

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Rediseño de planta yesera artesanal en Mórrope para incrementar su
productividad**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Angelica Maria Morales Jimenez

ASESOR

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

<https://orcid.org/0000-0002-5299-1200>

Chiclayo, 2022

**Rediseño de planta yesera artesanal en Mórrope para incrementar su
productividad**

PRESENTADA POR:

Angelica Maria Morales Jimenez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Danny Adolfo Bustamante Sigueñas

PRESIDENTE

Maria Raquel Maxe Malca

SECRETARIO

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

VOCAL

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mis padres por su apoyo incondicional, por sus buenos consejos, por su tiempo y esfuerzo invertido, permitiéndome lograr culminar esta etapa de mi vida.

Dedico también a Dios, por la fortaleza brindada en cada momento difícil y por ser mi guía a lo largo de este camino.

Agradecimientos

Agradezco a mi asesora, Mgtr. Sonia Mirtha Salazar Zegarra, por su comprensión, orientación y apoyo dados durante el desarrollo del presente trabajo.

Morales Jiménez V2

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	23%	6%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	5%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uti.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1%
9	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	

Índice

Resumen	12
Abstract.....	13
I. INTRODUCCIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teórico Científicas	20
1.1.1. Proceso artesanal del yeso	20
1.1.2. Proceso industrial del yeso.....	20
1.1.3. Análisis ABC.....	23
1.1.4. Despilfarro.....	23
1.1.5. Estudio del trabajo	24
1.1.6. Estudio de tiempos	25
1.1.7. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.....	27
1.1.8. Producción.....	28
1.1.9. Productividad.....	28
1.1.10. Eficiencia física	28
1.1.11. Eficiencia económica	29
1.1.12. Capacidad	29
1.1.13. Herramienta 5WH.....	29
1.1.14. Método GINSHT.....	30
1.1.15. Método Check List OCRA	38
1.1.16. Matriz de priorización.....	48
1.1.17. Distribución de planta	48
1.1.18. Método de Guerchet	49
1.1.19. Método SLP	50
1.1.20. Diseño de los ambientes de trabajo	51
1.1.21. Diseño de trabajo.....	52
1.1.22. Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS).....	53
III. RESULTADOS.....	54
3.1. OBJETIVO 1. DIAGNOSTICAR EL ACTUAL SISTEMA PRODUCTIVO ARTESANAL DE LA EMPRESA YESERA.....	54
3.1.1. La empresa	54
3.1.2. Productos.....	55
3.1.3. Materiales directos	57
3.1.4. Materiales indirectos	59

3.1.5. Mano de obra.....	59
3.1.6. Maquinaria	61
3.1.7. Herramientas	62
3.1.8. Suministros.....	62
3.1.9. Proceso productivo.....	62
3.1.10. Sistema de producción.....	64
3.1.11. Análisis del proceso productivo	64
3.1.12. Indicadores de producción y productividad	74
3.1.13. Resumen de indicadores	86
3.1.14. Problemas, causas y propuestas de solución.	87
3.2. OBJETIVO 2. ESTABLECER LAS HERRAMIENTAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.	133
3.3. ELABORAR UNA PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA ARTESANAL DE LA EMPRESA YESERA PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD	135
3.3.1. Mejora 1: Diseño de métodos de trabajo	135
3.3.2. Mejora 2: Implementación de maquinaria y equipo de acarreo	145
3.3.3. Mejora 3: redistribución de planta.....	170
3.4. NUEVOS INDICADORES.....	183
3.5. Objetivo 4: Establecer un análisis costo – beneficio de la propuesta.....	189
IV. CONCLUSIONES	197
V. RECOMENDACIONES.....	199
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200
VII. ANEXOS.....	202

