRUC. 12.0 x 1500 x 6000	PZA	1		ENTREGADO
3	14500190	PL. ESTRUC. 38.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
4	14500191	PL. ESTRUC. 6.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
5	14500192	PL. ESTRUC. 9.0 x 1200 x 2400	PZA	1		NO ENTREGADO
6	14500193	PLATINA 3/8" x 4" x 6 mt.	PZA	1		ENTREGADO
7	14500194	PLATINA 1/2" x 3-1/2" x 6 mt.	PZA	1		NO ENTREGADO
8	14500195	ANGULO 1/4" x 2" x 6 mt	PZA	1		ENTREGADO
9	14500196	ANGULO 3/8" x 3" x 6 mt	PZA	1		ENTREGADO
10						
11						
12						
13						
14						
15						

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
JEFE DE INGENIERIA	JEFE DE PRODUCCION	COORD. DE LOGIS. Y ALM.

*Nota.* La figura mostrada es un formato creado para evitar las confusiones en la entrega de material, a su vez se puede visualizar de manera online si la pieza fue entregada o no.

Por lo tanto, en la Figura 97 se presenta el formato el cual será denominado como Solicitud de Trabajo por parte del área de Ingeniería y Diseño para poder establecer el requerimiento de materiales de manera estándar; como se mencionó anteriormente, debe ser visado por el jefe de Producción y al final por el Coordinador de Logística y Almacenes ya que con su aprobación admite el stock de material.

Dicho formato el cual consta de 7 columnas brindará el número de código del material, la descripción del tipo de material a solicitar, tipo de unidad de medida, la cantidad solicitada, observaciones adicionales y el estado del material según la Leyenda; este último, se maneja como control visual, donde por medio de una lista desglosable se elegirá si dicho material fue entregado o no; se optó por usar el formato condicional para diferenciarlos por colores, si se elige “ENTREGADO” automáticamente se rellena la celda de color VERDE, si se elige “NO ENTREGADO”, la celda se rellena de color ROJO.

**Figura 94**

*Lista desglosable del Estado del Material*

	ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	OBSERVACIONES	ESTADO
14							
15	1	14500188	PL. ESTRUCT. 16.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
16	2	14500189	PL. ESTRUCT. 12.0 x 1500 x 6000	PZA	1		ENTREGADO
17	3	14500190	PL. ESTRUCT. 38.0 x 1200 x 2400	PZA	1		NO ENTREGADO
18	4	14500191	PL. ESTRUCT. 6.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
19	5	14500192	PL. ESTRUCT. 9.0 x 1200 x 2400	PZA	1		NO ENTREGADO
20	6	14500193	PLATINA 3/8" x 4" x 6 mt.	PZA	1		ENTREGADO

El formato creado en una hoja de cálculo de Excel tiene la facilidad de desglosar el estado para seleccionar la opción correspondiente a su estado actual.

También se agregó otra lista desglosable para el tipo de unidad de medida para estandarizar este formato y hacerlo más específico de debido a la gran variedad de materiales que existen en almacén.

**Figura 95**

*Lista desglosable de la Unidad de Medida*

	ITEM	CODIGO	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	OBSERVACIONES	ESTADO
14							
15	1	14500188	PL. ESTRUC. 16.0 x 1200 x 2400	PZA	1		ENTREGADO
16	2	14500189	PL. ESTRUC. 12.0 x 1500 x 6000	PZA	1		ENTREGADO
17	3	14500190	PL. ESTRUC. 38.0 x 1200 x 2400	PAQUETE	1		ENTREGADO
18	4	14500191	PL. ESTRUC. 6.0 x 1200 x 2400	CAJA	1		ENTREGADO
19	5	14500192	PL. ESTRUC. 9.0 x 1200 x 2400	KG	1		NO ENTREGADO
20	6	14500193	PLATINA 3/8" x 4" x 6 mt.	BLN	1		ENTREGADO
				PAR			
				GLN			

El formato creado en una hoja de cálculo de Excel tiene la facilidad de desglosar la UND para seleccionar la opción correspondiente al tipo de unidad.

#### **4.3.9. Propuesta de estandarización de la inspección de calidad del proceso de granallado y pintado**

##### 4.3.9.1. Objetivos

Aplicar la estandarización de procesos para poder realizar la creación de formatos que nos ayudaran en las inspecciones de control de calidad.

##### 4.3.9.2. Alcance

Abarca los procedimientos de inspección del material como parte de un procedimiento de calidad después de determinado proceso. En este caso nos referimos al proceso de granallado y pintado.

##### 4.3.9.3. Desarrollo

Durante la investigación se observó que la inspección de calidad que se realiza es de forma visual, sin la existencia de un formato el cual quede como registro de este control, mucho menos sin la aprobación del jefe de área que corrobore dicha inspección.

Se indico en un punto anterior que el proceso de granallado se terceriza, el área logística coordina con el proveedor para enviar las placas ya previamente soldadas, estas placas son enviadas al proveedor y en un máximo de 2 a 3 días retornan a la planta 2, dependiendo también del número de piezas a granallar.

En la orden de compra se especifica el tipo de limpieza de superficie y el tipo de granalla a utilizar; para esta fabricación se coordinó que serían dos tipos de limpieza, tanto para la parte interna y externa del tanque, las actividades de preparación de superficies estarán de acuerdo con los requerimientos de las especificaciones SSPC-SP según Anexo N° 9 y de la pintura a ser utilizada según el sistema de pintura propuesto por el cliente, el cual se especifica en el siguiente cuadro:

**Tabla 129**

*Especificaciones de la preparación superficial y aplicación de recubrimiento*

DESCRIPCION	PREPARACION SUPERFICIAL	APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO POR CAPA		
		PRIME RA	INTERMEDI A	ACABADO
PARTE INTERNA	SSPC-SP-05 (Granallado metal blanco)	MACRO POXY 851 espesor 4mils	MACROPOXY 851 espesor 4mils	MACROPOX Y 851 espesor 4mils
		MACRO POXY 851 espesor 3mils	MACROPOXY 851 espesor 5mils	SUMATANE HS espesor 2mils

Se muestran las especificaciones del tipo de preparación superficial y el tipo del recubrimiento necesario. Estas especificaciones también son aprobadas por el cliente a su solicitud.

Estas especificaciones de la preparación superficial y recubrimiento se deben verificar durante la inspección de calidad una vez que el material haya retornado a la planta 2.

El personal recibe las piezas con la garantía de que el granallado fue realizado correctamente.

Dada esta información, para el cumplimiento de auditorías y como parte del sistema integrado de gestión, es necesaria la creación de un formato que almacene esta información de inspección de control de calidad, donde especifique puntos básicos como fechas de inspección, el tipo de elemento a verificar, tipo de granalla utilizada, tipo de pintura de acuerdo al espesor de la película, registro de equipos de medición utilizados, resultados de la inspección según medición, entre otros. De esta forma se tendrá mayor información de la inspección de este tipo de proceso quedando registro y evidencia almacenada para observaciones posteriores de ser el caso. Por ello se propone el siguiente formato:

**Tabla 130**

Formato propuesto del registro de inspección

<b>LA EMPRESA</b>	<b>FORMATO</b>										<b>Código:</b>	<b>** - CAL-FOR-01</b>									
	<b>REGISTRO DE INSPECCION DE PREPARACION DE SUPERFICIE Y APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTO</b>										<b>Versión:</b>	<b>01</b>									
											<b>Emisión:</b>	<b>10/10/2022</b>									
<b>1. Datos Generales</b>																					
Proyecto:										Registro N°:											
Cliente:										Orden de Compra:											
Lugar de inspeccion:										Plano referencia:											
Fecha de inspeccion de preparacion de superficie:				Fecha de inspeccion de aplicacion de recubrimiento				Realizado por:		K. MAMANI											
<b>2. Especificaciones</b>																					
Tipo de elemento		Plancha <input checked="" type="checkbox"/>	Tubo <input type="checkbox"/>	Perfil <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Tipo de sustrato		ASTM A36		Criterios de aceptacion		SSPC - SP5									
<b>3. Condiciones de inspeccion</b>										<b>4. Instrumentos de medicion</b>											
Tipo de abrasivo		Granalla <input type="checkbox"/> Arena <input type="checkbox"/>		Especificaciones del recubrimiento				Para perfil de anclaje		Equipo											
Mezcla:				Capa		Producto		EPS (mils)		Lote de producto		Codigo									
Condiciones ambientales:		Prep. Superficial	Aplic. Recubrimiento	1				Espesor		Resina		Catalizador		Diluyente		Para EPS		Equipo		Codigo	
% Humedad				2																	
Temperatura tubo seco (°c)				3																	
T° de sustrato																					
T° Punto de rocío																					
<b>5. Inspeccion</b>																					
N°	Descripcion del elemento	Inspeccion de aplicacion de recubrimiento									Inspeccion de preparacion de superficie										
		Capa	Espesor de pelicula seca (mils)						Defectos	Acciones	Resultado	Metodo		ASTM D4417							
Spot 1	Spot 2		Spot 3	Spot 4	Spot 5	Promedio	Perfil de anclaje	Spot 1				Defectos									
1								Spot 2													
2									Spot 3	Acciones											
3									Spot 4												
4									Spot 5	Resultado											
5									Promedio												
<b>Comparador visual</b>						<b>Leyenda</b>															
						<b>Defectos preparacion de superficie</b> EL: Escama de laminacion SO: Sombras de oxido OS: Oxido superficial OA: Oxido adherico DM: Daños de material base RC: Restos de caldereria FC: Filos cortantes		<b>Defectos aplicacion de recubrimiento</b> AG: Agrietamiento OC: Decoloracion PN: Piel de naranja DE: Descongelamiento CR: Crateres OP: Ojos de pez PH: Pin Hole AR: Arrugamiento CS: Contam. superficial PU: Pulverizado DI: Discontinuid. de pelicula TI: Tizado		<b>Acciones</b> RM: Reparacion mecanica RP: Reproceso  <b>Resultados</b> OK: Aceptado RE: Rechazado											
<b>6. Observaciones</b>																					

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b>
JEFE DE CONTROL DE CALIDAD	JEFE DE CONTROL DE CALIDAD	JEFE DE PRODUCCION

En un solo formato se unifica la inspección de la preparación de la superficie y la aplicación de recubrimiento; para los resultados de la inspección se usarán los parámetros descritos en la leyenda tanto para los defectos y las acciones. Gracias a este formato propuesto se podrá almacenar información más concisa y exacta con respecto a la inspección de calidad del proceso de granallado y pintado, a continuación, se detallan ciertos puntos del formato.

En el formato se colocó una imagen para realizar la comparación visual como referencia del tipo de limpieza a comparar. Es relevante mencionar que el proceso de granallado es en sí el proceso de limpieza de la superficie mediante chorro de abrasivo a presión, por la cual es importante resaltar que al momento de la solicitud del servicio se debe indicar al granallador que tipo de abrasivo debe utilizar, en este caso se indicó que sea el abrasivo “Steel shot” con un perfil de anclaje de 25 micras o 1 mil.

**Tabla 131**

*Perfil de anclaje del acero granallado según tipo de abrasivo*

Abrasive	Profile Height				
	25 $\mu\text{m}$ 1 mil	38 $\mu\text{m}$ 1.5 mil	50 $\mu\text{m}$ 2 mil	63 $\mu\text{m}$ 2.5 mil	75-100 $\mu\text{m}$ 3-4 mils
Silica Sand	30/60 mesh	16/35 mesh	16/35 mesh	8/35 mesh	8/20 mesh
Steel Grit	G 80	G 50	G 40	G 40	G 25
Steel Shot	S 110	S 170	S 280	S 280	S 330
Garnet	80/100 mesh	30/100 mesh	30/60 mesh	20/60 mesh	20/40 mesh
Aluminum Oxide	100 grit	50 grit	36 grit	24 grit	16 grit

*Nota.* Estas alturas de perfil son típicas si la presión de la boquilla está entre 620 y 700 kPa (90 y 100 psi). Obtenido de The Society for Protective Coatings, 2017.

Una vez realizado la limpieza con el abrasivo, se obtendrá un cierto grado de rugosidad sobre la superficie metálica; esto es llamado perfil de anclaje el cual debe ser verificado en planta.

Para el inicio de esta inspección el personal debe haber sido previamente capacitado según el cronograma propuesto en el punto anterior.

El equipo que se utilizará para verificar el grado de rugosidad será el ELCOMETER 224, este es un instrumento portátil que mide la rugosidad de una superficie mediante la inspección de las irregularidades y las crestas presentes en la misma, proporcionando datos precisos sobre la profundidad de las marcas y las características de la superficie, lo que es esencial para el control de calidad y la conformidad con los estándares industriales.

Se tomarán 5 mediciones las cuales serán promediadas, empleándose los métodos de ensayos de la norma ASTM D4417 el cual se define como un método estándar para evaluar la rugosidad de una superficie mediante el uso de comparadores visuales o táctiles para cumplir con ciertas especificaciones de rugosidad. Es fundamental garantizar una buena adhesión de recubrimientos, como pintura o recubrimientos protectores.

- Comparador de Superficies / ASTM D4417 - Método A.
- Medidor de Profundidad / ASTM D4417 - Método B.
- Medidor según Cinta Réplica / ASTM D4417 - Método C.

Para este caso se propone utilizar el método A y B.

**Figura 96**

*Equipo de medición ELCOMETER 224*



*Nota.* La figura nos muestra el equipo de medición de rugosidad con resultados en una pieza de caucho como ejemplo. Tomada del Área de Calidad año 2022.

Para la aplicación del recubrimiento de pintura en este caso, se debe tener en cuenta la cantidad de capas necesarias para alcanzar la medida solicitada por el cliente, esta medida esta expresada en mils, el cual será nombrado como espesor de la película seca. La inspección que se dará será mediante la utilización del medidor de espesor de revestimiento independiente ELCOMETER 456.

**Figura 97**

*Equipo de medición ELCOMETER 456*



*Nota.* Para el recubrimiento de medición se utiliza este otro tipo de equipo ideal para medir espesores de pintura. Tomada del Área de Calidad año 2022.

Durante el procedimiento se tomarán 5 mediciones las cuales serán promediadas según la capa, recalando que este proceso se realizara dos veces más, ya que se debe esperar

a que la pintura seque para volver a realizar la operación de pintado y volver a realizar nuevamente la medición.

Todas estas evaluaciones y registros serán plasmados en el formato propuesto de forma ordenada y sintetizada, contabilizar y almacenar la información para poder tener parámetros y verificar si el granallado cuenta con las especificaciones solicitadas.



## CAPITULO V

### 5. ANALISIS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

#### 5.1. Costos de la propuesta de mejora

Conocer los costos asociados a una propuesta de mejora permite tomar decisiones informadas. Facilitando la elaboración de presupuestos según sea necesario, y además con esta información podremos determinar si el retorno de la inversión es aceptable a fin de que la propuesta sea viable a largo plazo, alineándose con la dirección general de la empresa.

Llegado a este punto, es necesario conocer el costo total que implica las propuestas de mejora, por lo tanto, se procede a realizar la descripción según las actividades que requieren los costos por cada una de las propuestas, realizando cotizaciones en plataformas de comercio, así como el cálculo del costo de la mano de obra o servicios de capacitación según sea necesario u otros recursos.

##### 5.1.1. Costos de Implementación de la mejora del proceso de soldadura

Según la propuesta de mejora mencionado en el punto 4.3.1., para llevar a cabo este nuevo proceso de soldadura FCAW, es necesario cotizar la compra de una máquina de soldar, según la marca, modelo y tema de precios conjuntamente con las características que necesitamos.

Se opta por la propuesta de compra de una Máquina de Soldar Multiprocesos con un costo que se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 132***Costos de implementación de la mejora del proceso de soldadura*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA</b>	Compra de Maquina de Soldar Multiproceso.	1	Und.	S/ 16,022.50	Ver Anexo N°10
	Transporte Arequipa	1	Serv.	S/ 87.00	Ver Anexo N°11
	Capacitación general uso y manejo de máquina Multiproceso	1	Serv.	S/ 0.00	Capacitación Gratuita de los 4 procesos (GTAW / FCAW / GMAW / SMAW) por la compra de la máquina.
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/16,109.50</b>	

El costo total de la maquina (incluido IGV) abarca también el servicio técnico de instalación y calibración para garantizar un rendimiento optimo, sin embargo, el costo del envío no está incluido.

Considerando que la compra se realizara en la ciudad de Lima, es necesario solicitar un servicio de transporte mediante la agencia SHALOM para su traslado. En el costo de este servicio está incluido el recojo en origen (Cercado – Lima) y reparto en destino (Cerro Colorado - Arequipa) el cual tendrá un valor de S/. 87.00.

### **5.1.2. Costos de Implementación de la optimización del proceso de corte**

Este es una de los puntos más importantes, dado que debemos conocer qué tipo de costos están implicados para la optimización del proceso de corte. Como se mencionó en el punto 4.3.2., se pretende comprar la máquina de corte CNC con plasma más un compresor de aire.

Se opta por la propuesta de compra de una Máquina de corte CNC con plasma más un compresor de aire con un costo que se muestra en el siguiente cuadro.

**Tabla 133***Costos de implementación de la optimización del proceso de corte*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>OPTIMIZACION DEL PROCESO DE CORTE</b>	Compra de máquina de corte por plasma CNC	1	Und.	S/ 34,495.50	Ver Anexo N°12
	Cálculo del costo de la importación marítima y transporte local (Lima-Arequipa)	1	Serv.	S/ 6,062.16	Ver Anexo N°13
	Compresora de aire 7.5HP	1	Und.	S/ 4,500.00	Ver Anexo N°14
	Transporte de Compresora de aire	1	Und.	S/ 0.00	Entrega sin costo alguno por Compras en Mercado Libre
	Costo de instalación de maquina CNC	1	Serv.	S/ 0.00	Sin costo alguno, la maquina se está importando como "maquina completa".
	Capacitación uso y manejo de CNC plasma	1	Serv.	S/ 0.00	Capacitación gratuita por la compra de la maquina
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/45,057.66</b>

Como se indica en el detalle, la capacitación no posee costo alguno dado que, por la compra de la máquina, la capacitación es gratuita, así como el costo de instalación, ya que la maquina se está importando de forma completa.

Para los cálculos de importación del bien se considerarán diversos puntos para estimar el costo total incluyendo los impuestos. Se ven involucrados el costo FOB de la máquina, el flete principal desde puerto Shanghai-China hasta Puerto Callao-Perú mediante vía marítima, el costo del seguro de la carga para cubrir posibles daños o pérdidas durante el transporte, impuestos locales y los gastos de aduana.

Para la importación, se solicitará la contratación de un agente de aduanas para garantizar el cumplimiento de las regulaciones aduaneras, a su vez, el método de transporte será por vía marítima. La cotización del detalle del cálculo se muestra en el Anexo N°13.

La fuente de alimentación de plasma será de una marca conocida de China como lo es Hypertherm, con buenos acabados, cortes precisos, ahorro de energía con un buen rendimiento. Para ver mayores especificaciones del plasma, observar su ficha técnica en el Anexo N°15.

El software StarCAM permite a los usuarios crear y diseñar modelos tridimensionales de las piezas que se fabricaran en la maquina CNC. Convierte los modelos CAD (Diseño asistido por computadora) en trayectorias y movimientos específicos que la maquina CNC debe seguir para fabricar la pieza. A su vez proporciona una simulación para que los operadores puedan visualizar como se harán los cortes.

Cuando se acepte la oferta, el proveedor brindara todos los documentos relevantes para su instalación y de la máquina, así como videos de operación correspondientes.

Cabe mencionar que la maquina se importa de forma completa, en otras palabras,

cuando se reciba la maquina en planta, solo se necesitará conectar los cables para operar.

Una vez confirmado el pedido, se establecerá un grupo de WhatsApp y el área de posventa brindarán servicios de capacitación en línea, en este grupo habrá ingenieros capacitados que guiarán el funcionamiento de la máquina y responderán preguntas de rutina en línea de forma gratuita. La máquina tiene garantía de dos años, con certificados CE, ISO, SGS

El proveedor proporcionará los certificados completos para el despacho de aduanas y otro paquete de información, como planos del área del piso de la máquina, mapas, etc. El proveedor brinda un servicio y soporte técnico de por vida, y realizan notificaciones para recordarnos periódicamente si la máquina requiere el mantenimiento.

### **5.1.3. Costos de implementación de la mejora del plan de corte de placas**

Dado el desarrollo de la propuesta de mejora del plan de corte en el punto 4.3.3., es necesario conocer el costo que implica la misma, por ello mediante una serie de actividades se cotizo la compra del software, así como la capacitación respectiva, dando un costo total por esta implementación.

**Tabla 134**

*Costos de Implementación de la mejora del plan de corte de placas*

PROPUESTA	ACTIVIDADES	CANT.	UND.	COSTO (S/.)	DETALLE
<b>MEJORA DEL PLAN DE CORTE DE LAS PLACAS</b>	Compra de Software Corte 7 Pro	1	Und.	S/3,178.07	Ver Anexo N°16
	Capacitación Software Corte 7 Pro	4	Hr.	S/603.20	Ver Anexo N°17
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/3,781.27</b>	

Como se aprecia en la Tabla 124, el costo total asciende a S/ 3,781.27. Como primera actividad tenemos la compra del software Corte 7 pro, que nos permitirá realizar cortes óptimos de las piezas en los formatos de gran y de menor dimensión, así minimizando el desperdicio del acero.

**Figura 98**

*Icono Corte 7 Pro*



*Nota. Tomado de la página web World Pc & Services, 2023 para realizar la compra del software.*

A su vez, para el uso y manejo de este programa, es requerida una orden de servicio por la capacitación externa para el Área de Ingeniería. Se adjuntan sus respectivos anexos indicados en la tabla.

#### 5.1.4. Costos de implementación de la optimización del proceso de pintado

Para este punto, según el análisis realizado, es necesaria la compra de un equipo de pintar con sistema airless, recalcando que actualmente se utilizan pistolas de pintar convencionales con muy poca capacidad, generando que la operación de pintado se prolongue, provocando un costo alto de mano de obra también.

El equipo de pintura sin aire aplica pintura rápidamente cubriendo grandes áreas en poco tiempo, brinda un buen acabado uniforme y consistente sin desperdiciar mucha pintura, ya que se adhiere a la superficie en lugar de dispersarse en el aire como el equipo convencional.

Para este tipo de fabricación es importante considerar que el equipo a cotizar debe cumplir con ciertas características, dentro de las más importantes esta que el equipo debe tener un motor con gran potencia y la presión de trabajo mínima debe ser de 3000 – 3500 PSI, y también el tamaño de la boquilla de pulverización debe estar entre 0.023 a 0.027 ya que, si la boquilla es pequeña, se impedirá la presión y no saldrá suficiente recubrimiento. Siguiendo todas estas características, el costo total se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 135***Costos de implementación de la optimización del proceso de pintado*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>OPTIMIZACION DEL PROCESO DE PINTADO</b>	Compra de equipo airless	1	Und.	S/ 8,000.00	Ver Anexo N°18
	Transporte del equipo Lima - Arequipa	1	Serv.	S/ 132.00	Ver Anexo N°19
	Capacitación uso y manejo del equipo de pintura airless	1	Serv.	S/ 0.00	Capacitación gratuita por la compra de la maquina
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/ 8,132.00</b>	

*Nota.* La cotización de compra se realizó con una empresa de Lima (Ver Anexo N°18), por ello se cotizo el transporte de Lima – Arequipa mediante la agencia SHALOM, con una tarifa que asciende a S/. 132.00 (incluido IGV), la cual se muestra en el Anexo N°19.

### 5.1.5. Costos de implementación de redistribución de planta

La propuesta de la redistribución será desarrollada por mi persona, sin embargo, es necesario costear la mano de obra necesaria para poder ejecutarla en tiempo real. Para conseguir esto según las actividades necesarias, el marcaje de pisos y áreas será realizado por un operario de la empresa.



**Tabla 136***Costo de implementación de redistribución de planta*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>REDISTRIBUCION DE PLANTA</b>	Mano de obra para el marcaje de pisos y rotulo de áreas.	80	Hr.	S/ 524.06	Esta actividad será realizada por 2 operarios de planta
	Materiales (cinta de señalización)	10	Und.	S/ 299.00	Ver Anexo N°20
	Materiales (señales de seguridad)	23	Und.	S/ 167.50	Ver Anexo N°22
	Actualización de extintores (Recarga y compra)	3	Und.	S/ 120.00	Ver Anexo N°21
	EPP's (Guantes y protección auditiva, lentes de protección para la realización del trabajo)	3	Und.	80.27	Ver Anexo N°20
	Materiales (Triplay, pintura blanca, pintura negra)	1	Serv.	S/ 289.64	Para la elaboración de letreros para áreas. Ver Anexo N°20
	<b>COSTO TOTAL</b>			<b>S/ 1,480.47</b>	

*Nota.* Todos los materiales en su mayoría fueron cotizados en páginas como PROMART o FALABELLA de la sede de Arequipa.

El costo de implementación de la redistribución de áreas será de S/. 1480.47. La compra de los materiales y Epp's es por un motivo adicional externo, ya que los Epp's con los que cuenta la empresa según kardex de rotación están destinados para los trabajos en producción, sin embargo, es preciso comprar Epp's y materiales adicionales para llevar a cabo la realización de la mejora desarrollada.

Para el marcaje de piso se conversó con gerencia para su aprobación, inicialmente se planteó el pintado del piso con líneas amarillas, sin embargo, eso implicaría detener la producción por varias horas hasta días y movilizar algunas máquinas y equipos para permitir el correcto secado de la pintura además de realizar retoques (segunda capa de pintura). Por ello se planteó la segunda opción de utilizar la cinta de señalización que prácticamente tomaría menos tiempo y menos interrupciones al momento de su aplicación.

#### **5.1.6. Costos de implementación del diagrama de análisis del proceso mejorado**

Para este tipo de implementación donde se plantea mejorar el proceso de fabricación del tanque de almacenamiento vertical empernado, se necesitó el aporte grupal de los supervisores, los involucrados fueron el Supervisor de Producción para la aprobación del movimiento de las maquina nuevas y sugerencias, jefe de Ingeniería para la modificación de planos y para la aprobación de la modificación, el Gerente General. Mi persona dio las propuestas y estas mismas fueron evaluadas por los supervisores.

El costo total de la implementación asciende a **S/ 843.61**, y se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 137***Costos del diagrama de análisis del proceso mejorado*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO MEJORADO</b>	Aprobaciones en la elaboración del DAP mejorado	8	Hr.	S/ 272.13	
	Revisión de documentos - Gerente General	2	Hr.	S/ 122.97	
	Capacitación de (Optimización de Flujos BIM con Trimble Connect)	1	Serv.	S/ 448.51	Ver Anexo N°23
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/ 843.61</b>	

*Nota.* El cálculo del costo total de las aprobaciones y las revisiones en cuestión a la mano de obra del personal, es obtenido del costo por hora de la mano de obra de cada uno por el total de horas trabajadas.

El software Trimble connect facilita la colaboración entre las áreas de diseño, ingeniería y fabricación. Los modelos BIM y archivos CAD pueden ser compartidos y revisados en tiempo real, permitiendo una coordinación más efectiva entre las diferentes áreas.

Posibilita la revisión de modelos en 3D, lo que facilita la identificación de posibles problemas de diseño antes de su fabricación. Esto ayudaría a evitar errores, costos elevados, mejorando la calidad del producto final.

Para la mejora del diagrama de análisis del proceso, se utilizó el software Trimble Connect para diseñar y modelar en 3D la fabricación del tanque, pudiendo así determinar las partes del tanque, así como el tipo de material, áreas y medidas del acero; de esta forma proponer las mejoras facilitando las operaciones del proceso, viéndolo desde otra perspectiva

Por ello es importante incluir una capacitación de optimización de Flujos BIM con Trimble Connect para la gestión de proyectos y mejoras en el diseño de fabricación de productos en acero.

#### **5.1.7. Costos de implementación del plan de capacitación**

Para ejecutar los temas, se brindara un paquete de materiales para cada una de las sesiones el cual implicara un costo generico. Estos temas seran dados al personal administrativo y de planta, el numero de personas variara dependiendo de su disponibilidad. Los responsable de estos temas sera personal tanto de la parte interna como de la parte externa.

La frecuencia del plan de capacitación será anual, distribuyéndose aproximadamente en 10 meses en un año.

**Tabla 138***Costo de implementación del plan de capacitación*

<b>PROPUESTA</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>NOMBRE DE CAPACITACION</b>	<b>RESPONSABLE</b>	<b>CANT.</b>	<b>UND.</b>	<b>COSTO (S/.)</b>	<b>DETALLE</b>
<b>PLAN DE CAPACITACION</b>	Materiales de oficina	-	-	7	Paquete	S/ 35.00	
	Capacitación al personal administrativo y planta	Comunicación y Trabajo en equipo	Jefe de Recursos Humanos	4	Horas	S/ 75.03	
	Capacitación al personal administrativo y planta	Gestión del cambio organizacional	Jefe de Recursos Humanos	4	Horas	S/ 75.03	
	Capacitación al personal administrativo y planta	Liderazgo y manejo del personal	Jefe de Recursos Humanos	4	Horas	S/ 75.03	
	Capacitación al personal administrativo y planta	Manejo de extintores	Externo	8	Horas	S/ 578.20	Ver Anexo N°24
	Capacitación al personal administrativo y planta	Primeros Auxilios	Externo	8	Horas	S/ 578.20	Ver Anexo N°24

Capacitación al personal administrativo y planta	Prevención de riesgos laborales	Supervisor SSOMA	4	Horas	S/ 73.24
Capacitación al personal administrativo y planta	Planificación, control y optimización de procesos	Supervisor de Producción	4	Horas	S/ 75.03
Capacitación al personal administrativo y planta	Mejora continua 5'S	Supervisor de Producción	4	Horas	S/ 75.03
Capacitación al personal administrativo y planta	Herramientas básicas de calidad	Supervisor de control de Calidad	4	Horas	S/ 73.24
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>S/1,713.04</b>

La tabla anterior contempla todas las actividades necesarias para desarrollar el plan de capacitación, como resultado tenemos un costo total de **S/ 1,713.04**.

Las capacitaciones que se brindarán serán dirigidas por el mismo personal de la empresa, como el jefe de Recursos Humanos en su mayoría, el Supervisor SSOMA, el Supervisor de Producción, y de Calidad, en cambio las capacitaciones prácticas en materia de Seguridad serán brindadas por entidades externas.

#### **5.1.8. Costos de Implementación del Poka Yoke**

El personal involucrado para llevar a cabo este proceso son el Coordinador de Logística, el Supervisor de Producción y el asistente de ingeniería y diseño, conjuntamente con sus aprobaciones, mi persona procedió con el diseño del nuevo formato de Solicitud de Trabajo interactuando con la información de las tres áreas. Finalmente, para la revisión de documentos se requiere la participación del Gerente General, y para una mejor interacción se propone una capacitación complementaria para el manejo del programa Microsoft Excel.

**Tabla 139**

*Costo de implementación del Poka Yoke*

PROPUESTA	ACTIVIDADES	CANT.	UND.	COSTO (S/.)	DETALLE
<b>POKA YOKE</b>	Aprobaciones en el diseño del nuevo formato de Solicitud de Trabajo	8	Hr.	S/ 394.21	
	Capacitación refuerzo Excel intermedio y avanzado con macros	2	Serv.	S/ 700.00	Ver Anexo N°25
	Revisión de documentos - Gerente General	1	Hr.	S/ 61.48	
	<b>COSTO TOTAL</b>			<b>S/1,094.21</b>	

Este nuevo formato para el requerimiento de materiales es de gran ayuda permitiendo que ahora de forma virtual se puedan observar las modificaciones y actualizaciones del estado del material a entregar.

La tabla anterior contempla todas las actividades necesarias para desarrollar la implementación del Poka Yoke, como resultado tenemos un costo total de **S/ 1,094.21**.

#### **5.1.9. Costos de Implementación de estandarización de inspección de calidad del proceso de granallado y pintado**

Es necesario información enfocada en controles de calidad para el proceso de granallado y pintado, dado que de aquí se partirá para proponer las especificaciones necesarias para cumplir con la correcta inspección de calidad.

En esta implementación se requiere la aprobación del supervisor de control de calidad y la colaboración del supervisor de producción. Incluyendo una capacitación externa complementaria de metrología y metrología dimensional para el manejo de equipos de control de calidad, dado que esta labor será realizará mayormente por el asistente de calidad.

**Tabla 140**

*Costo de implementación de estandarización de inspección de calidad*

PROPUESTA	ACTIVIDADES	CANT.	UND.	COSTO (S/.)	DETALLE
<b>ESTANDARIZACION DE LA INSPECCION DE CALIDAD DEL PROCESO DE GRANALLADO Y PINTADO</b>	Aprobaciones en el diseño del formato de inspección de preparación de superficie y aplicación de recubrimiento	8	Hr.	S/296.55	
	Metrología y metrología dimensional	20	Hr.	S/448.40	Para el manejo de equipos de calidad. Ver Anexo N°26
<b>COSTO TOTAL</b>				<b>S/744.95</b>	

*Nota.* Las horas consideradas para el cálculo del costo total de la actividad de aprobación son las del Supervisor de Control de Calidad.

El supervisor de control de calidad realizó el visto bueno para la creación de este formato que permita registrar los controles de calidad del proceso de granallado y pintado.

La tabla anterior contempla todas las actividades necesarias para desarrollar la implementación de estandarización de inspección de calidad, como resultado tenemos un costo total de **S/ 744.95**.

#### 5.1.10. Costo Total de la propuesta de mejora

A continuación, se presenta la suma total de todos los sub costos de implementación desarrollados en el punto anterior, en el siguiente cuadro resumen:

**Tabla 141**

*Costo Total de la propuesta de mejora*

DESCRIPCION	COSTO
MEJORA DEL PROCESO DE SOLDADURA	S/ 16,109.50
OPTIMIZACION DEL PROCESO DE CORTE	S/ 45,057.66
MEJORA DEL PLAN DE CORTE DE LAS PLACAS	S/ 3,781.27
OPTIMIZACION DEL PROCESO DE PINTADO	S/ 8,132.00
REDISTRIBUCION DE PLANTA	S/ 1,375.65
DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO MEJORADO	S/ 843.61
PLAN DE CAPACITACION	S/ 1,713.04
POKA YOKE	S/ 1,094.21
ESTANDARIZACION DE LA INSPECCION DE CALIDAD DEL PROCESO DE GRANALLADO Y PINTADO	S/ 744.95
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>S/ 78,851.90</b>

La inversión para la implementación de las mejoras no requerirá algún tipo de préstamo financiero. El costo total de implementación es igual a **S/ 78,851.90**.

## 5.2. Beneficios de la propuesta de mejora mediante indicadores

### 5.2.1. Estimación de mejora de indicadores

Con la información actual recopilada en esta investigación y el análisis realizado en las propuestas de mejora, se procede a mostrar la estimación de los indicadores del trabajo con la intención de exponer el beneficio que se lograría al implementar las mejoras sugeridas en la investigación.



**Tabla 142**

*Estimación de indicadores*

INDICADORES	SUB INDICADORES	FORMULA	MEDICION ACTUAL	ESTIMACIÓN DE MEJORA	INTERPRETACIÓN
COSTO DE OPERACIÓN	Costo de operación de corte	Costo H-M + Costo H-H	S/ 68.01	S/ 20.28	La implementación de la maquina cortadora CNC plasma, genera una disminución del costo de operación de corte a un S/ 20.28
	Costo de operación de pintado	Costo H-M + Costo H-H	S/ 38.15	S/ 15.24	La implementación de un equipo de pintar airless, genera la disminución del costo de operación de pintado a un S/ 15.24
	Costo de Soldadura	Costo H-M + Costo H-H + Costo de materiales aporte	S/ 28.39	S/ 16.47	La implementación de un nuevo proceso de soldadura, genera la disminución del costo de soldadura a un S/ 16.47.
PROCESO ESTANDARIZADO	Formato de calidad del proceso de	# Formato de calidad del proceso de granallado y pintado	0	1	La empresa no cuenta con este formato específicamente. La realización de esta

granallado y pintado				implementación se demuestra con el indicador “1” de su existencia.
Formato de requerimiento de materiales estandarizado	# Formato de requerimiento de materiales estandarizado	0	1	La empresa no cuenta con este formato específicamente. La realización de esta implementación se demuestra con el indicador “1” de su existencia.
	$\frac{\text{Numero de actividad de Operaciones}}{\text{Actividades Totales}} \times 100$	45.05%	36.04%	En la mejora del DAP, el número de actividades de operación se ve reducida a un 36.04%.
DAP (Numero de operaciones del proceso)	$\frac{\text{Numero de actividad de Transporte}}{\text{Actividades Totales}} \times 100$	21.62%	12.61%	En la mejora del DAP, el número de actividades de transporte se ve reducida a un 12.61%.
	$\frac{\text{Numero de actividad de Almac.}}{\text{Actividades Totales}} \times 100$	9.91%	9.01%	En la mejora del DAP, el número de actividades de almacenamiento se ve reducida a un 9.01%.

	Distancia recorrida	Cantidad de Metros Recorridos total	41042.50	21733.00	En la fabricación del tanque como objeto de estudio, se obtiene una reducción de la cantidad de metros recorridos a 21733.
	Mapa de riesgo y marcaje de piso	# Mapa de riesgo y marcaje de piso	0	1	Actualmente la planta 2 no cuenta con mapa de riesgo o marcaje de piso. Al realizar la mejora de la distribución de planta, es necesario realizar esta implementación, el indicador "1" indica existencia.
RRHH	Numero de personal capacitado	$\frac{\text{Capacitaciones Realizadas}}{\text{Total de Capacitaciones}} \times 100$	27%	100%	Se observa cierta cantidad de trabajadores sin capacitación, esto repercute negativamente en la empresa, la mayoría de los roles se sustenta únicamente en la experiencia

DISTRIBUCION DE CORTE PIEZAS	Porcentaje de desperdicio del plan de corte	$\frac{\text{Area desperdiciada en m}^2}{\text{Area Total}} \times 100$	40.06%	13.16%	La distribución de placas se hace de forma manual en AutoCAD, haciendo encajar piezas, provocando que el plan de corte no sea optimo, alcanzando un 40.06% de desperdicio.
TIEMPO DE OPERACIÓN	Tiempo de corte total	Tiempo total corte lineal + Tiempo total perforado	202.38	23.55	Con la implementación para la fabricación del tanque, el tiempo de corte total se reduce a 23.55 horas.
	Tiempo de pintado	Tiempo de pintado externo + Tiempo de pintado interno	17.95	2.38	Con la mejora de implementación para la fabricación del tanque, el tiempo de pintado se reduce a 2.38 horas.
TIEMPO DEL PROCESO	Tiempo total del proceso	Suma total de actividades del proceso (horas)	609.72	268.21	Dada las mejoras, el tiempo total de proceso de fabricación del tanque disminuyo a 268.21 horas.

SST	Índice de accidentabilidad	$\text{Índice de Accid.} = \frac{\text{Índice de Frec.} \times \text{Índice de Grav.}}{1000}$ 8.89	0.83	Este índice fue obtenido de forma anual con respecto a los accidentes y días perdidos en la empresa.
-----	-------------------------------	--	------	---



### 5.3. Análisis Beneficio Costo

Según la información obtenida de la empresa, se realizó la proyección de ventas de los próximos años, utilizando la regresión lineal debido al comportamiento de la empresa de estudio. Como resultado de esto, se elaboró un flujo de caja económico proyectado presentando los principales ingresos y egresos que se realizaron en los 4 años proyectado, incluyendo la inversión como costo.