Lista de tablas

Tabla 1. Tipos de horno.....	22
Tabla 2. Tipos de molinos	22
Tabla 3. Número aproximado de ciclo a observar	27
Tabla 4. Guía de análisis	30
Tabla 5. Consideraciones de la aplicación del método GINSHT.....	31
Tabla 6. Tipo de garre	33
Tabla 7. Peso teórico en función de la posición de la manipulación de carga	33
Tabla 8. Factor de Corrección de Población protegida (FP)	34
Tabla 9. Factor de corrección de Distancia vertical (FD)	35
Tabla 10. Factor de corrección de Giro (FG)	35
Tabla 11. Factor de corrección de Agarre (FA)	35
Tabla 12. Factor de corrección de Frecuencia (FF)	36
Tabla 13. Tipo de riesgo en función del peso real y peso aceptable	36
Tabla 14. Límite de la carga transportada en función de la distancia recorrida	37
Tabla 15. Tipo de riesgo en función de la carga transportada al día y la distancia recorrida ...	37
Tabla 16. Tipos de riesgo	37
Tabla 17. Puntaje del Factor de Recuperación (FR)	40
Tabla 18. Puntaje de acciones técnicas dinámicas (ATD)	41
Tabla 19. Puntaje de acciones técnicas estáticas (ATE)	42
Tabla 20. Escala CR-10 de Borg.....	42
Tabla 21. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz)	43
Tabla 22. Puntaje del hombro (PHo).....	44
Tabla 23. Puntaje del codo (PCo)	44
Tabla 24. Puntaje de la muñeca (PMu).....	45
Tabla 25. Puntaje de la mano (PMa)	45
Tabla 26. Puntaje de movimientos estereotipados (PEs)	45
Tabla 27. Puntaje de los Factores físico mecánicos (Ffm)	46
Tabla 28. Puntaje de los factores organizativos (Fso).....	46
Tabla 29. Puntaje del Multiplicador de duración (MD)	47
Tabla 30. Nivel de riesgo, acción recomendada e Índice OCRA equivalente	47
Tabla 31. Clasificación del porcentaje	56
Tabla 32. Análisis ABC	56
Tabla 33. Composición de la piedra de yeso.....	58
Tabla 34. Fases de la piedra de yeso	58
Tabla 35. Cantidad de materiales directos	59
Tabla 36. Grado de instrucción de los operarios	60
Tabla 37. Cantidad de maquinaria.....	61
Tabla 38. Ficha técnica del molino	61
Tabla 39. Programación de la producción	69
Tabla 40. Leyenda del diagrama de recorrido del proceso.....	72
Tabla 41. Fechas de las observaciones	73
Tabla 42. Tiempo promedio de los elementos	73
Tabla 43. Producción real de yeso de construcción 2019	76
Tabla 44. Cuadro resumen del indicador de producción	77
Tabla 45. Costo unitario por recurso	80

Tabla 46. Costos de producción.....	81
Tabla 47. Ingresos por ventas	81
Tabla 48. Resumen de tiempos por actividad	82
Tabla 49. Pedidos no atendidos 2019	83
Tabla 50. Cantidad de mermas 2019	84
Tabla 51. Pérdidas económicas por cantidad de mermas 2019	85
Tabla 52. Pérdidas económicas por pedidos no atendidos 2019	86
Tabla 53. Resumen de indicadores.....	87
Tabla 54. Problemas, causas y propuestas de solución	87
Tabla 55. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de llenado y calcinación.....	89
Tabla 56. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de limpieza de hornos artesanales..	91
Tabla 57. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de trituración	92
Tabla 58. Aplicación 5WH de la etapa de molienda	94
Tabla 59. Aplicación 5WH en la etapa de embolsado	96
Tabla 60. Consideraciones a evaluar para la aplicación del método GINSHT	99
Tabla 61. Datos de la manipulación manual de carga.....	100
Tabla 62. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de llenado y calcinación	101
Tabla 63. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de trituración	102
Tabla 64. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de molienda	103
Tabla 65. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de embolsado.....	104
Tabla 66. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de llenado y calcinación	106
Tabla 67. Ficha de cálculo de peso aceptable de la etapa de trituración	107
Tabla 68. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de molienda	108
Tabla 69. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de embolsado	109
Tabla 70. Peso aceptable de las actividades.....	110
Tabla 71. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de llenado y calcinación.....	111
Tabla 72. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de trituración	112
Tabla 73. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de molienda	113
Tabla 74. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de embolsado	114
Tabla 75. Tipo de riesgo por actividad	115
Tabla 76. Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) de las actividades repetitivas.....	116
Tabla 77. Puntaje del Tiempo neto de ciclo (TNC).....	117
Tabla 78. Puntaje del Factor de Recuperación (FF) de las actividades repetitivas	118
Tabla 79. Identificación de las acciones técnicas dinámicas y estáticas de cada actividad repetitiva	118
Tabla 80. Puntaje de las acciones técnicas dinámicas de cada actividad repetitiva	119
Tabla 81. Puntaje de las acciones técnicas estáticas de cada actividad repetitiva	119
Tabla 82. Puntaje del Factor de Frecuencia (FF) para cada actividad repetitiva.....	120
Tabla 83. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz) de cada acción técnica.....	120
Tabla 84. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz) para cada actividad repetitiva	121
Tabla 85. Puntaje de Postura y Movimientos del hombro (PHo)	122
Tabla 86. Puntaje de postura y movimiento del codo (PCo)	122
Tabla 87. Puntaje de la postura y movimiento de la muñeca (PMu).....	123
Tabla 88. Puntaje de postura y movimiento de la mano (PMA).....	123
Tabla 89. Puntaje de los movimientos estereotipados (PEs)	124
Tabla 90. Puntaje del Factor de Posturas y movimientos (FP) de cada actividad repetitiva ..	124
Tabla 91. Puntaje de los Factores físico mecánicos (Ffm) para cada actividad repetitiva	125
Tabla 92. Puntaje del Factor de Riesgos Adicionales (FC) para cada actividad repetitiva	125