**Tabla 143**

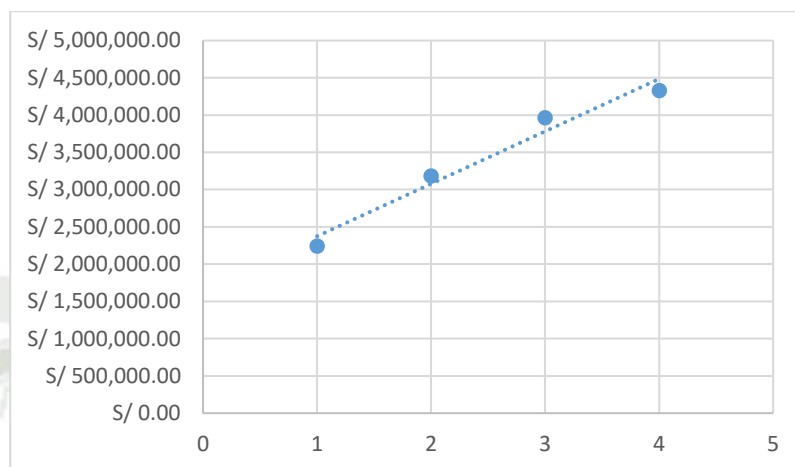
*Flujo histórico de la empresa*

	2019	2020	2021	2022
VENTAS NETAS	S/ 2,243,486.00	S/ 3,180,509.80	S/ 3,964,830.26	S/ 4,327,834.26
(-) COSTOS DE SERVICIOS	S/ 1,740,454.00	S/ 2,517,794.14	S/ 3,032,144.88	S/ 3,126,377.20
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>S/ 503,032.00</b>	<b>S/ 662,715.66</b>	<b>S/ 932,685.38</b>	<b>S/ 1,201,457.06</b>
(-) GASTOS DE VENTAS	S/ 151,858.00	S/ 248,406.14	S/ 311,098.99	S/ 364,476.72
(-) GASTOS ADMINISTRATIVOS	S/ 153,163.00	S/ 223,660.28	S/ 290,677.85	S/ 333,941.15
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>	<b>S/ 198,011.00</b>	<b>S/ 190,649.24</b>	<b>S/ 330,908.54</b>	<b>S/ 503,039.19</b>
Ingresos Financieros	S/ 4,066.00	S/ 7,852.00	S/ 10,215.93	S/ 33,776.79
(-) Gastos Financieros	S/ 15,299.00	S/ 44,884.16	S/ 69,835.76	S/ 155,171.89
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>S/ 186,778.00</b>	<b>S/ 153,617.08</b>	<b>S/ 271,288.71</b>	<b>S/ 381,644.09</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>S/ 186,778.00</b>	<b>S/ 153,617.08</b>	<b>S/ 271,288.71</b>	<b>S/ 381,644.09</b>
(-) Impuesto a la Renta	S/ 56,033.40	S/ 46,085.12	S/ 81,386.61	S/ 114,493.23
<b>UTILIDAD</b>	<b>S/ 130,744.60</b>	<b>S/ 107,531.96</b>	<b>S/ 189,902.10</b>	<b>S/ 267,150.86</b>

Primeramente, realizaremos un diagrama de dispersión entre la relación de ventas actuales y el tiempo, representándolo en la siguiente figura:

**Figura 99**

*Diagrama de dispersión que representa una relación lineal*



La línea recta trazada a través de cada uno de los cuatro puntos muestra una relación lineal. Por lo tanto, se usará el coeficiente de correlación de Pearson para indicar cuán asociadas se encuentran nuestras dos variables entre sí.

Se calcula el coeficiente de correlación de Pearson para la relación entre ventas actuales de los últimos 4 años (2019-2022) y el tiempo, dando un resultado de:

<b>COEFICIENTE DE CORRELACION</b>	0.983077867
-----------------------------------	-------------

Existiendo una correlación positiva, de 0.9830, se considerará una regresión lineal para la estimación en cuanto a la proyección de ventas.

Partiendo de esto, se realiza el coeficiente de correlación de Pearson para las ventas y los costos, dando un resultado de:

<b>COEFICIENTE DE CORRELACION</b>	0.99435772
-----------------------------------	------------

Cabe mencionar que la empresa comercializa variedad de productos, entonces sus ingresos anuales también provienen genéricamente de la venta de otros productos en acero, caucho o poliuretano. Por eso la propuesta no solo está enfocada en la mejora de los procesos del tanque, sino también en la optimización del proceso productivo de la empresa en sí, por ello puntos atrás se calcularon los ahorros anuales.

**Tabla 144**

*Flujo de caja económico*

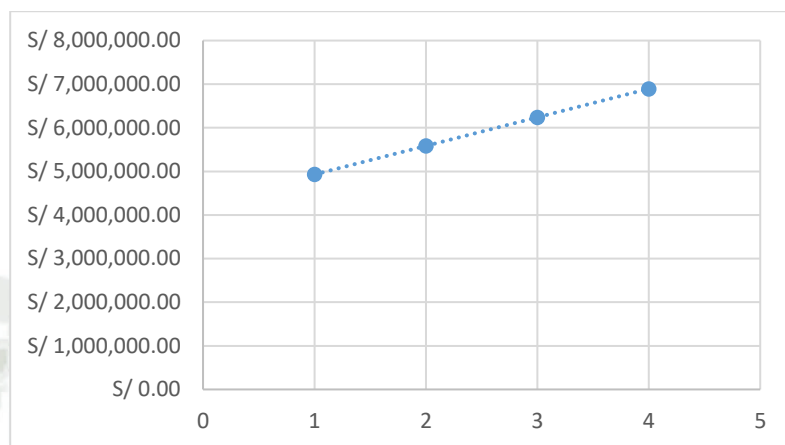
FLUJO DE CAJA ANUAL PROYECTADO						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	TOTAL
<b>TOTAL INGRESOS</b>		S/ 4,929,232.00	S/ 5,584,104.00	S/ 6,238,976.00	S/ 6,893,848.00	S/23,646,160
INGRESOS POR VENTAS		S/ 4,929,232.00	S/ 5,584,104.00	S/ 6,238,976.00	S/ 6,893,848.00	
<b>TOTAL EGRESOS</b>		S/ 4,593,158.01	S/ 5,184,807.81	S/ 5,776,457.61	S/ 6,377,825.61	S/21,932,249
COSTOS VARIABLES		S/ 3,650,998.00	S/ 4,092,831.00	S/ 4,534,664.00	S/ 4,976,497.00	
COSTOS FIJOS		S/ 851,921.00	S/ 985,473.00	S/ 1,119,025.00	S/ 1,252,577.00	
IMPUESTOS		S/ 90,239.01	S/ 106,503.81	S/ 122,768.61	S/ 148,751.61	
<b>INVERSION</b>	<b>-S/ 78,851.90</b>					
<b>FLUJO DE CAJA</b>		<b>S/ 336,073.99</b>	<b>S/ 399,296.19</b>	<b>S/ 462,518.39</b>	<b>S/ 516,022.39</b>	
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>-S/ 78,851.90</b>	<b>S/ 257,222.09</b>	<b>S/ 656,518.28</b>	<b>S/ 1,119,036.67</b>	<b>S/ 1,635,059.06</b>	

Ahora, obtenemos el coeficiente de correlación para nuestra proyección:

<b>COEFICIENTE DE CORRELACION</b>	1.0000000
-----------------------------------	-----------

**Figura 100**

*Diagrama de dispersión que representa una relación lineal*



Según el flujo de caja obtenido, la validación económica se realiza de acuerdo a los criterios relevantes de la inversión. Dado esto, el flujo en el primer año es positivo, por ello se mostrarán los siguientes indicadores que nos ayudara a determinar si es viable la propuesta.

**Tabla 145**

*Resumen de indicadores económicos*

<b>VAN</b>	S/ 1,054,291.19
<b>B/C</b>	1.08

La TMAR utilizada fue del 17.41%, el cual se halló según el porcentaje de inflación, riesgo país, tasa de libre riesgo y el rendimiento promedio del sistema bancario. Producto de esto hallamos el VAN con un total de S/ 1,054,291.19, y el B/C con un valor de 1.08, lo que indica que los ingresos superan a los costos, por lo tanto, es recomendable realizar la propuesta de mejora, ya que se observa un flujo de caja positivo y que la inversión se recuperara en el primer año dando lugar a la viabilidad de la implementación.

Como el resultado del B/C es mayor que 1, significa que beneficios esperados superan los costos, sugiriendo que el proyecto es potencialmente rentable y puede generar un retorno positivo.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Se elaboró la propuesta de mejora del proceso de fabricación de tanques de almacenamiento vertical empernado, en la cual se optimizó eficientemente los procesos de corte, soldadura y pintado y otros.

**SEGUNDA:** Se analizó el proceso actual de fabricación de los tanques de almacenamiento empernado, empleando técnicas de observación y mediante entrevistas, se efectuó el estudio de tiempos de los procesos que nos sirvió para ejecutar el cálculo de costos de operación, así mismo obteniendo una reducción de los tiempos de producción. Además del uso de otras herramientas como el diagrama de análisis del proceso para contabilizar la cantidad de actividades involucradas; el diagrama de recorrido que nos permitió identificar oportunidades para reducir distancias recorridas y minimizar tiempos de desplazamiento proponiendo nuevas distribuciones de áreas así contribuyendo al diseño eficiente de espacios de trabajo.

**TERCERA:** Mediante el análisis del estudio se lograron identificar los problemas y sus causas que repercuten en la fabricación del tanque y asimismo en los procesos de la empresa. Utilizando el diagrama de Ishikawa y la matriz de Vester, se priorizaron los problemas según su grado de causalidad para determinar su posible alternativa de solución. Identificando 9 factores: Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado, retraso en el proceso de soldadura actual, plan de corte no óptimo, datos del proceso desactualizado, errores en la entrega de materiales, capacitación insuficiente del personal, inexistencia de formatos de inspección de calidad, distribución ineficiente de las áreas.

**CUARTA:** Se planteó la propuesta de mejora para la optimización de procesos que involucra la mejora de los tiempos de operación de corte y pintado, mejora del proceso de soldadura, mejora del plan de corte de placas mediante la utilización de un software especializado, redistribución de áreas, mejora del diagrama de análisis del proceso de estudio, plan de

capacitación para mejorar las habilidades y conocimientos de los trabajadores, implementación del Poka Yoke mediante la creación de un formato para el requerimiento de materiales, y estandarización de la inspección de calidad del proceso de granallado y pintado.

**QUINTA:** Se calculo los costos de implementación de cada una de las propuestas para la elaboración y el análisis del beneficio costo, el costo total de implementación asciende a un monto de S/ 78,851.90 el cual será ejecutado en el lapso de un año.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Como inicio de recomendación, se sugiere que en todo trabajo de investigación se sepan sobre el uso de las herramientas del lean manufacturing para mejorar la eficiencia operativa, eliminando desperdicios y optimizando procesos de producción.

**SEGUNDA:** Se recomienda realizar un correcto análisis del proceso objeto de estudio ya que nos proporcionara una comprensión más profunda de la información disponible, permitiendo tomar decisiones informadas.

**TERCERA:** Es importante saber identificar la causa de los problemas que acontece en el estudio, por lo tanto, se aconseja poseer una perspectiva general para poder analizar y comprender las causas y el problema principal de la investigación.

**CUARTA:** Se sugiere a la empresa llevar a cabo un monitoreo adecuado de la propuesta de implementaciones una vez ejecutada, de esta forma le permitirá a la empresa identificar los cambios que puedan acontecer, usando en su medida los indicadores propuestos u otros nuevos, con el fin de evitar pérdidas económicas. Y a su vez estar a la vanguardia sobre la tecnología e innovación.

**QUINTA:** Los trabajadores deben estar siempre activos en una empresa, permitiéndoles su participación en las mejoras planteadas y sugerencias. Así contribuimos el crecimiento de conocimientos y habilidades tanto de la parte empleadora como la parte trabajadora.

## REFERENCIAS

- American Petroleum Institute. (2020). *Tanques Soldados para Almacenamiento de Petroleo*. Washington, DC: American Petroleum Institute.
- Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co. (2023). *Rbqlty-Gantry plasma and flame cutting machine*. Anhui.
- Aranda, P. (2011). *Diseño de tanques de acero soldado apoyado sobre el suelo para almacenamiento de hidrocarburos*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Association American Water Works. (1998). *Tanques depósitos atornillados recubiertos en fábrica para almacenamiento de agua*. Denver, Colorado: Instituto Americano de Normas Nacionales.
- Ch Retail. (2023). *Pulverizador sin aire MOD EP450ITX*. Lima: CH Retail.
- Construsoft. (14 de Agosto de 2023). *Construsoft*. Obtenido de Construsoft: <https://www.construsoft.es/platform/curso/?curso=optimizacion-de-flujos-bim>
- De la Cadena, C., & Larrea, P. (2012). *Diseño de un Tanque de Almacenamiento de petroleo tipo techo flotante de 100.000 barriles de capacidad para la empresa Tesca Ingenieria del Ecuador*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Estelles-Miguel, S., Palmer-Gato, M. E., Albarracín-Guillem, J. M., & Andrés-Romano, C. (15 de Junio de 2012). Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo. *Dirección y Organización*. Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de <https://revistadyo.es/DyO/index.php/dyo>
- Evans, J., & Lindsay, W. (2015). *Administracion y Control de Calidad*. (I. Arciniega Torres, G. Olguín Sarmiento, Edits., J. Velázquez Arellano, & J. Nuñez Herrejón, Trans.) Mexico, Mexico: Cengage Learning Editores.
- Federacion de Enseñanza de CC.OO. (6 de Enero de 2010). Proceso de Soldadura. *Temas para la educacion*. Obtenido de <https://fe.ccoo.es/>
- Groover. (2007). *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mc Graw Hill.
- Grupo Acura. (16 de Abril de 2021). *Grupo Acura*. Obtenido de Grupo Acura: <https://grupoacura.com/blog/soluciones-y-tecnologia/tanques-de-almacenamiento/>
- Hansen, D. R., Mowen, & Maryanne. (2007). *Administracion de costos*. (T. Eliosa, Ed., & E. M. Jasso, Trad.) Mexico: Cengage Learning Editores, S.A.
- Hernandez, J., & Vizán, A. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implatacion*. Madrid: Escuela de Organizacion Industrial.
- Horngren, C., Datar, S., & Madhav, R. (2012). *Contabilidad de Costos*. (G. Dominguez, Ed., & J. Gomez, Trad.) Mexico: Pearson Eduacion.
- Hypertherm. (2009). *Sistema para cortar y ranurar de arco por plasma*. USA: Hypertherm, Inc. Obtenido de [www.hypertherm.com/registration](http://www.hypertherm.com/registration)


- Ibarra, V. M., & Ballesteros, L. L. (2017). *Manufactura Esbelta*. (I. T. Aguascalientes, Ed.) Mexico: Conciencia Tecnologica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94453640004>
- Ingeniería y Construcción. (22 de Abril de 2020). *HLC Ingeniería y Construcción*. Obtenido de HLC Ingeniería y Construcción: <https://www.hlcsac.com/noticias/cual-es-el-procedimiento-de-montaje-de-tanques-de-almacenamiento/>
- Jara, M. (2012). *Propuesta de estudio para mejorar los procesos productivos en la seccion metal mecanica, fabrica INDUGLOB*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana.
- Jibaja, F. E. (2006). *Estudio para el diseño y construccion de tanques de almacenamiento*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnologica Equinoccial.
- Lincoln. (2022). Obtenido de [https://www.lincolnelectric.com/es-MX/Products/ultracore71a85\\_fcawg?diameter=0.052%2BIN&package=33%2BLB%2BSPOOL](https://www.lincolnelectric.com/es-MX/Products/ultracore71a85_fcawg?diameter=0.052%2BIN&package=33%2BLB%2BSPOOL)
- Lincoln Electric. (2021). *Costos en Soldadura*. Lincoln Electric. Lincoln Electric. Obtenido de [www.lincolnelectric.eu](http://www.lincolnelectric.eu)
- Mercado Libre. (18 de Agosto de 2023). Obtenido de Mercado Libre: [https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-445730045-compresor-industrial-trifasico-\\_JM#position=15&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=0fad418e-0fe1-47a2-ba47-56d92779e8b9](https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-445730045-compresor-industrial-trifasico-_JM#position=15&search_layout=stack&type=item&tracking_id=0fad418e-0fe1-47a2-ba47-56d92779e8b9)
- Meyers, F. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura agil*. (G. Sanchez Garcia, Trad.) Mexico, Mexico: Pearson Educación.
- Mgreenbelt Company. (25 de Diciembre de 2021). *Jinan Mgreenbelt Machinery Co., Ltd.* Obtenido de <http://m.th.mgreenbeltwaterchiller.com/industrial-chiller/industrial-chiller.html>
- Ministerio del Trabajo y Promoción del Empleo. (2015). Presentación General del Reglamento de la Ley N° 29783 sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. *Trabajo*, 2-20.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. (C. R. Cordero Pedraza, & J. E. Murrieta Murrieta, Trans.) Mexico: McGRAW-HILL.
- Norma Tecnica Peruana. (2015). *Señales de Seguridad. Colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad*. Lima: INDECOPI.
- Oiltanking. (1 de Abril de 2017). *API 650 - Código de diseño para tanques atmosféricos de almacenamiento sobre la superficie*. Obtenido de Oiltanking - Home: <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/api-650-codigo-de-diseno-para-tanques-atmosfericos-de-almacenamiento-sobre-la-superficie.html>
- PROMART. (01 de Julio de 2023). *PROMART*. Obtenido de PROMART: <https://www.promart.pe/>
- RAF Import & Export - Chile. (30 de Diciembre de 2021). *Rafimport*. Obtenido de Rafimport: <http://rafimport.cl/mandrinadoras%20nuevas.html>

- Shenzhen Integrity Industry Co., Ltd. (25 de Diciembre de 2021). *Alibaba*. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/z5040c-1-portable-magnetic-drill-press-multi-spindle-rail-column-drilling-machine-1600204190115.html>
- Socconini, L. (2008). *Lean Manufacturing paso a paso*. Mexico: Norma Ediciones, S.A de C.V.
- Superior Tank Company INC. (Marzo de 2017). *Superior Tank Co., Inc.* Obtenido de Superior Tank Co., Inc.: <https://superiortank.mx/tanques-atornillados-de-acero-economica-proteccion-contra-incendios/>
- The Society for Protective Coatings. (15 de Julio de 2017). SURFACE PREPARATION COMMENTARY for Metal Substrates. *SSPC-SP COM*, 19-20.
- Tuberia Moreno. (2015). *Tuberia Moreno*. Obtenido de Tuberia Moreno: <https://www.tuberiamoreno.com/productos/especialidades/tanques-atornillados>
- Vargas-Hernández, J., Muratalla-Bautista, G., & Jiménez-Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(17), 153-174. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215049679011>
- Weld Daf. (2023). *XTREME 500 Profesional CC/CV Maquina de Soldar Multiprocesos*. Lima: Grupo Soldamundo.
- World Pc & Services. (20 de Noviembre de 2023). Obtenido de Corte: <https://www.corteoptimo.com/2-ninguna/155-comprar-c7p>
- Yuridia. (2010). *PLAREMESA® S DE RL DE CV*. Obtenido de PLAREMESA® S DE RL DE CV: <https://www.plaremesa.net/tanques-verticales/>

# ANEXOS

## Anexo N°1

### Ficha técnica de Macropoxy 851



**Protective  
&  
Marine  
Coatings**

# MACROPOXY® 851

## EPÓXICO AUTOIMPRIMANTE DE ALTOS SÓLIDOS

Rev.: Dic 2019

### INFORMACION DEL PRODUCTO

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

MACROPOXY 851 EPÓXICO AUTOIMPRIMANTE DE ALTOS SÓLIDOS, alto espesor, rápido secado, 100% epoxy poliamina amida modificada diseñado para la protección de acero y concreto en exposición a ambientes industriales. Ideal para aplicaciones de pintado de mantenimiento y maestranzas. Su alto contenido de sólidos asegura una adecuada protección de cantos, esquinas y soldaduras. Este producto puede ser aplicado directamente sobre superficies de acero marginalmente preparadas.

- Bajo VOC
- Bajo olor
- Alta resistencia química
- Alta resistencia a la abrasión

**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

**Terminación:** Satin  
**Color:** Amplio variedad de colores  
**Sólidos por volumen:** 85 ± 2%, mezclado (Blanco)  
**Sólidos por peso:** 93 ± 2%, mezclado (Blanco)  
**VOC (Met. EPA 24):** No diluido: 125 g/lit  
**Proporción Mezcla:** 1 : 1 en volumen

Espesor Recomendado por Capa*:	Min.	Máx.
Húmedo mils (micras):	6.0 (152)	12 (304)
Seco mils (micras):	5.0* (125)	10* (254)
Rend. Teórico m <sup>2</sup> /gl (pie <sup>2</sup> /gl)	25.5 (274)	7.1 (76.3)
Rend. Teórico m <sup>2</sup> /gl (pie <sup>2</sup> /gl) (m <sup>2</sup> /lit)	127 (1366)	

@ 1 mils/25 micras eps

Puede ser aplicado entre 5.0 y 10.0 mils (125 y 254 micras) eps en condición atmosférica. Refiérase a recomendación de sistemas (pag. 2). Vea también la sección Recomendaciones de rendimiento

Nota: La aplicación con brocha o rodillo puede requerir capas múltiples para lograr el máximo espesor de película y apariencia uniforme

(\*) Ver recomendaciones de sistemas

**Tiempos de Secado @ 7.0 mils húmedos (175 micras) 50% HR**

	4°C/39.2°F	25°C/77°F	38°C/100°F
<b>Al Tacto:</b>	15 hrs.	1 hora	20 min.
<b>Manipulación:</b>	30 hrs.	4 hrs.	1 hora
<b>Repintado:</b>			
mínimo:	30 hrs.	4 hrs.	1 hora
máximo:	3 meses	3 meses	3 meses
<b>Curado Final:</b>			
Servicio Atmosférico:	7 días	6 días	1 hora
Inmersión:	14 días	7 días	4 días

Si el tiempo máximo de repintado es sobrepasado, lijar la superficie antes de repintar. Los tiempos de secado dependen de la temperatura, humedad y espesor de película.

**Vida útil de la mezcla:** 6 hrs. 4 hrs. 2 hrs.  
**Tiempo de Inducción:** 20 min. 15 min. 10 min.

**Almacenamiento:** 12 meses, sin abrir. Bodegas cerradas con temperaturas entre 4.5°C (40°F) y 43°C (110°F).

**Diluyente/Limpieza:** P 33 NC

**USOS RECOMENDADOS**

Para uso sobre acero y concreto preparado en exposición a ambientes industriales como:

- Aplicaciones marinas
- Refinerías
- Plantas químicas
- Plantas de celulosa
- Exterior de estanques
- Fabricación en maestranzas
- Generadoras eléctricas
- Plantas de tratamiento de aguas
- Plataformas Off-shore
- Plantas de Centrales Nucleares

Colores Blanco y Negro son aceptables para inmersión en agua y agua salada. Otros colores no son recomendados para uso en agua potable

**COMPORTAMIENTO**

**Sustrato:** Acero  
**Preparación de Superficie:** SSPC-SP10/NACE 2  
**Sistema ensayado:**  
 \* 1 capa Macropoxy 851 @ 6.0 mils (150 micras) eps.  
 \* Salvo se indique lo contrario más abajo.

Ensayo	Norma	Resultados
<b>Resistencia a la abrasión</b>	ASTM D4060 rueda CS17, 1000 ciclos, carga 1 kg.	57 mg perdida
<b>Adherencia</b>	ASTM D4541	60 kg/cm <sup>2</sup> / 852 psi
<b>Resistencia al impacto</b>	ASTM G14	Directo 50 in.lb Indirecto 23 in. lb
<b>Resistencia al calor seco</b>	ASTM D2485	250°F (121°C)
<b>Duración Exterior</b>	1 año 45° Sur	Excelente, atizado
<b>Flexibilidad</b>	ASTM D522, doblado 180°, mandril 3/4"	pasa
<b>Dureza lápiz</b>	ASTM D3363	8 H
<b>Resistencia niebla salina<sup>a</sup></b>	ASTM B117, 2,000 hrs	Grado 10 ASTM D610 para oxidación; Grado 10 ASTM D1654 para corrosión.
<b>Resistencia niebla salina<sup>a</sup></b>	ASTM B117, 7,000 hrs	Gado 9 ASTM D1654 para corrosión

Las pinturas epóxicas pueden oscurecer o decolorar después de la aplicación y curado.  
 \*Refiérase a la certificación  
 Nota al pie:  
 Zinc Clad II  
 Macropoxy 851

www.sherwin.com

Anexo N°2

Ficha técnica de Sumatane HS



Protective  
&  
Marine  
Coatings

**SUMATANE HS®**  
ESMALTE POLIURETANO

Rev.: Dic 2019

**INFORMACIÓN DEL PRODUCTO**

**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO**

SUMATANE HS es un recubrimiento poliuretánico acrílico alifático, bicomponente. Es una pintura de alto contenido de sólidos y bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (VOC), que proporciona bajo costo por m<sup>2</sup> y puede ser aplicada en espesores de 50 a 90 micrones sin problemas de cobertura o descuelgue.

Tiene excelente resistencia en exteriores. Proporciona retención de color y brillo por períodos de tiempo mucho mayores que los poliuretanos alifáticos convencionales.

Posee excelente flexibilidad y dureza para resistir las más severas condiciones de trabajo. Es fácilmente aplicable por pulverización, tiene óptima resistencia al descuelgue y proporciona una excelente apariencia final.

**CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO**

**Terminación:** Brillante  
**Colores:** Blanco y otros colores  
**Sólidos por Peso:** 80% ± 2%, mezclado  
**Sólidos por Volumen:** 70% ± 2%, mezclado  
**VOC (Método EPA 24):** 266 g/L  
**Proporción Mezcla:** 4.5 A : 1 B en Volumen

**Espesor Recomendado por capa\*:**

	Min	Max
Mils húmedos (micrones)	2.9 (72)	5.0 (125)
Mils secos (micrones)	2.0 (50)	3.5 (90)
Rend. m <sup>2</sup> /gal (pie <sup>2</sup> /gal)	53 (570)	29.4 (316)
Rendimiento teórico m <sup>2</sup> /gal (sq ft/gal)	106 (1140)	

@ 1 mil/25 micras

\*Importante: El rendimiento teórico es calculado sobre la base de los sólidos por volumen y no incluye pérdidas debidas a la rugosidad o porosidad de la superficie, geometría de los elementos, métodos de aplicación, técnica del aplicador, irregularidades de superficies, pérdidas de material durante la preparación, dilución en exceso, condiciones climáticas y espesores excesivos de la película aplicada

**Tiempos de Secado @ 5 mils húmedos @ 50% HR**

	@ 5°C (41°F)	@ 25°C (77°F)	@ 32°C (90°F)
Tacto	1 hora	45 min	35 min
Manipulación:	20 horas	5.5 horas	2.5 horas
Repintado:			
mínimo:	12 horas	8 horas	6 horas
máximo:	36 horas	v24 horas	16 horas
Curado total:	4 días	3 días	2 días

Los tiempos de secado están basados en condiciones normales de aplicación, temperatura, espesor de película y dilución. Cuando alguno de estos factores sufre algún cambio, se deben tomar medidas específicas. Cuando es necesario aplicar una segunda capa o bien aplicar la capa siguiente del esquema de pintado, observar los tiempos de secado indicado. Si el tiempo máximo de repintado es sobrepasado, limpiar la superficie antes de repintar. Los tiempos de secado son dependientes de la temperatura, humedad y espesor de la película de pintura aplicada.

**Vida útil de la Mezcla:** 3.5 hrs @ 25°C, a mayor temperatura se reduce la vida útil de la mezcla

**Almacenamiento:** **Comp. A:** 36 meses  
**Comp. B:** 12 meses  
Envase sin abrir. En recinto seco y ventilado con temperatura entre 10°C (50°F) y 40°C (104°F).  
**Diluyente:** Máximo 25% Vol. P20 NC  
**Limpieza:** P20 NC

**USOS RECOMENDADOS**

Aplicación en superficies pintadas con primer o capas intermedias epóxicas, en:

- Estructuras
- Parte externa de tanques
- Parte externa de cañerías
- Embarcaciones portuarias
- Pasamanos
- Otros equipamientos

No recomendado para servicios de inmersión.

**COMPORTAMIENTO**

**Sustrato:** Acero

**Preparación de Superficie:** SSPC-SP10/NACE 2

**Sistema Probado:**

1 capa Macropoxy 646 a 6 mils (150 micras) eps.

1 capa Sumatane HS color a 2 mils (50 micras) eps.

Ensayo	Norma	Resultados
Flexibilidad <sup>1</sup>	ASTM D522, doblado 180°, mandril 1/8"	Pasa
Adherencia	ASTM D4541	80 kg/cm <sup>2</sup> (1137 psi)
Dureza lápiz <sup>1</sup>	ASTM D3363	3H
Resistencia al calor seco	ASTM D2485	70 °C Continuo 90 °C Esporádico
Resistencia al Impacto Directo <sup>1</sup>	ASTM 2794	26 in.lb
Resistencia Niebla Salina <sup>2</sup>	ASTM B117, 2000 hrs.	Grado 10 ASTM D610 para oxidación; Grado 10 ASTM D1654 para corrosión
EIS	No aplica	1.47 x 10 <sup>8</sup> Ω cm <sup>2</sup>

**Notas al pie:**

<sup>1</sup> Solo testeado como capa de terminación

<sup>2</sup> Primer Iponzinc 331-250

Intermedio Macropoxy 851

Terminación Sumatane HS

Anexo N°3

Tarifario de transporte



TARIFARIO OFICIAL - EXTEMIN 2019

SERVICIOS DE ADUANA

Servicio	Importación Definitiva	Admisión Temporal	Reexportación
Comisión Mínima de Aduana	\$ 220.00	\$ 220.00	\$ 220.00
Comisión Porcentual	0.35%	0.35%	
Gastos Operativos	\$ 75.00	\$ 75.00	\$ 75.00
Aforo Previo / Aforo Físico	\$ 75.00	\$ 75.00	\$ 75.00
Transmisión	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 50.00

TRANSPORTE TERRESTRE LIMA - AREQUIPA (RECOJOS)

Servicio	Unidad	Rango de Pesos (Kg)		Tarifa (USD)
Servicio de Recojo	Furgon	1	100	\$ 100.00
Servicio de Recojo	Furgon	101	300	\$ 110.00
Servicio de Recojo	Furgon	301	500	\$ 120.00
Servicio de Recojo	Furgon	501	1,000	\$ 140.00
Servicio de Recojo	Furgon	1,001	2,000	\$ 160.00
Servicio de Recojo	Furgon	2,001	5,000	\$ 190.00
Servicio de Recojo	Plataforma 12 m.	5,001	25,000	\$ 300.00

TRANSPORTE TERRESTRE NACIONAL

Servicio	Servicio	Equipo	Tarifa (USD)
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Container 20ST-40ST, HC	\$ 2,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Plataforma 13 m	\$ 2,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Cama Baja 35 TM	\$ 3,800.00
Transporte Lima-Arequipa (cajas)	Consolidada	Por TM o PESO VOLUMETRICO	\$ 170.00
Transporte Lima-Arequipa (máquinas)	Consolidada	Por TM o PESO VOLUMETRICO	\$ 250.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 1.5 TM - 10 m3	\$ 1,800.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 5 TM - 25 m3	\$ 2,000.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 10 TM - 40 m3	\$ 2,200.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 15 TM - 50 m3	\$ 2,500.00
Transporte Lima-Arequipa	Exclusivo	Furgon 28 TM - 75 m3	\$ 2,800.00
Cuadrilla para estiba	Exclusivo	Plataforma, Furgones	\$ 125.00
Resguardo en cabina (armado)	Exclusivo	Por día - Por efectivo	\$ 180.00
Resguardo en unidad móvil	Exclusivo	Por día - Por efectivo	\$ 300.00

SERVICIOS EN FERIA

Servicio	Unidad de Medida	Tarifa (USD)
Carretas hasta 100 Kg	Por hora-fracción o movimiento	\$ 10.00
Stocka hasta 2 TM	Por hora-fracción o movimiento	\$ 50.00
Montacargas de 3 TM	Por hora-fracción o movimiento	\$ 75.00
Montacargas de 5 TM	Por hora-fracción o movimiento	\$ 100.00
Montacargas de 10 TM (Min. 2 hrs)	Por hora-fracción o movimiento	\$ 120.00

Gruas 20TM (Min. 3 hrs)	Por hora-fracción o movimiento	\$ 180.00
Gruas 30 TM (Min. 3 hrs)	Por hora-fracción o movimiento	\$ 350.00
Estiba/Desestiba	Por hora-fracción o movimiento	\$ 30.00
Estiba/Desestiba con herramientas	Por hora-fracción o movimiento	\$ 35.00
Operador de maquinarias certificado	Por hora-fracción o movimiento	\$ 150.00

**SERVICIO DE ALMACENAJE DEPOSITO SIMPLE**

Servicio	Unidad de Medida	Tarifa (USD)
Almacenamiento material P.O.P (1)	Por dia - Por m2. Min. \$80.00	\$ 40.00
Almacén simple	Por dia - Por m2. Min. \$140.00	\$ 70.00
Almacén de embalaje (2)	Todo el evento	Libre

(1) El servicio incluye reparto dentro del recinto ferial.

(2) Solo se cobrará el servicio de disposición del embalaje y su posterior re-embalaje

**SERVICIO DE ALMACENAJE DEPOSITO ADUANERO**

Servicio	Unidad de Medida	Tarifa (USD)
Almacenamiento zona primaria	Por dia	\$ 195.00
Estiba-desestiba en almacén aduanero	Por DAM	\$ 75.00
Aforo físico en almacén aduanero	Por DAM	\$ 110.00

**Transporte de Carga Internacional**

- \* BL directos deberán ser consignados a IPH AGENCIA DE CARGA SAC.
- \* El transporte de carga internacional se cotizará caso por caso.
- \* En el caso de emplear paletas o cajas de madera, estas deberán cumplir con las regulaciones NIMF #15.
- \* La carga deberá arribar a Lima/Callao con un tiempo de anticipación prudente al evento.
- \* Para embarques marítimos, solicitar release de originales en destino.

**Agenciamiento de Aduana**

- \* Es necesario la factura comercial y packing list definitivos
- \* Las importaciones definitivas y temporales deberán ser enviadas por separado. Cada envío bajo un HBL diferente.
- \* Toda la carga consignada en la factura comercial deberá ser re-exportada.
- \* Es necesario los datos de marca, modelo, país de origen, estatus (nuevo o usado) por cada ítem.
- \* En el caso que la carga no sea re-exportada, se deberá pagar derechos y tributos según las regulaciones peruanas.

**Transporte Terrestre**

- \* El precio de transporte no incluye la carga/descarga.
- \* El costo del transporte local y consolidado no incluye seguro de la carga.
- \* Nuestra empresa cuenta con pólizas vehiculares - póliza de responsabilidad civil. IPH TRANSPORTES SAC cuenta con una Póliza de mercancías de Rimac Seguros, para el transporte por un monto de \$ 1 000 000.; Para realizar el transporte, el cliente tendrá vigente una póliza de todo riesgo que deberá cubrir el transporte del producto, incluyendo la carga y la descarga de la misma, dicho seguro deberá amparar a IPH TRANSPORTES SAC y sus subcontratistas como co-asegurados adicionales. Nuestra empresa requiere que ustedes nos envíen la copia de la póliza de seguros contratada.
- \* El servicio de transporte no incluye reforzamiento, apuntalamiento de puentes, mejoramiento de la vía (Para el servicio no requiere apuntalamiento, reforzamiento de puentes).
- \* Monitoreo GPS durante todo el trayecto.
- \* Todas las unidades de IPH cuentan con comunicación vía telefónica.
- \* Conductores habilitados según perfil del cliente.
- \* En caso el cliente solicite el transporte y posteriormente cancela el servicio luego que la unidad ya ha llegado al almacén del cliente o terminal de almacenamiento a cargar, se aplicará el 50% de la tarifa establecida inicialmente.

**Términos y Condiciones Generales**

- \* Todos los ítems no incluyen IVA/VAT 18%.
- \* Todas las tarifas están expresadas en Dólares Americanos (USD)

**Anexo N°4**

*Análisis de los 5 Porque*

FACTORES	ALTERNATIVAS DE SOLUCION	1° ¿POR QUÉ?	2° ¿POR QUÉ?	3° ¿POR QUÉ?	4° ¿POR QUÉ?	5° ¿POR QUÉ?
Utilización de máquinas poco ágiles para el proceso de corte y pintado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora de mantenimiento de los equipos mediante TPM</li> <li>- Optimización del proceso de corte y pintado</li> <li>- Tercerizar el proceso de mantenimiento</li> <li>- Plan de capacitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permitirá una mayor disponibilidad de los equipos sin averías.</li> <li>- Porque permite reducir el desperdicio de materiales.</li> <li>- Porque suelen tener mayor experiencia ofreciendo servicios a costos menores.</li> <li>- Porque mejoras las habilidades de los empleados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque contribuye a una mayor eficiencia en la producción.</li> <li>- Porque se obtendrán resultados más consistentes y de mayor calidad.</li> <li>- Porque de esta manera la empresa podrá concentrarse en sus actividades centrales.</li> <li>- Porque aumenta la productividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque promueve practicas seguras en el lugar de trabajo.</li> <li>- Porque conlleva a una disminución de costos operativos.</li> <li>- Porque cuenta con personal altamente capacitado.</li> <li>- Porque poseen mayor disponibilidad y tiempo de respuesta.</li> <li>- Porque genera mayor retención de empleados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque contribuye a una mayor consistencia en la calidad de los productos</li> <li>- Porque permite un control más preciso en los procesos de corte y pintado.</li> <li>- Porque poseen equipos con tecnología de vanguardia.</li> <li>- Porque permite a la organización adaptarse al cambio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque fomenta la responsabilidad y el trabajo en equipo.</li> <li>- Porque se cumplirán los plazos de entrega más rápidamente.</li> <li>- Porque mejora la gestión de activos, prolongando su vida útil.</li> <li>- Porque así los empleados podrán estar más comprometidos con su trabajo con mayor satisfacción laboral.</li> </ul>
Errores en la entrega de materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la comunicación con el área logística.</li> <li>- Aplicación del Poka Yoke.</li> <li>- Actualizar el ERP logístico para controlar el stock de materiales.</li> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Automatización con un toque humano (Jidoka)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permitirá una mejor coordinación de las actividades logísticas.</li> <li>- Porque ayuda de prevenir y detectar errores.</li> <li>- Porque mejora la precisión del control de inventario.</li> <li>- Porque mejoras las habilidades de los empleados.</li> <li>- Porque permite que las maquinas detecten problemas de calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se podrán resolver problemas logísticos de forma más rápida.</li> <li>- Porque mejora la calidad de los productos.</li> <li>- Porque ayuda a la empresa a utilizar de forma más eficiente sus recursos.</li> <li>- Porque aumenta la productividad</li> <li>- Porque se evitará la generación de productos defectuosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque proporciona una mayor visibilidad de la cadena de suministro.</li> <li>- Porque genera que los procesos sean más eficientes.</li> <li>- Porque proporciona una visión más clara de los niveles de inventario.</li> <li>- Porque genera mayor retención de empleados</li> <li>- Porque resolverá problemas de forma rápida y efectiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque mejorando la comunicación se podrá tener un mejor servicio al cliente.</li> <li>- Porque se ahorra tiempos y recursos.</li> <li>- Porque permite la automatización de procesos.</li> <li>- Porque permite a la organización adaptarse al cambio.</li> <li>- Porque la automatización con toque humano brinda oportunidad de desarrollar habilidades</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque reducirá la posibilidad de errores.</li> <li>- Porque al prevenir errores se puede aumentar la seguridad en entornos de trabajo al reducir la posibilidad de accidentes.</li> <li>- Porque ofrece análisis de datos avanzados.</li> <li>- Porque así los empleados podrán estar más comprometidos con su trabajo con mayor satisfacción laboral.</li> <li>- Mejora la calidad en el producto.</li> </ul>