Tabla 93. Puntaje del Multiplicador de Duración (MD) para cada actividad repetitiva	126
Tabla 94. Puntaje del Índice Check List OCRA (ICKL) de cada actividad repetitiva	126
Tabla 95. Nivel de riesgo y acción recomendada para cada actividad repetitiva	127
Tabla 96. Maquinaria según el tipo de proceso	128
Tabla 97. Listado de EPP's	128
Tabla 98. Lista de verificación del ambiente de trabajo	130
Tabla 99. Escala de importancia	133
Tabla 100. Matriz de priorización de causas	133
Tabla 101. Escala de valoración	134
Tabla 102. Matriz de enfrentamiento de causas	134
Tabla 103. PETS de la etapa de pesado y descarga	136
Tabla 104. PETS de la etapa de trituración	137
Tabla 105. PETS de la etapa de calcinación	138
Tabla 106. PETS de la etapa de molienda	139
Tabla 107. PETS de la etapa de envasado	140
Tabla 108. Especificaciones técnicas del yeso de construcción	141
Tabla 109. PETS del análisis de humedad	142
Tabla 110. Formato de la hoja de cálculo de ensayo de humedad	143
Tabla 111. PETS del análisis granulométrico	144
Tabla 112. Formato de hoja de cálculo de ensayo granulométrico	145
Tabla 113. Demanda 2019	146
Tabla 114. Proyección de la demanda	147
Tabla 115. Capacidad requerida por maquinaria	153
Tabla 116. Capacidad requerida de las fajas transportadoras	153
Tabla 117. Capacidad requerida de los silos de almacenamiento	153
Tabla 118. Matriz de priorización de criterios	154
Tabla 119. Capacidad de la balanza camionera	155
Tabla 120. Comparación de balanzas camioneras	155
Tabla 121. Matriz de enfrentamiento	155
Tabla 122. Ficha técnica de la balanza camionera	156
Tabla 123. Comparación de trituradoras de mandíbula	156
Tabla 124. Matriz de enfrentamiento	156
Tabla 125. Ficha técnica de trituradora de mandíbula	157
Tabla 126. Comparación de hornos rotatorios	157
Tabla 127. Matriz de enfrentamiento	158
Tabla 128. Ficha técnica de horno rotatorio	158
Tabla 129. Comparación de molino de pitones	159
Tabla 130. Matriz de enfrentamiento	159
Tabla 131. Ficha técnica de molino de pitones	159
Tabla 132. Comparación de bandas transportadoras 1	160
Tabla 133. Matriz de enfrentamiento	160
Tabla 134. Ficha técnica de la faja transportadora 1	160
Tabla 135. Comparación de banda transportadoras 2	161
Tabla 136. Matriz de enfrentamiento	161
Tabla 137. Ficha técnica de la faja transportadora 2	161
Tabla 138. Comparación de bandas transportadoras 3	162
Tabla 139. Matriz de enfrentamiento	162
Tabla 140. Ficha técnica de la faja transportadora 3	162