<p>Plan de corte no optimo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Importar placas de acero de mayor dimensión y formato.</li> <li>- Implementación de un formato físico para el diseño manual de la distribución de las piezas.</li> <li>- Adquirir software especializado que optimice la utilización del acero y reduzca la merma de corte.</li> <li>- Reutilización y aprovechamiento de materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se desarrollarán las habilidades de los trabajadores.</li> <li>- Porque reduce los costos de transportes a diferencia del envío de numerosas placas pequeñas</li> <li>- Porque el software puede calcular de forma precisa como cortar las piezas aprovechando al máximo las placas de acero disponible.</li> <li>- Porque permite ahorrar dinero en la compra de materia prima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque habrá mejoras en la productividad en el lugar de trabajo</li> <li>- Porque ayudara a reducir costos de producción.</li> <li>- Porque minimizara los costos.</li> <li>- Porque al reutilizar materiales impacta positivamente en los costos de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque los trabajadores estarán motivados y comprometidos con su trabajo.</li> <li>- Porque brindara mayor eficiencia en la fabricación al reducir las uniones con soldadura de fabricaciones de grandes estructuras.</li> <li>- Porque permite una planificación más eficiente de la producción ahorrando tiempo y recursos.</li> <li>- Porque contribuye a la conservación del medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permitirá que los trabajadores se adapten al cambio de la tecnología</li> <li>- Porque se reducirá el desperdicio de material.</li> <li>- Porque el software ayuda a evitar errores humanos en el cálculo de cortes.</li> <li>- Porque de esta forma ayudara a la empresa a cumplir con los requisitos legales y evitar sanciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque podrán contribuir con ideas y soluciones a los desafíos empresariales.</li> <li>- Porque las placas de acero de gran tamaño son más resistentes y duraderas.</li> <li>- Porque al reducir el tiempo del corte y la gestión de materiales, se aumenta la productividad.</li> <li>- Porque adoptar prácticas sostenibles ayuda a mejorar la imagen de la empresa ante la percepción de los clientes.</li> </ul>
<p>Datos del proceso desactualizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nuevo Diagrama de análisis del proceso mejorado.</li> <li>- Diseñar procedimientos específicos.</li> <li>- Implementar un proceso de flujo continuo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque el diagrama mejorado ayudará a optimizar la eficiencia, reducirá el tiempo y recursos necesarios para realizar una labor.</li> <li>- Porque ayuda a optimizar los procesos de producción, aumentando su productividad.</li> <li>- Porque el flujo continuo reduce el desperdicio de tiempo y recursos del proceso de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque representara con mayor detalle el proceso mejorado.</li> <li>- Porque así se garantizará que los productos cumplan con los estándares de calidad.</li> <li>- Porque al eliminar los tiempos de inactividad se reduce el costo de la producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque de esta forma se podrá hallar los problemas del proceso para poder solucionarlos de manera oportuna.</li> <li>- Porque los procedimientos específicos a su vez garantizan un entorno de trabajo más seguro.</li> <li>- Porque permitirá una mayor flexibilidad de la producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permitirá identificar con mayor precisión los puntos críticos en un proceso.</li> <li>- Porque si los procedimientos están bien documentados, facilitan la capacitación de nuevos empleados.</li> <li>- Porque brinda mayor visibilidad de los procesos, esto facilita la supervisión por parte de los jefes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque el diagrama es una herramienta que generara una mejora continua, haciendo seguimiento de los cambios realizados.</li> <li>- Porque los proporcionan datos exactos, permitiendo a la empresa basarse en evidencia para mejorar su eficiencia.</li> <li>- Porque de esta forma se podrá detectar y corregir los problemas de los procesos de fabricación.</li> </ul>
<p>Retraso en el proceso de soldadura actual</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Nuevo proceso de soldadura</li> <li>- Modernización e incremento de máquinas.</li> <li>- Sistema Andon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se debe reforzar los conocimientos en soldadura con lo último en tecnología.</li> <li>- Porque se obtendrá mayor eficiencia dado que los nuevos procesos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque es importante tener el conocimiento de las nuevas máquinas tecnológicas enfocada en la industria.</li> <li>- Porque con el nuevo proceso mejorar la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque así se garantizará un óptimo proceso de soldadura.</li> <li>- Porque este nuevo proceso minimiza la salpicadura de metal fundido, mejorando la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque desarrollando y aumentando las habilidades del operario, se obtendrán mejores resultados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque es importante que el personal este preparado aportando mejoras y a su vez reportando posibles fallas, de esta manera</li> </ul>

		<p>de soldadura ejercen ahorro de energía y tiempo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque con más maquinas eficientes, será posible reducir los costos de producción</li> <li>- Porque permite visibilidad en tiempo real del estado de los procesos de soldadura.</li> </ul>	<p>calidad de las uniones soldadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se obtendrá mayor calidad y menos defectos en las fabricaciones.</li> <li>- Porque al detectar errores y corregirlos, se reducirán los defectos de las piezas.</li> </ul>	<p>limpieza y seguridad en el lugar de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque brindaran seguridad avanzada, reduciendo accidentes.</li> <li>- Porque este sistema también se puede utilizar para señalar situaciones peligrosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque posee alta penetración en materiales de gran espesor.</li> <li>- Porque estas máquinas requerirán menos mantenimientos por ser nuevas.</li> <li>- Porque al permitir llevar un registro de los problemas, se podrán analizar para identificar mejoras.</li> </ul>	<p>estará más involucrado en el proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque es más fácil de aprender y usar que otros procesos de soldadura.</li> <li>- Porque así la empresa será más competitiva en el mercado.</li> <li>- Porque fomenta una cultura de mejora continua en la empresa.</li> </ul>
<p>Capacitación insuficiente del personal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de capacitación.</li> <li>- Contratar personal más capacitado.</li> <li>- Proponer incentivos laborales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permite que los trabajadores desempeñen tareas de manera más eficiente y precisa.</li> <li>- Porque ayudara a distribuir las actividades entre el personal a fin de disminuir la carga laboral.</li> <li>- Porque aumentara la motivación entre los trabajadores para aplicar más esfuerzo en sus labores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque al estar capacitados los trabajadores aumenta la productividad.</li> <li>- Porque la empresa se beneficiará de nuevas habilidades.</li> <li>- Porque ayudara a retener a sus trabajadores talentosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque una correcta y programada capacitación ayuda a reducir errores y accidentes laborales.</li> <li>- Porque ayudara a la empresa a expandirse y asumir nuevos proyectos.</li> <li>- Porque fomentara la lealtad entre los trabajadores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permite que los trabajadores estén al día con las innovaciones y mejorar la calidad de sus fabricaciones.</li> <li>- Porque hará que la empresa sea más ágil de forma efectiva para operar en producción.</li> <li>- Porque ayuda a atraer nuevos talentos a la empresa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque genera que se reduzcan los costos de los errores o retrabajos.</li> <li>- Porque proporcionara oportunidades para desarrollar lideres internos en cada área.</li> <li>- Porque estos incentivos pueden mejorar la calidad de vida de los trabajadores ocasionando un impacto positivo.</li> </ul>
<p>Distribución ineficiente de las áreas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redistribución de áreas.</li> <li>- Alquilar un espacio de mayor dimensión.</li> <li>- Análisis de estudio de tiempos y movimientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque reduce los tiempos de fabricación y los costos operativos.</li> <li>- Porque se obtiene mayor capacidad de producción, así la empresa podrá instalar maquinaria adicional.</li> <li>- Porque ayudara a la empresa a planificar a largo plazo tomando decisiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque permite organizar las áreas de producción de manera óptima y eficiente.</li> <li>- Porque a su vez permite un mejor almacenamiento de materiales, productos terminados y equipos.</li> <li>- Porque con este estudio se podrá reducir el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se podrá identificar los cuellos de botella en el proceso de fabricación contribuyendo a un flujo de trabajo continuo.</li> <li>- Porque proporciona un entorno de trabajo más cómodo y seguro para los trabajadores.</li> <li>- Porque se eliminará movimientos innecesarios de los trabajadores, ahorrando tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque ayuda a reducir los riesgos de accidentes diseñando áreas de trabajo más seguras.</li> <li>- Porque al tener un espacio más amplio, genera que las áreas estén más distantes, garantizando la seguridad de las operaciones.</li> <li>- Porque se logrará diseñar estaciones de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque optimiza el espacio aprovechándolo al máximo, a fin de reducir costos de alquileres o de construcción de instalaciones nuevas.</li> <li>- Porque el tener un espacio adicional facilita al crecimiento de la empresa, expandiendo las operaciones.</li> <li>- Porque así se asignará recursos de forma más</li> </ul>

					ergonómicas y eficientes.	efectiva eliminando desperdicios.
Inexistencia de formatos de inspección de calidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creación de formatos de control de calidad estandarizados.</li> <li>- Tercerizar la capacitación al personal sobre control de calidad.</li> <li>- Subcontratar el servicio de control de calidad.</li> <li>- Software de gestión de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque ayudara a estandarizar los procesos de granallado y pintado asegurando que se realice de forma correcta.</li> <li>- Porque las empresas externas poseen expertos brindando conocimientos especializados.</li> <li>- Porque subcontratar podría resultar más rentable a diferencia de contratar un equipo completo de control de calidad a largo plazo.</li> <li>- Porque la automatización de los procesos mediante el software puede reducir la probabilidad de errores humanos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque los formatos aseguran que los procedimientos de control de calidad sean consistentes.</li> <li>- Porque permitirá el ahorro de tiempo para que el personal se enfoquen en otras tareas.</li> <li>- Porque se podrá ajustar la escala de los servicios según las necesidades de la empresa.</li> <li>- Porque proporcionan herramientas para analizar datos relacionados con la calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque con el uso de estos nuevos formatos se minimizará la probabilidad de errores humanos.</li> <li>- Porque se podrá planificar y controlar mejor los costos de capacitación al elegir programas específicos acorde al presupuesto designado.</li> <li>- Porque contratando personal especializado se reducirá los riesgos de defectos del producto.</li> <li>- Porque podríamos rastrear el historial de un producto o un tipo de fabricación hasta su entrega.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque estos formatos ayudaran a mejorar la calidad de las piezas cumpliendo con los estándares brindados por el cliente.</li> <li>- Porque tercerizando se tendrá mayor flexibilidad para adaptar las capacitaciones en el momento adecuado.</li> <li>- Porque se garantizará un control de calidad especializado para que el cliente este satisfecho.</li> <li>- Porque mejora la eficiencia operativa, optimizando procesos internos, reduciendo tiempos para llevar a cabo tareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porque se evitarán reprocesos por errores en las operaciones de fabricación en el proceso de granallado y pintado.</li> <li>- Porque al tener un tercero se minimizará los conflictos de interés.</li> <li>- Porque como estas empresas se especializan en el control de calidad, el servicio será rápido y seguro.</li> <li>- Porque se lograría satisfacer al cliente, generando fidelidad y recomendaciones positivas.</li> </ul>

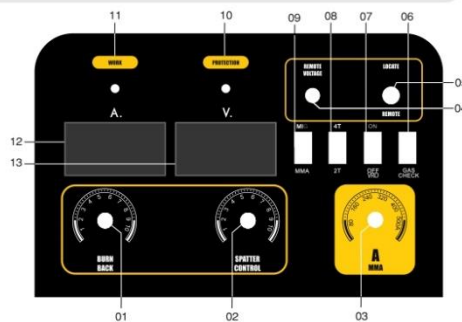
Anexo N°5

Ficha técnica de la Máquina de soldar Multiprocesos

INVERSOR  
**XTREME 500** PROFESIONAL CC/CV  
MAQUINA DE SOLDAR MULTIPROCESO



Panel de control



- 1.-Regulador Burn Back.
- 2.-Regulador de inductancia (MIG).
- 3.-Regulador Amperaje (MMA)
- 4.-Perilla control de voltaje, sistema Volt sense.
- 5.-Interruptor Locate/Remote.
- 6.-Chequeo de gas.
- 7.-Selector modo VRD (ON/OFF)
- 8.-Selector modo manual (2T) y automático (4T).
- 9.-Selector de proceso (MIG/MMA).
- 10.-Luz de peligro / Falla.
- 11.-Luz de encendido trabajo / soldadura.
- 12.-Amperímetro digital.
- 13.-Voltímetro digital.

Parámetros

Voltaje de entrada (V)	3 ~ 220 / 380 / 440 VAC ± 10% (Selección automática de voltaje)
Peso	53.6 Kg
Dimensiones	753 X 393 X 700
Ciclo de trabajo	60% 500A 39V / 100% 390A 34V
Diámetro de alambre (Sólido)	0.8 -1.6 mm
Diámetro de alambre (Tubular)	1.2 - 2.0 mm
Regulación de amperaje SMAW	45 - 500 A
Diámetro de electrodo	3/32" (2.4mm) - 3/16" (5.0mm)

COMPATIBLE CON  
CUALQUIER  
ALIMENTADOR  
VOLT SENSE,  
TIPO SUITCASE



conector spool gun

4 Rodillos



Alimentación (V)	24 V
Diámetro de alambre (Sólido / Tubular)	0.8 -1.6 mm
Tipo de conexión	Euro
NUEVA Velocidad	21m/min

**Anexo N°6**

*Ficha técnica del Equipo de pintura con sistema airless*

## PULVERIZADOR SIN AIRE MOD: EP450ITX



**Sistema de control inteligente**

El último sistema de control de presión ofrece un abanico de pulverización constante a cualquier presión de pulverización y con pantalla digital, puede leer y regular la presión fácilmente.

El sensor apaga automáticamente la bomba cuando se agota la pintura.







**Bomba de calidad duradera**

La bomba HVBAN es excepcionalmente y confiable.

Rodamientos INA de Alemania, engranajes con empaquetaduras de cuero de EE. UU de nivel 5, brindan una confiabilidad y vida útil superiores.

**El diseño de la estructura modular**

El diseño de estructura modular del motor y la caja de reparación del motor, hace más fácil reparar el motor lo que puede reducir el costo de reparación.

**Rejilla de acero inoxidable**

La rejilla de acero inoxidable está diseñada para almacenar fácilmente la manguera.

<b>Modelo</b>	EP450I/EP450ITX
<b>Flujo máximo (L/min)</b>	6
<b>Presión máximo de trabajo</b>	23 MPa
<b>Tamaño de la boquilla</b>	1 pistola con 0.037" 2 pistola con 0.023"
<b>Poder dinámico</b>	3000W/4HP
<b>Fuente de alimentación</b>	Motor DC sin escobillas
<b>Tipo de fuente</b>	220V / 110V, 50-60HZ
<b>Peso bruto (Kg)</b>	65/67
<b>Medida de embalaje</b>	72X58X88cm

## Anexo N°7

### Contenido del Programa de Capacitación

LA EMPRESA		FORMATO				CÓDIGO:	**-RH-FOR-04
		PROGRAMA DE CAPACITACIÓN				REVISIÓN:	02
						FECHA:	12/01/2018
ITEM	TEMA DE CAPACITACIÓN	CONTENIDO	OBJETIVOS	PERSONAL DIRIGIDO	MES	TIEMPO MÍNIMO	
1	Comunicación y Trabajo en equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de la Comunicación</li> <li>- Tácticas y técnicas de la Comunicación</li> <li>- Estrategias de habilidades sociales</li> <li>- Riesgos y oportunidades</li> <li>- Características de la comunicación verbal y no verbal</li> <li>- Evaluación de equipos.</li> <li>- Actividades y ejercicios prácticos.</li> </ul>	La aplicación de habilidades personales y sociales de forma correcta en el ámbito laboral con visión hacia el liderazgo	Todo el personal	ENERO	4 H	
2	Gestión del cambio organizacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herramientas para crear un sistema de Comunicación</li> <li>- El cambio y la estrategia</li> <li>- ¿Porque fracasan los cambios?</li> <li>- Factores claves para un cambio exitoso</li> <li>- Entorno interno y externo de la organización</li> <li>- Herramientas facilitadoras del proceso</li> </ul>	Formar estrategias del cambio alineadas a los objetivos de la organización	Todo el personal	FEBRERO	4 H	
3	Liderazgo y manejo del personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo en equipo</li> <li>- Inteligencia emocional</li> <li>- Liderazgo ejecutivo</li> <li>- Resolución de conflictos</li> <li>- Como crear un equipo ganador</li> <li>- Plan de acción SMART</li> </ul>	Aprender sobre herramientas que permitan tomar responsabilidades frente a situación de gran complejidad para poder manejar los conflictos de forma oportuna	Todo el personal	MARZO	4 H	
4	Manejo de extintores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Componentes del fuego</li> <li>- Clasificación de extintores</li> <li>- Plan de acción para caso de incendio</li> <li>- Modo de uso de los extintores</li> <li>- Mantenimiento preventivo y correctivo de extintores</li> <li>- Como auxiliar a una víctima de las llantas</li> <li>- Prueba práctica con extintores</li> </ul>	Capacitar al personal en el uso y manejo de extintores	Todo el personal	ABRIL - MAYO	8 H	
5	Primeros auxilios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto de primeros auxilios</li> <li>- Botiquin</li> <li>- Modo de proceder en caso de emergencia</li> <li>- ¿Qué es el P.A.S.?</li> <li>- Las funciones vitales</li> <li>- Eslabones de la cadena de socorro</li> <li>- Valoración primaria y secundaria</li> <li>- Reanimación cardiopulmonar o RCP</li> <li>- Manipulación y transporte de heridos</li> <li>- Ensayo práctico</li> </ul>	Conocer y comprender los conceptos teóricos y prácticos de los primeros auxilios	Todo el personal	MAYO - JUNIO	8 H	
6	Prevención de riesgos laborales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptos básicos</li> <li>- ¿Qué tipo de riesgos laborales existen?</li> <li>- Factores de riesgos psicosociales</li> <li>- Peligros biológicos</li> <li>- Peligros ergonómicos</li> <li>- Peligros físicos</li> <li>- Peligros químicos</li> <li>- Riesgo de golpes, cortes caídas</li> <li>- Riesgo eléctrico</li> <li>- Riesgo de incendio y explosión</li> </ul>	Conocer los tipos de riesgos laborales con la finalidad de aplicar la prevención en el ámbito laboral	Todo el personal	JULIO	4 H	
7	Planificación, control y optimización de procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conceptos básicos</li> <li>- Tipos de procesos</li> <li>- Metodologías para la mejora de procesos</li> <li>- Conocimiento de mejora continua</li> <li>- Estandarización</li> <li>- técnicas para el control de la producción</li> <li>- Indicadores de producción</li> </ul>	Conocer herramientas para la mejora de procesos y planificación de recursos	Todo el personal	AGOSTO	4 H	
8	Mejora continua 5S	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organizar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener</li> <li>- Mayor productividad</li> <li>- Mejor entorno de trabajo</li> <li>- Herramientas y controles</li> <li>- Dinámica 5S</li> </ul>	Mejorar y mantener las condiciones de la organización aplicando la mejora continua	Todo el personal	SEPTIEMBRE	4 H	
9	Herramientas básicas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición básica</li> <li>- Uso y manejo de formatos de calidad según</li> <li>- Tipos de controles de calidad en la organización área</li> <li>- Metrología básica</li> <li>- Práctica de manejo de equipos de control de calidad</li> </ul>	Conocer el concepto, finalidad y uso de los equipos de control de calidad de la organización	Todo el personal	OCTUBRE	4 H	

**Anexo N°8**

***Necesidades de Capacitación***

Conocimientos	Habilidades	Actitudes
Buenas practicas de manufactura	Compromiso	Motivacion
Manejo de personal	Resolucion de problemas	Colaboracion
Mejora continua	Liderazgo	Responsabilidad
Computacion excel basico, intermedio	Cursos especializados	Servicio al cliente
Sistema corte con plasma	Resiliencia	Positivo
Planificacion y control	Responsabilidad	Confiable
Conocimientos en la Trinorma	Planificacion	Adaptarse a los cambios
Capacidad de analisis	Aprendizaje activo	Habilidades de negociacion
Gestion del Mantenimientos	Capacidad de trabajo en equipo	Implicacion con la empresa
Conocimientos de programas informaticos	Escucha activa	Compromiso
Metrologia basica	Motivacion y confianza	Coordinacion

## Anexo N°9

### *Categorías de preparación de superficie definidas por la SSPC*

Norma SSPC	Descripción		Última revisión
SSPC-SP COM	Comentarios sobre Preparación de superficie para acero y sustratos de hormigón		Mar 2015
SSPC-SP 1	Limpieza con Solventes		Abr. 2015
SSPC-SP 2	Limpieza con herramientas manuales	Cepillos, lijas, etc	Nov. 2014
SSPC-SP 3	Limpieza con herramientas manuales mecánicas	Herramientas eléctricas o neumáticas	Nov. 2014
SSPC-SP 5 / NACE N° 1	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Metal Blanco	Ene. 2007
SSPC-SP 6 / NACE N° 3	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Comercial	Ene. 2007
SSPC-SP 7 / NACE N° 4	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Ligero	Ene. 2007
SSPC-SP 8	Decapado químico		Nov. 2014
SSPC-SP 10 / NACE N° 2	Limpieza con Chorro de abrasivo	Granallado Semi-Blanco	Ene. 2007
SSPC-SP 11	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza metal limpio o desnudo c/ rugosidad mínima de 25 micrones	Jul. 2012
SSPC-SP 12 / NACE N° 5	Limpieza con Agua presión - Waterjetting	Reescrita en Julio 2012 y reemplazadas por las normas SSPC-SP WJ-1,2,3, y 4	Jul. 2002
SSPC-SP 13 / NACE N° 6	Limpieza de concreto		Mar. 2003
SSPC-SP 14 / NACE N° 8	Granallado industrial		Ene 2007
SSPC-SP 15	Limpieza Manual con herramientas mecánicas	Limpieza comercial con rugosidad mínima de 25 micrones	Jul. 2012
SSPC-SP 16	Limpieza metales no ferrosos	Galvanizado, Acero Inoxidable, cobre aluminio, latón, etc.	Abr. 2010

## Anexo N°10

### Costo Maquina de Soldar FCAW

SOLDAMUNDO PERU S.A.C.  
RUC N°: 20506005133



COTIZACIÓN N°: 171123 - L - 01

FECHA: 17/11/2023

CLIENTE	GRUPO SOLDAMUNDO
RAZÓN SOCIAL: MAMANI CORNEJO KATIUSKA RUC: 70127469 DIRECCIÓN: ATENCIÓN: katimaco15 / +51953522296	SOLDAMUNDO PERU SAC 20506005133 Av. Luis Braille 1225, Lima - Lima - Lima VENDEDOR: CHRISTIAN LOPEZ N° CELULAR: 977 901 556 CORREO: soldamundoenlinea@soldamundoperu.com

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	INCLUYE POR EQUIPO	PRECIO UNITARIO	VALOR VENTA
1	1	MAQUINA DE SOLDAR MULTIPROCESO XTREME 500 220/380 - 440V, WELD DAF	XTREME500	1	UND	\$3,601.69
		ALIMENTADOR XTREME25 NEW(350,402,450)	XTREME25			
		COCHE PARA MAQUINA XTREME 450/402/350, WELD DAF	TWXT34			
		PORTA ELECTRODO 500 A, WELDPOWER				
		GRAPA DE COBRE BASE PLANA 500 A, WELDPOWER				
		10 MTRS CABLE DE SOLDAR 2/0 AWG, SOLDAMUNDO	IM.KIT450/402/350 IMP			
		CONECTOR TIPO DINSE MACHO AEREO, 50-70, AWG 2/0 - 3/0				
		ANTORCHA MIG M400, 1.2-1.6 mm, X400-116-15 [Euro], PROFAX	PFX40011615			
		FLUJOMETRO DE ARGON & MEZCLA, WELDPOWER	IM.FL100			
		MASCARA DE SOLDAR XPERFORMANCE IMPLEMENTACION	IM.MAS-XPERFORMANCE			
LOS PRECIOS UNITARIOS ESTAN EXPRESADOS EN DÓLARES AMERICANOS Y NO INCLUYEN EL IGV						



MONEDA	SUB-TOTAL US\$:	\$3,601.69
DÓLARES	IGV (18%) US\$:	\$648.31
	TOTAL US\$:	\$4,250.00

CONDICIONES:

- Cotización VÁLIDA POR 10 DÍAS
- Los precios están expresados en DÓLARES AMERICANOS
- Despacho dentro de la Ciudad de Lima. No incluye flete a otras provincias.
- Forma de Pago: **Contado**.
- Plazo de entrega Lima: 20 DE NOVIEMBRE

OBSERVACIONES:

- Todos los equipos aquí cotizados son nuevos y fabricados bajo alto estándares de Calidad e importados de fábrica.
- WELD DAF: GARANTÍA DE 3 AÑOS en componentes y manufactura de las máquinas de soldar y de los alimentadores de alambre. Esta garantía no cubre accesorios, consumibles, ni otros

CUENTAS BANCARIAS SOLDAMUNDO PERU SAC					
	S/	BANCO DE CREDITO DEL PERU Cta. Cte. Soles N° 192-2447754-0-86 CCI: 002-192-002447754086-38		S/	BANCO SCOTIABANK PERU Cta. Cte. Soles N° 000-0359505 CCI: 009-237-000000359505-95
	\$	BANCO DE CREDITO DEL PERU Cta. Cte. Dólares N° 191-1482222-1-48 CCI: 002-191-001482222148-58			

**NDO LIMA**  
Ile 1225 Lima cercado  
70737 / Cel:998 331 480

**CENTRO TECNOLÓGICO LIMA**  
Pasaje Salta 2174 Ur. Chacra  
Ríos Norte. Lima Cercado  
Telf:(01) 3002572

**SOLDAMUNDO AREQUIPA**  
Av. Andres Martínez 313.  
Urb. Vallechillo Arequipa  
Telf: (01) 3370737 / Cel:998 331 480

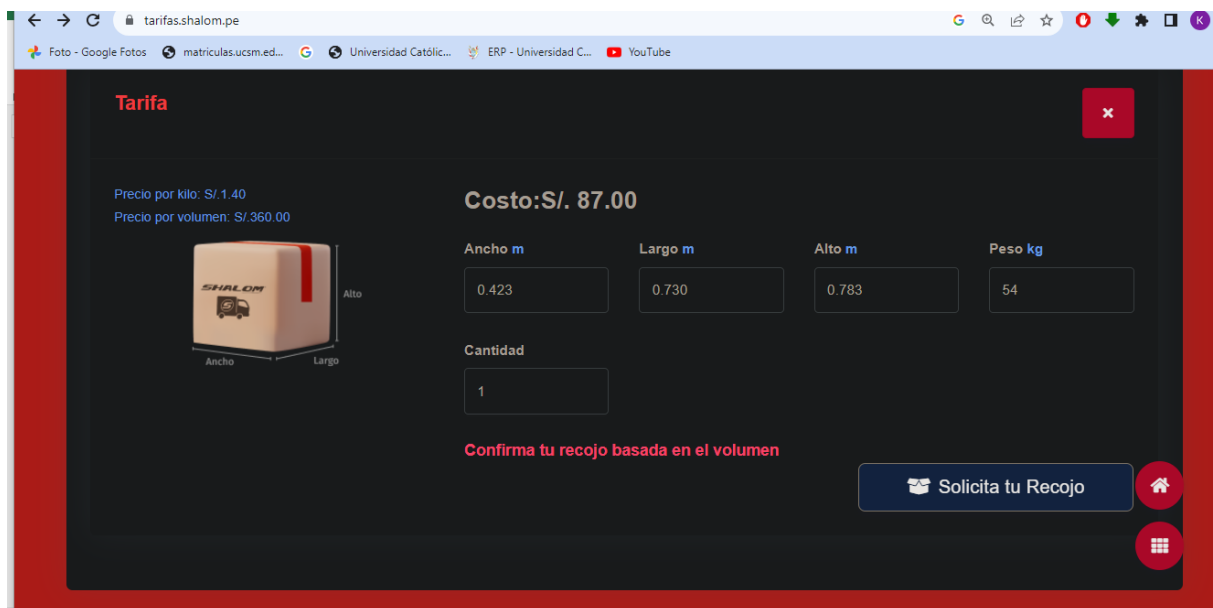
**CENTRO TECNOLÓGICO AREQUIPA**  
Calle Palacios 302, Semi Rural Pachacutec  
Cerro Colorado- Arequipa  
Telf:(54) 347023/ Cel: 959 490 036

**SOLDAMUNDO PIUR**  
Dirección en Av. Grau  
Telf: (073) 322107 / Ce

[www.soldamundoperu.com](http://www.soldamundoperu.com)

## Anexo N°11

### Costo transporte Maquina de Soldar Multiproceso Lima - Arequipa



**Tarifa**

Precio por kilo: S/ 1.40  
Precio por volumen: S/ 360.00

**Costo: S/ 87.00**

Ancho m	Largo m	Alto m	Peso kg
0.423	0.730	0.783	54

Cantidad: 1

Confirma tu recojo basada en el volumen

[Solicita tu Recojo](#)

Nota. Extraído de la Página web oficial de SHALOM, 2023.

**Anexo N°12**

*Costo máquina de corte CNC con plasma Hypertherm powermax 1650*



Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co.,Ltd  
Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China

**Rbqlty-Gantry plasma and flame cutting machine**

Contact Info.			
To: Katuska Mamani			
Item&Price			
FOB SHANGHAI			
Machine description	Qty	Unit price	Note
24120 gantry plasma and flame cutting machine with 1650A Hypertherm POWER SOURCE	1	USD 9150	1.PanasonicServo motor 2.Shanghai jiaoda F2300 CNC 3.THC (torch heighth control)-JIAODA 4.StarCAM software 5.Taiwan HIWIN Square linear guide 6.Helical tooth rack 7. plasma and flame torch

Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China  
Attn:Kerry Mail:rbsales6@rbqlty.com Phone:+8613605535224



Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co.,Ltd  
Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China

### Machine picture



Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China  
Attn:Kerry Mail:rbsales6@rbqly.com Phone:+8613605535224

4



Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co.,Ltd  
Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China

## I .WE67K technical parameters

<b>Model</b>	<b>24120 (2400*12000mm)</b>
X,Y working area	2400*12000mm
Z working area	150mm
Lathe bed	Very thick steel structure
Machine Power	8.5kw
Working voltage	380V/50HZ /3 phase
Reposition precision	0.3mm
Processing precision	0.1mm
Maximum cutting speed	12000mm/min
Torch Height control mode	Automatic high sensitive THC
Control system	F2300-CNC control system
Motors	Panasonic servo motor
Software	STARcam
Weight	2200 KG
Plasma Air Pressure	Max.0.8Mpa
Working Temperature	-10°C-60°C. Relative Humidity, 0-95%.
Plasma cutting max thickness	22mm
Flame cutting max thickness	150mm

Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China  
Attn:Kerry Mail:rbsales6@rbqly.com Phone:+8613605535224

5



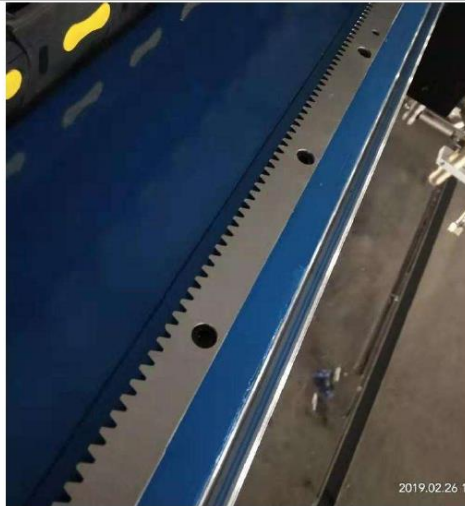
Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co.,Ltd  
Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China

## II.The main configuration

1650A Hypertherm plasma power



THC (torch height controller) Brand Jiada



Helical gears



Taiwan HIWIN square linear guide

Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China  
Attn:Kerry Mail:rbsales6@rbqly.com Phone:+8613605535224

6



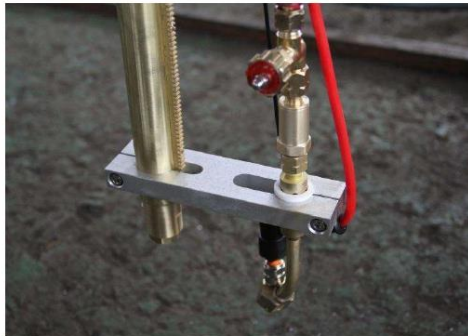
Anhui Runbang Heavy Industry Machinery Co.,ltd  
Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China



**Panasonic servo motor**



**StarCAM software**



**Torch**



**Shanghai Jiaoda F2300 CNC**

Add: Bowang area, Maanshan city, Anhui, China  
Attn:Kerry Mail:rbsales6@rbqlty.com Phone:+8613605535224

## Anexo N°13

### Costos de importación marítima FOB de China a Perú



Cotización de Importación Marítimo Consolidado  
N° 20/00000000

viernes, 18 de Noviembre de 2023

Estimados Señores: Katiuska Mamani

Presente.-

Por medio de la presente tenemos el agrado de saludarlos y a su vez presentarles nuestra propuesta comercial de importación según información proporcionada.

Tipo de embarque	: Marítimo LCL	Tiempo de Transito	: 30 DIAS
Valor de la carga	: \$ 9,150.00	Ruta	: ***
Valor CIF	: \$ 9,523.00	Naviera	: ***
Origen	: SHANGHAI	Almacén	: Alfo/Neptuna/Villas Oquendo
Destino	: Callao	Frecuencia de salidas	: Semanales(sujeto a espacio)
Tipo de cambio del día	: 3.77	Sobrestadía	: ***
Pesos en kg	: 2	Incoterms	: FOB
Peso volumétrico	: 10.7	Validez	: 15-Ene

CONCEPTO	DETALLES	PRECIO UNIT.	TOTAL
Flete Internacional	X TN/M3	USD 40.00	USD 428.00
<b>TOTAL GASTOS EN ORIGEN DOLARES</b>			<b>USD 428.00</b>

#### GASTOS EN DESTINO Y DESPACHO ADUANERO

CONCEPTO	DETALLES	PRECIO UNIT.	IGV	TOTAL
Handling	Fijo	USD 45.00	USD 8.10	USD 53.10
Visto Bueno	Fijo	USD 150.00	USD 27.00	USD 177.00
Descarga	x TN	USD 45.00	USD 8.10	USD 53.10
Almacén	aprox	USD 350.00	USD 63.00	USD 413.00
Comisión de aduana	0.35% del Valor CIF/Mínimo usd 150	USD 150.00	USD 27.00	USD 177.00
teledespacho	Fijo	USD 45.00	USD 8.10	USD 53.10
Transporte interno en Lima	Fijo	USD 155.00	USD 27.90	USD 182.90
Gastos operativos	Fijo	USD 60.00	USD 10.80	USD 70.80
<b>TOTAL GASTOS EN DESTINO Y COMISION DE ADUANA</b>				<b>USD 1,180.00</b>
<b>TOTAL A CANCELAR FLETE + DESPACHO ADUANERO EN USD</b>				<b>USD 1,608.00</b>

#### IMPUESTOS A PAGAR A SUNAT APROX.

AD-Valoren 0%	S/.	-
IGV (16%)	S/.	6,591.77
IPM (2%)	S/.	823.97
PERCEPCION 3.50%	S/.	1,701.50
<b>TOTAL IMPUESTOS EN SOLES</b>	<b>S/.</b>	<b>9,117.24</b>

**\*\* El objeto del seguro es proteger su inversión, es su responsabilidad contratario y la nuestra ofrecerlo. \*\***

\*La presente cotización está sujeta a variación según la fecha cierta que se acepta la oferta, caracteres reales de las mercaderías, más los valores de los commodities y recargos portuarios que generen el transporte Marítimo internacional según la naturaleza de la mercadería y previa comunicación al cliente .

\*El agente de Carga no es responsable de cualquier eventualidad, error, incidente u accidente que se pueda generar ya sea por parte de las líneas Navieras/ aerolíneas o en su defecto provocado por cambios climáticos.

\* Así mismo tener en consideración que en caso de no haber contratado un seguro de carga internacional el agente de carga no se hará responsable de ninguna pérdida, robo, daño en la mercadería, avería gruesa, entre otros siniestros y/o eventualidad.

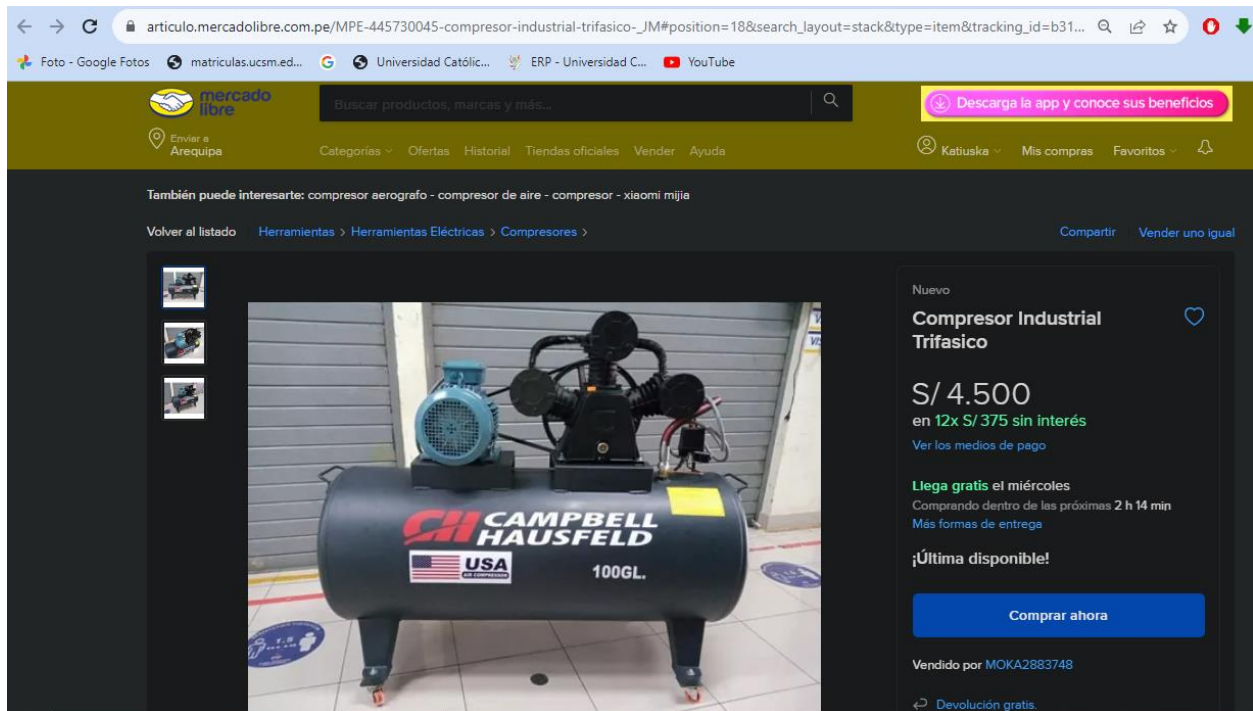
\* Las aerolíneas se encuentran en completa facultad de parcializar las cargas de acuerdo a su disponibilidad de espacio sin previo aviso.

Esperando que sea de su conformidad ésta información y opte por una mejor decisión disminuyendo los riesgos en sus operaciones logísticas internacionales; asimismo, cualquier duda o comentario comuníquese con nosotros, estaremos dispuestos a servirles y ser sus socios estratégicos.

Sírvase a depositar en cualquiera de nuestras cuentas a nombre de Velkon Cargo Peru S.A.C

## Anexo N°14

### Costo de compresora de aire 7.5HP



The screenshot shows a Mercado Libre product page for a Campbell Hausfeld industrial compressor. The main image displays a black cylindrical compressor with a blue motor and various hoses. The text on the compressor includes 'CAMPBELL HAUSFELD', 'USA', and '100GL.'. The listing details are as follows:

- Producto:** Nuevo Compresor Industrial Trifásico
- Precio:** S/ 4.500
- Financiamiento:** en 12x S/ 375 sin interés
- Entrega:** Llega gratis el miércoles. Comprando dentro de las próximas 2 h 14 min.
- Disponibilidad:** ¡Última disponible!
- Botón:** Comprar ahora
- Vendedor:** Vendido por MOKA2883748
- Garantía:** Devolución gratis

*Nota.* Extraído de la Página web oficial de MERCADO LIBRE.

## Anexo N°15

### Ficha Técnica Hypertherm plasma powermax1650



#### Sistema de plasma manual o mecanizado para cortar y hacer ranura en metales

##### Datos de operación

Capacidad de corte	Sostenido a mano (manual)	Perforación mecanizada
Recomendado	32 mm (1¼")	
Máximo	38 mm (1½")	19 mm (¾")
Corte de separación	44 mm (1¾")	

##### Capacidad de ranura

Metal que se quita por hora: 10,8 kg

Profundidad x ancho: 5 mm x 3 mm

##### Ventajas claves

- El Auto-voltage™ automáticamente se adapta a toda potencia de entrada desde 200 V a 600 V, mono o trifásico.
- La tecnología de chorro Coaxial-assist™ proporciona velocidades veloces de corte.
- El Boost Conditioner™ (Acondicionador de Impulso) compensa por las variaciones del voltaje de entrada, dando rendimiento mejorado en voltaje bajo de línea, generadores a motor, y potencia de entrada fluctuante.
- El diseño enfocado en confiabilidad mejora el tiempo trabajando y maximiza el rendimiento de la inversión.
- La interfase CNC y Fácil remoción de la antorcha (ETR™) dan versatilidad incrementada para uso con la mano o uso mecanizado.

##### Aplicaciones

- Corte manual
- Ranura
- Corte mecanizado
  - Mesas X-Y
  - Sistemas de riel
  - Sistemas de tubería
  - Sistemas robóticos

##### Componentes estándar del sistema

- Fuente de energía
- Antorcha manual T100 o antorcha mecanizada T100M
- Consumibles adicionales para corte y ranura
- Cable de trabajo 4,5 m con pinza




Antorcha manual T100



Antorcha mecanizada T100M

## Anexo N°16

### Costo Software Corte 7 Pro


<b>Licencia</b> Para uso ilimitado de por vida. Sin pagos mensuales o anuales.	<b>Corte 7 Pro</b>
<b>Licencia Primera</b> Para clientes por primera vez. ¿Cuál versión de Corte es la adecuada para usted? <a href="#">Compare.</a> <b>Nota:</b> Al valor de la licencia se sumará el costo por cargos de procesamiento de pagos con Paypal. El valor a cancelar es de \$843.99 para Corte 7 Pro, \$633.99 Para Corte 7 Lite y \$526.99 para Corte 5.	\$799.99 

*Nota.* Extraído de la Página web oficial de CORTE OPTIMO, 2023.



## Anexo N°17

### Capacitación Software Corte 7 Pro

Otros Productos / Servicios	
<p><b>Consultoría/capacitación (remota) x horas</b></p> <p>Para clientes que poseen al menos una licencia de Corte. Puede indicar la cantidad de horas a adquirir.</p> <p><b>Nota:</b> Al valor de cada hora se sumará el costo por cargos de procesamiento de pagos con Paypal. El valor por hora a cancelar es de \$42.49.</p>	<p>\$40.00</p> <p></p>

*Nota.* Extraído de la Página web oficial de CORTE OPTIMO, 2023.



## Anexo N°18

### Costo del equipo de pintado airless



Cliente: KATIUSKA MAMANI CORNEJO  
RUC:  
Local:  
Dirección: AREQUIPA

Fecha: 2408/2023  
Proyecto \ Solicitud Nro.: COT-2023-GR101A  
Atención: KM  
Unidad Solicitante:

COTIZACIÓN									
ITEM	CÓD.	DESCRIPCIÓN	PRESENT	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOTAL	IGV	TOTAL	
1	NIU	PULVERIZADOR AIRLESS SIN AIRE EP450ITX INCLUYE DELIVERY GRATIS A LIMA	UNI	1	S/6,779.66	S/6,779.66	S/1,220.34	S/8,000.00	
<b>TOTAL</b>					<b>S/6,779.66</b>	<b>S/6,779.66</b>	<b>S/1,220.34</b>	<b>S/8,000.00</b>	

**Garantía: Según fabricante.**

**Forma de Pago:** 100% con la Orden

**Método de Pago:** Efectivo, Transferencia bancaria o depósito.

Fecha de emisión: siempre y cuando se realice la carta compromiso dentro del periodo de validez de la oferta. CH Retail, se reserva el derecho de modificar sus precios pasada la fecha y si hay cambios en la operación real del servicio. Tiempo de entrega 2 días hábiles.

**CONTACTO CH**

Responsable: CARMEN GARCIAS Razón Social: CH RETAIL  
No. Celular: 963345091 Nombre Comercial:  
No. Fijo: 01-480-0581 RUC: 10704248020  
Correo: [chretailpe@gmail.com](mailto:chretailpe@gmail.com)

**N° DE CUENTA BCP** NUMERO CCI  
AHORRO SOLES 1939-2569-653097 002193-19256965-309718  
CH RETAIL

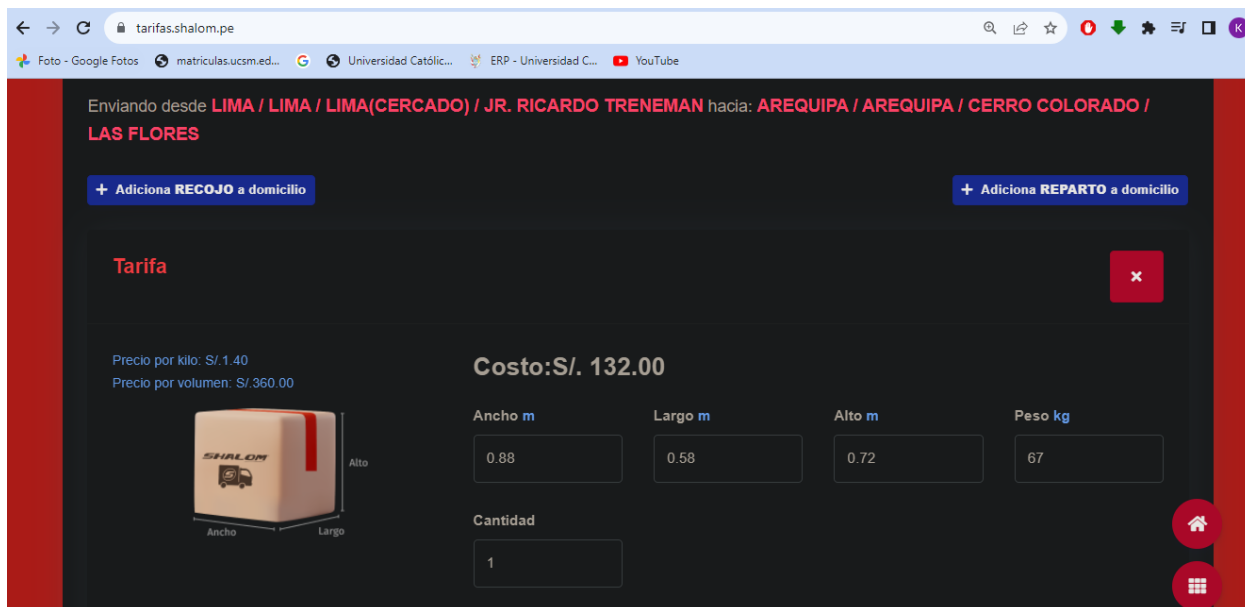
**N° DE CUENTA BCP** INTERBANK NUMERO CCI  
CUENTA SIMPLE SOLES 898-33675-10600 003-898-0133675-10600-48  
CH RETAIL



Suministros sin Fronteras

## Anexo N°19

### Costo del transporte del equipo airless Lima – Arequipa



Enviando desde **LIMA / LIMA / LIMA(CERCADO) / JR. RICARDO TRENEMAN** hacia: **AREQUIPA / AREQUIPA / CERRO COLORADO / LAS FLORES**

+ Adiciona **RECOJO** a domicilio + Adiciona **REPARTO** a domicilio

**Tarifa**

Precio por kilo: S/ 1.40  
Precio por volumen: S/ 360.00

**Costo: S/ 132.00**

Ancho m	Largo m	Alto m	Peso kg
0.88	0.58	0.72	67

Cantidad: 1

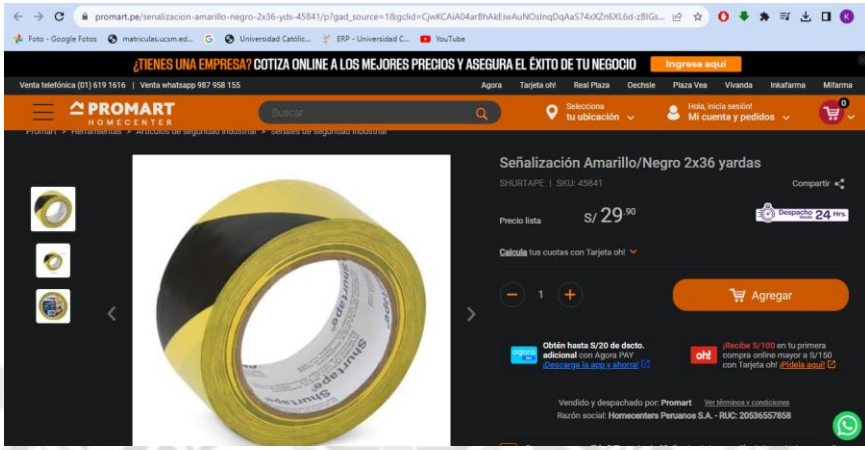
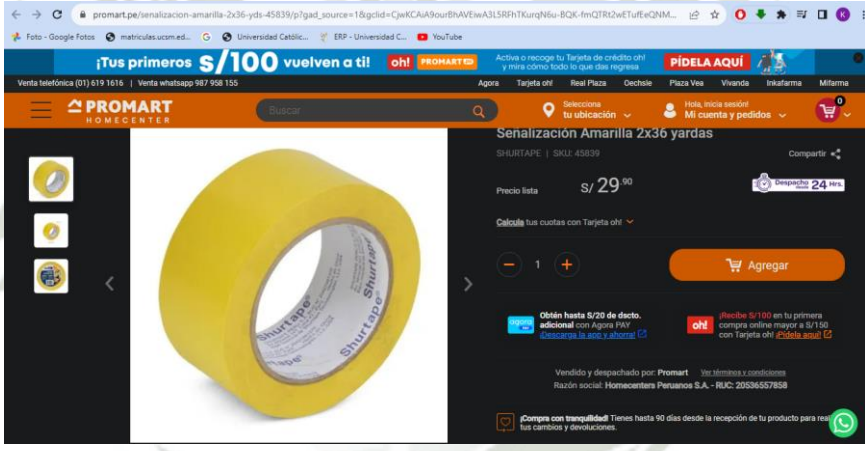
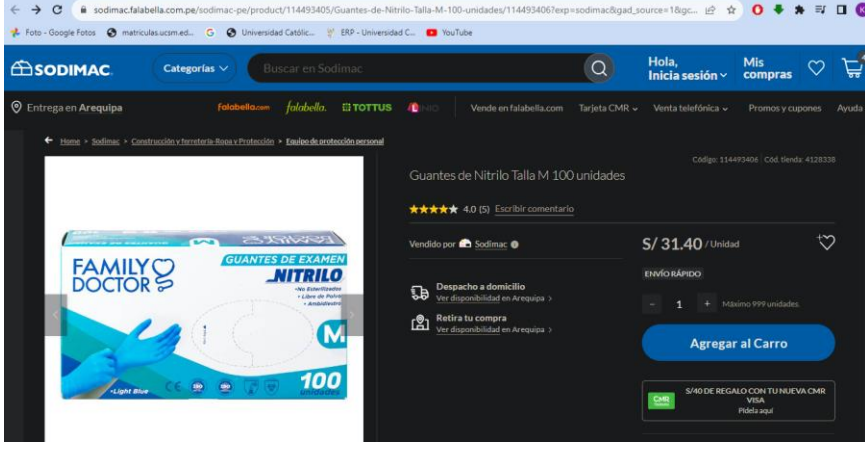
Alto  
Ancho Largo

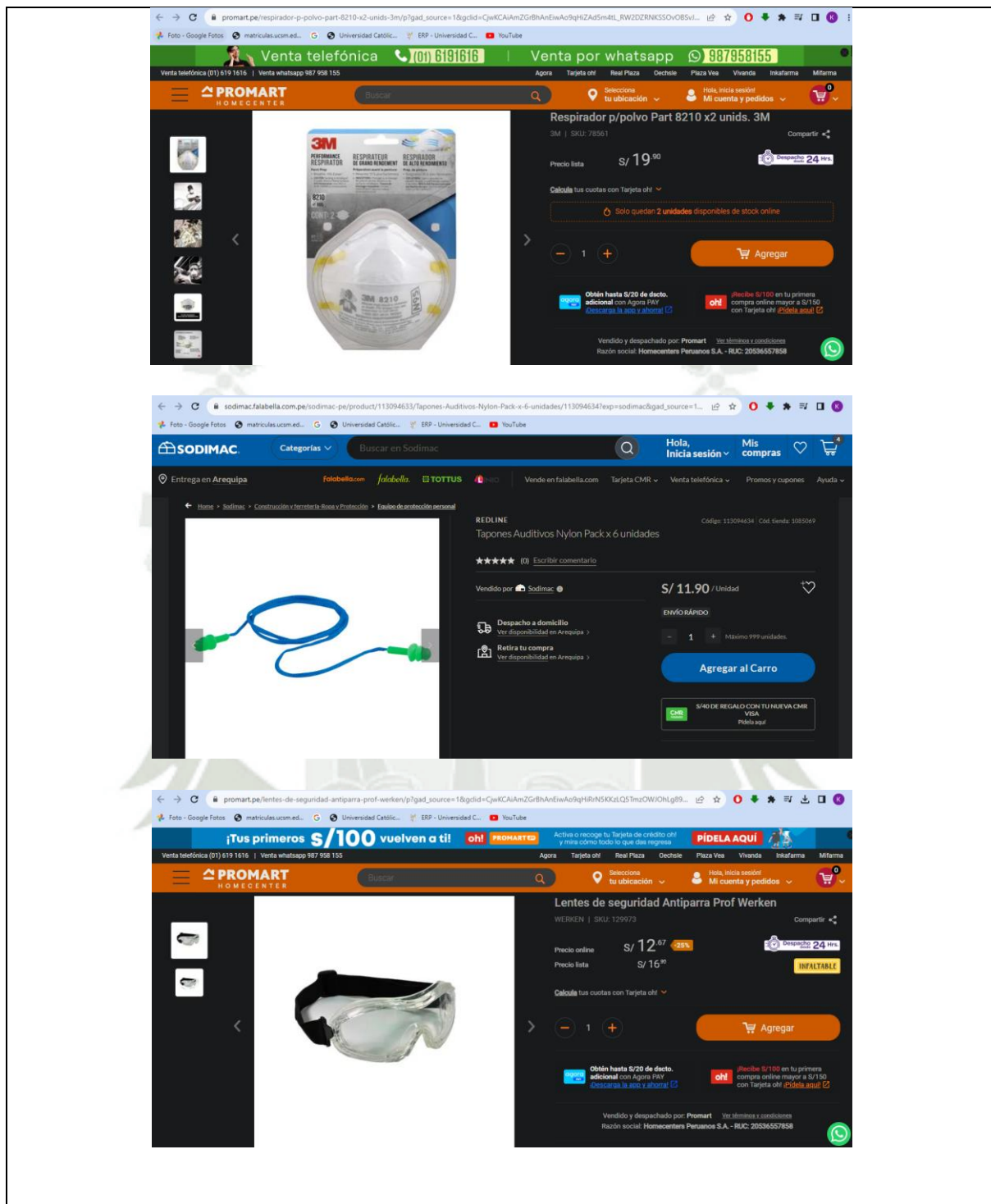
*Nota.* Extraído de la Página web oficial de SHALOM, 2023.

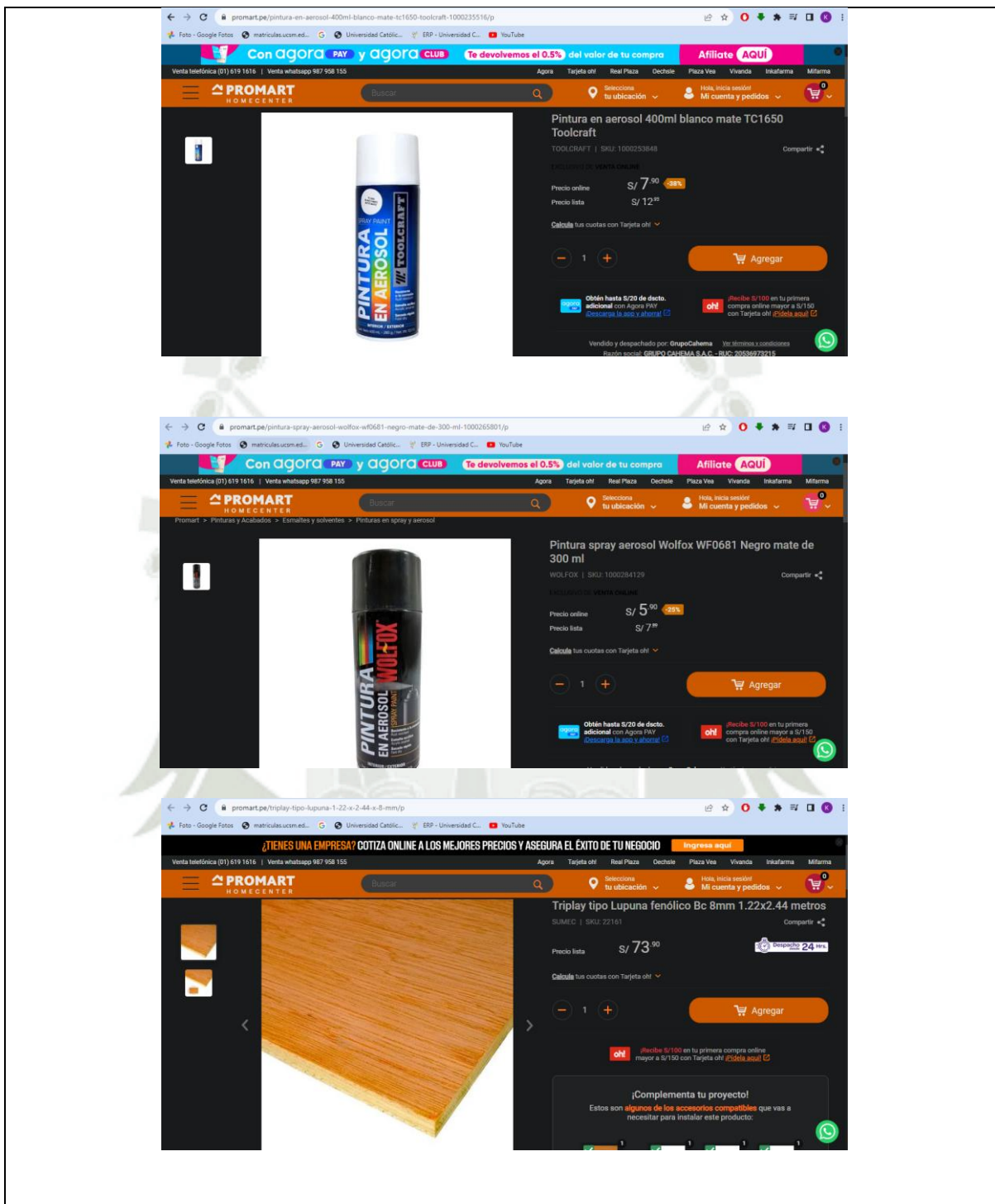
Anexo N°20

Costos materiales para señalización y Epp's

### COSTOS DE MATERIALES Y EPP'S





Nota. Extraído de la Página web oficial de Promart, 2023.

Anexo N°21

Costo de actualizacion de extintores



## INDEXSUR S.R.L.

IMPORTADORES Y DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS DE EXTINTORES UL

MARCA AMEREX, BADGER, GLORIA, INTOMASA, FADEX, FIRE, CRM, APAD Y RECARGAS EN GENERAL

MANGUERAS, GRIFOS CONTRA INCENDIOS, LUCES DE EMERGENCIA, SEÑALIZACIONES Y BOTIQUINES DE PRIMEROS AUXILIOS  
OXIGENOS MEDICINALES REGULADORES MARCA WESTERN, VICTOR, ACCESORIOS Y ARTICULOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

CALLE MALECON ZOLEZZI N° 341 MNO. MELGAR TEL. 054 - 417702 CEL. 950459395 - 959616038 [indexsur@hotmail.com](mailto:indexsur@hotmail.com)

[www.exsurextintores.com](http://www.exsurextintores.com) E-mail: [indexsur@hotmail.com](mailto:indexsur@hotmail.com) -  
AREQUIPA - PERU



AREQUIPA, 06 DE JULIO DEL 2023

SEÑORES:  
KATIUSKA MAMANI

PRESENTE.-

COTIZACION N° 2327 JULIO - 2023

DE NUESTRA CONSIDERACIÓN:

Es muy grato dirigirnos a ustedes para hacer llegar nuestro cordial saludo, a la vez **PRESENTAR NUESTRA COTIZACIÓN:**

**VENTA Y RECARGA DE EXTINTORES PQS**

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	P/UNIT/S/.	P/ TOTAL/S/.
01	01 UND	RECARGA DE EXTINTORES PQS AL 40% CAP. 01KG	15.00	15.00
02	01 UND	RECARGA DE EXTINTORES PQS AL 40% CAP. 04KG	30.00	30.00
03	02 UND	RECARGA DE EXTINTORES PQS AL 40% CAP. 06KG	40.00	80.00
04	01 UND	VENTA DE EXTINTOR PQS DE CAP. 06 KG	80.00	80.00
05	01 UND	VENTA DE EXTINTOR PQS DE CAP. 04 KG	70.00	70.00
06	01 UND	BOTIQUIN MADERA 30X40 CON CHAPA	50.00	50.00
07	01 UND	BOTIQUIN MADERA 20X30 CON CHAPA	35.00	35.00
<b>TOTAL S/</b>			<b>360.00</b>	<b>360.00</b>

- **TIEMPO DE ENTREGA** : 01 DIAS
- **FORMA DE PAGO** : PREVIO DEPOSITO
- **VALIDEZ DE OFERTA** : -

## Anexo N°22

### Costos de la señales de seguridad.

### SEÑALES DE SEGURIDAD

falabella.com.pe/falabella-pe/basket

Foto - Google Fotos matriculas.ucsm.ed... Universidad Católic... ERP - Universidad C... YouTube

**falabella.com** Menú

Entrega en Arequipa falabella. SODIMAC TOTTUS INO Vende en falabella.com Tarjeta CMR Venta telefónica Promos y cupones Ayuda

Hola, Inicia sesión Mis compras

**Carro (23 productos)**

**Señal de Sustancia...** S/ 5,20  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 1 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Extintor...** S/ 13,90  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 4 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Atención...** S/ 5,20  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 6 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Vinil de...** S/ 4,90  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 2 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Vinil de...** S/ 4,90  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 2 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Vinil de...** S/ 4,90  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 5 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Salida...** S/ 21  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 1 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Zona...** S/ 5,20  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 1 +  
Máx 999 unidades

**Señal de Botiquín...** S/ 5,20  
FIXSER Vendido por SODIMAC - 1 +  
Máx 999 unidades

**Resumen de la orden**

Envío a domicilio no incluido

**Productos (23)** S/ 167,50

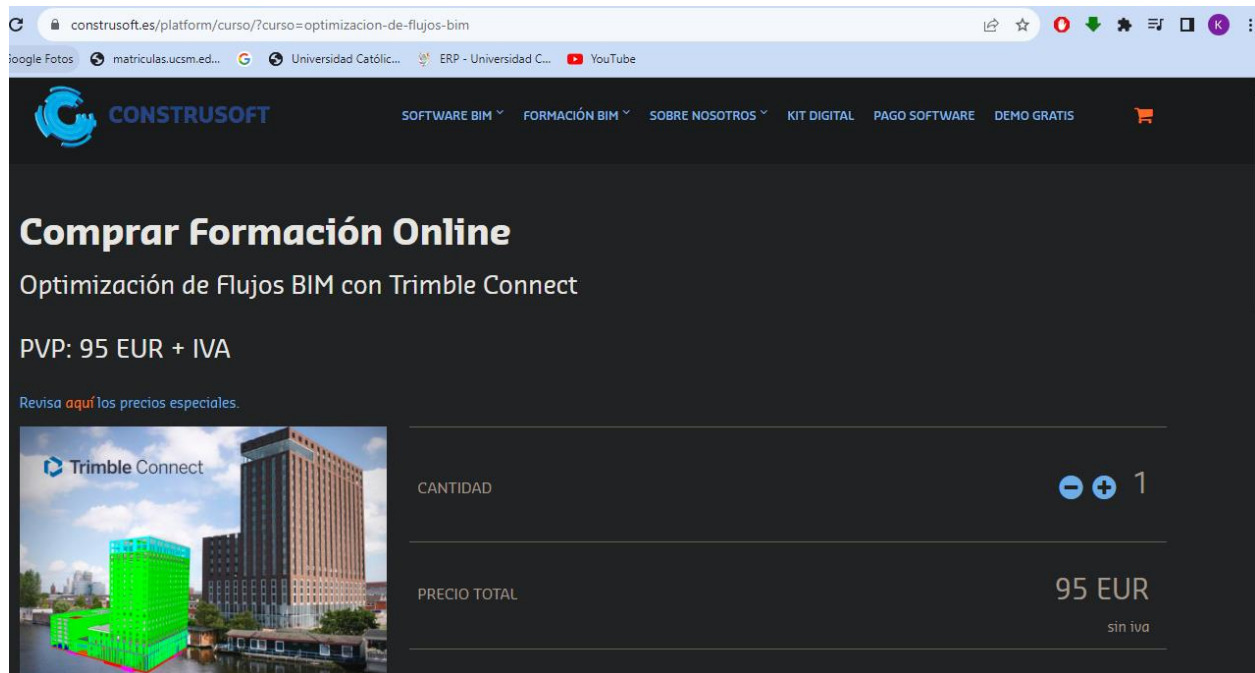
**Total:** S/ 167,50

Continuar compra

*Nota.* Extraído de la Página web oficial de Promart, 2023.

## Anexo N°23

### Costos capacitación Trimble Connect



construsoft.es/platform/curso/?curso=optimizacion-de-flujos-bim


SOFTWARE BIM FORMACIÓN BIM SOBRE NOSOTROS KIT DIGITAL PAGO SOFTWARE DEMO GRATIS

## Comprar Formación Online

Optimización de Flujos BIM con Trimble Connect

PVP: 95 EUR + IVA

Revisa [aquí](#) los precios especiales.

	CANTIDAD	- + 1
	PRECIO TOTAL	95 EUR sin IVA

*Nota.* Extraído de la página de Construsoft, 2023.

**Anexo N°24**

*Costos de la capacitación de manejo de extintores y primeros auxilios.*



**SISTEMAS DE GESTION INTEGRADOS Y SAFETY SAC**  
PROFESIONALES EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL  
E-mail: cursos.sgi@gmail.com; Cel./ RPM #998776649; RPC: 992579485

Arequipa, 24 de junio 2023

Srta.  
KATIUSKA MAMANI

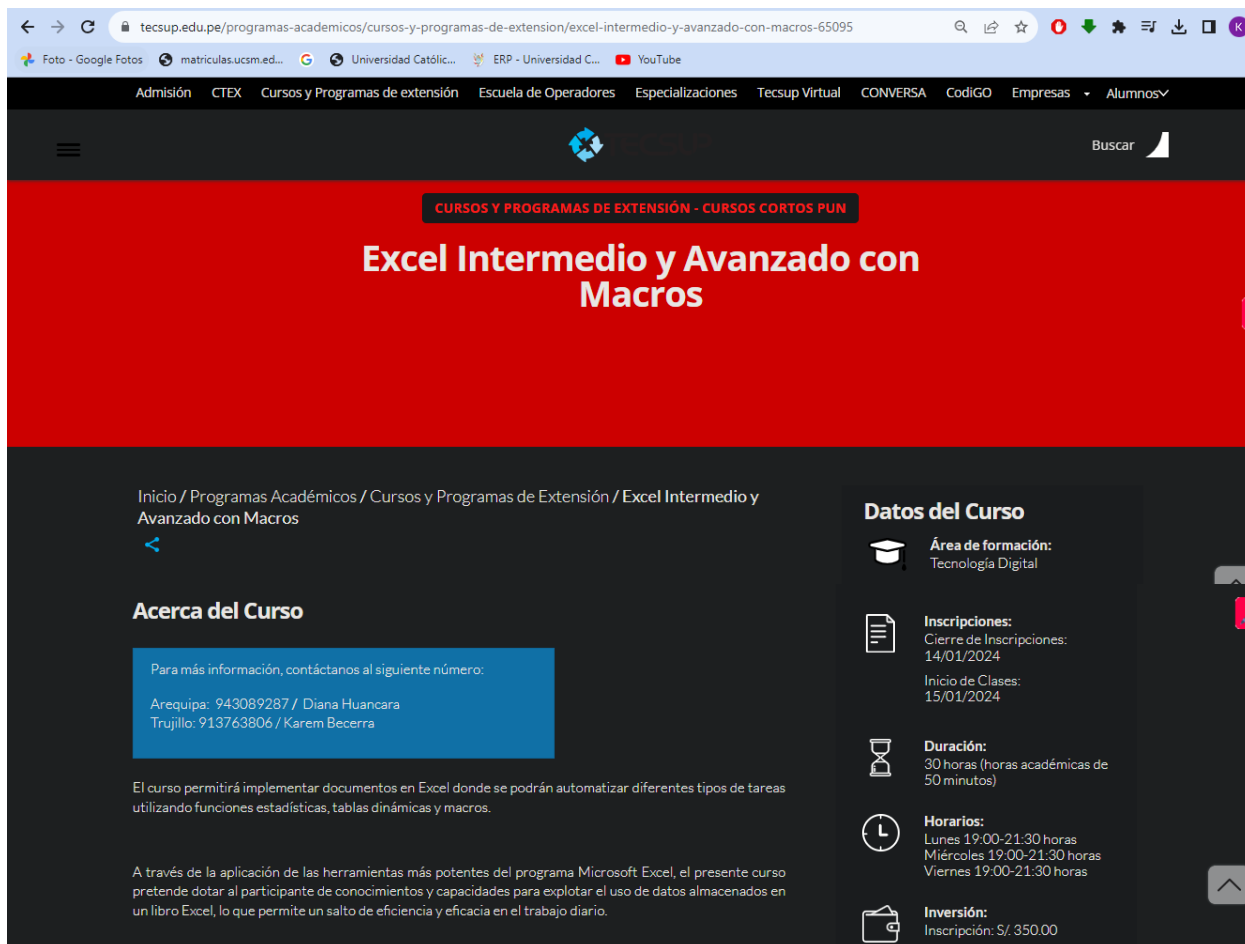
Asunto: Cotización de Curso "Primeros Auxilios y Manejo y uso de Extintores"

Mediante la presente me es grato saludarlo a la vez hacerle llegar nuestra propuesta económica por los ítems que se indican a continuación.

ITEM	CURSO DE CAPACITACION	COSTO
01	<p><b>CURSOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>PRIMEROS AUXILIOS</b>(Incluye muñecos de RCP y equipos para practica)</li> </ul> <p>Duración: 08 Horas Participantes: participantes N# de Grupos: 01 grupos. Lugar: Instalaciones – Arequipa</p> <p><b>COSTO DE CAPACITACION -----</b> (No incluye IGV).</p>	S/ 490.00
	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>MANEJO Y USO DE EXTINTORES</b> (Incluye modulo para prácticas)</li> </ul> <p>Duración: 8 Horas</p> <p>Participantes: participantes N# de Grupos: 01 grupos. Lugar: Instalaciones – Arequipa</p> <p><b>COSTO DE CAPACITACION -----</b> (No incluye IGV).</p>	S/ 490.00
	<p><b>CONDICIONES COMERCIALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incluye certificados en digital, registro de asistencia y evaluaciones.</li> <li>La presente es válida por los cursos indicados y la cantidad de participantes por curso.</li> <li>Los extintores será proporcionados por quien contrata el servicio.</li> <li>El precio indicado No incluye IGV.</li> <li>La presente cotización tiene una vigencia de 30 días.</li> <li>Cualquier postergación tendrá un carquo del 30% calculado sobre el costo del curso.</li> </ul>	

## Anexo N°25

### Costo de la capacitación de Excel Intermedio



tecnup.edu.pe/programas-academicos/cursos-y-programas-de-extension/excel-intermedio-y-avanzado-con-macros-65095

Admisión CTEX Cursos y Programas de extensión Escuela de Operadores Especializaciones Tecsup Virtual CONVERSA CodíGO Empresas Alumnos

CURSOS Y PROGRAMAS DE EXTENSIÓN - CURSOS CORTOS PUN

## Excel Intermedio y Avanzado con Macros

Inicio / Programas Académicos / Cursos y Programas de Extensión / Excel Intermedio y Avanzado con Macros

### Acerca del Curso

Para más información, contáctanos al siguiente número:

Arequipa: 943089287 / Diana Huancara  
Trujillo: 913763806 / Karem Becerra

El curso permitirá implementar documentos en Excel donde se podrán automatizar diferentes tipos de tareas utilizando funciones estadísticas, tablas dinámicas y macros.

A través de la aplicación de las herramientas más potentes del programa Microsoft Excel, el presente curso pretende dotar al participante de conocimientos y capacidades para explotar el uso de datos almacenados en un libro Excel, lo que permite un salto de eficiencia y eficacia en el trabajo diario.

### Datos del Curso

- Área de formación:** Tecnología Digital
- Inscripciones:** Cierre de Inscripciones: 14/01/2024  
Inicio de Clases: 15/01/2024
- Duración:** 30 horas (horas académicas de 50 minutos)
- Horarios:** Lunes 19:00-21:30 horas  
Miércoles 19:00-21:30 horas  
Viernes 19:00-21:30 horas
- Inversión:** Inscripción: S/. 350.00

*Nota.* Extraído de la Página web oficial de TECSUP

**Anexo N°26***Costos de capacitación en Metrología*

## VMBMD: METROLOGÍA Y METROLOGÍA DIMENSIONAL (Virtual)

Inicio Vie 26 de Enero

Importante curso que cuenta con instrumentos reales, con un método exclusivo de transmisión y con expertos en metrología con amplia experiencia de campo y en pedagogía. Además el curso expande su alcance con conceptos a metrología tridimensional, ajustes, reconocimiento de elementos de unión y otros. Los objetivos del curso consisten en brindar entrenamiento usando instrumentos reales en diversas unidades y escalas, verificar medidas con probetas y componentes reales de campo, definir pautas básicas de buen uso y de cuidado de instrumentos, exponer conceptos de tolerancias y ajustes y mostrar aplicaciones prácticas.

### Duración

20 h

### Sesiones

5 sesiones de 3 h + 5 h de tareas y evaluaciones.

### Requisitos

- Ninguno

---

## Introducción

En nuestro país se hace cada vez más importante la calidad y el uso normas, en especial las NORMAS ISO. La forma más concreta de trabajar con calidad es haciendo las verificaciones al inicio, durante y al finalizar un proceso. Por esa razón, la metrología juega un papel de vital importancia en nuestra industria si desea internacionalizarse con calidad y competitividad. La METROLOGÍA como CIENCIA DE LA MEDICIÓN, tiene aplicaciones directas en las operaciones de producción y mantenimiento, pues una pieza no funciona eficientemente si es que no se encuentra dentro de las tolerancias especificadas.

El curso de METROLOGÍA se desarrolla con INSTRUMENTOS, SOFTWARE de medición y técnicas que son expuestas por un ingeniero CON CALIFICACIONES INTERNACIONALES EN METROLOGÍA, a esto se agrega la reconocida calidad de servicios y comodidad de nuestras instalaciones, obtenemos un excelente curso el cual recomendamos.

## Contenido

- Calibración y certificación.
- Instrumentos de medición mm y pulgadas.

- Vernier 0.01 mm y 1/64 pulgadas.
- Micrómetro 0-25; 25-50; 50-75; 75-100 mm
- Micrómetro en pulgadas.
- Mediciones de exteriores.
- Mediciones de interiores. Alexómetro.
- Mediciones de profundidades. Profundímetro.
- Medición angular. Transportador. Goniómetro.
- Metrología dimensional.
- Tolerancia y ajustes.
- Tornillos. Reconocimiento.
- Ejercicios con instrumentos y componentes industriales.
- Evaluación.

## Ventajas Diferenciales

- Prácticas con instrumentos y componentes reales.
- Uso de software de medición.
- Dinámica de trabajo y aprendizaje en equipo.
- Expositor con 20 años de experiencia pedagógica.
- Asesoramiento individualizado.

## Incluye

- Uso de instrumentos reales.
- Información digital especializada.
- Certificado a nombre de la Institución MEGATEC TRAINING S.A.C.
- Material exclusivo.
- Evaluación en línea.

## Orientado

Profesional técnico mecánico, electricista, electrónico y mecatrónico de taller, construcción y mantenimiento.

## Inversión

**Pago único curso:** S/ 380.00 soles (No Inc. IGV). Solo en Perú.

- Costo Extranjeros: **\$ 100.00 USD**. Pagos a través de PayPal, Tarjeta de Crédito o Remesas.

## Horario de Clases (Zona horaria: UTC-05 Bogota, Quito, Lima)

Sesión	Fechas	Horas
1	Vie 26 de Enero del 2024	20.00 a 23.00 h
2	Sab 27 de Enero del 2024	20.00 a 23.00 h
3	Dom 28 de Enero del 2024	20.00 a 23.00 h
4	Lun 29 de Enero del 2024	20.00 a 23.00 h
5	Mar 30 de Enero del 2024	20.00 a 23.00 h