Tabla 141. Comparación de silos de almacenamiento	163
Tabla 142. Matriz de enfrentamiento	163
Tabla 143. Ficha técnica de silo de almacenamiento	163
Tabla 144. Comparación de las envasadoras automatizadas	164
Tabla 145. Matriz de enfrentamiento	164
Tabla 146. Ficha técnica de la envasadora automatizada.....	164
Tabla 147. Comparación de carretilla elevadora	165
Tabla 148. Matriz de enfrentamiento	165
Tabla 149. Ficha técnica de carretilla elevadora	166
Tabla 150. Comparación de pallets	166
Tabla 151. Matriz de enfrentamiento	166
Tabla 152. Ficha técnica del pallet.....	167
Tabla 153. Comparación de los equipos de captación de gases de combustión.....	168
Tabla 154. Matriz de confrontación	168
Tabla 155. Ficha técnica del captador de gases de combustión.....	168
Tabla 156. Comparación de los filtros de manga	169
Tabla 157. Matriz de confrontación	169
Tabla 158. Ficha técnica del filtro de mangas.....	169
Tabla 159. Requerimiento de mano de obra	170
Tabla 160. Área de pesado	171
Tabla 161. Volumen de piedra de yeso	171
Tabla 162. Área del almacén de materia prima	172
Tabla 163. Área de producción.....	172
Tabla 164. Área de las oficinas de producción.....	173
Tabla 165. Área de las oficinas administrativas.....	174
Tabla 166. Área de servicios higiénicos (hombres).....	175
Tabla 167. Área de servicios higiénicos (mujeres).....	175
Tabla 168. Área de vestuarios (hombres)	175
Tabla 169. Área de vestuarios (mujeres)	176
Tabla 170. Área de la caseta de recepción	176
Tabla 171. Área del comedor.....	176
Tabla 172. Área del almacén de producto terminado	177
Tabla 173. Otras áreas.....	177
Tabla 174. Área total de la empresa yesera.....	178
Tabla 175. Valores de proximidad	178
Tabla 176. Código de proximidad.....	179
Tabla 177. Representación de valores de proximidad	181
Tabla 178. Comparación de indicadores.....	189
Tabla 179. Demanda proyectada.....	189
Tabla 180. Costos unitarios de infraestructura	190
Tabla 181. Costo total de infraestructura.....	191
Tabla 182. Costos de maquinaria, herramientas y equipos	192
Tabla 183. Costos de EPP's	193
Tabla 184. Costos de traslado de maquinaria.....	193
Tabla 185. Costos de producción	194
Tabla 186. Gastos administrativos	194
Tabla 187. Flujo de caja	195
Tabla 188. Costo - beneficio.....	196

Lista de figuras

Figura 1. Peso teórico en función de la posición de manipulación de la carga	32
Figura 2. Medición del giro del tronco	32
Figura 3. Estructura del método SLP	51
Figura 4. Ubicación de la empresa yesera	54
Figura 5. Bolsas de yeso de construcción	55
Figura 6. Clasificación ABC.....	57
Figura 7. Organigrama de la empresa yesera	60
Figura 8. Diagrama de bloques del proceso artesanal de yeso de construcción.....	65
Figura 9. Diagrama gráfico del proceso artesanal de yeso de construcción	68
Figura 10. Plano actual de la empresa yesera.....	70
Figura 11. Diagrama de recorrido del proceso	71
Figura 12. Cursograma analítico del proceso artesanal de yeso de construcción.....	74
Figura 13. Llenado del horno artesanal	90
Figura 14. Acomodo de materiales	90
Figura 15. Calcinación de piedra de yeso	90
Figura 16. Trituración de yeso de construcción	93
Figura 17. Carga de yeso de construcción	93
Figura 18. Traslado de yeso de construcción	93
Figura 19. Descarga del yeso de construcción en el alimentador del molino	95
Figura 20. Carga de los baldes con el yeso de construcción	95
Figura 21. Llenado de las bolsas de plástico	97
Figura 22. Amarre de las bolsas de plástico.....	97
Figura 23. Resultados de la pregunta ¿Qué?	98
Figura 24. Orden de las etapas del proceso de yeso de construcción.....	129
Figura 25. Espacio del área del almacén de insumos desordenado.....	131
Figura 26. Espacio del área de molienda y embolsado desordenado	131
Figura 27. Neumáticos y materiales mal ubicados.....	131
Figura 28. Distancias de transportes.....	132
Figura 29. Demanda 2019	146
Figura 30. Balance de materia de la etapa de pesado.....	148
Figura 31. Balance de materia de la etapa de descarga.....	148
Figura 32. Balance de materia de la etapa de trituración	149
Figura 33. Balance de materia de la etapa de calcinación	150
Figura 34. Balance de materia de la etapa de molienda	151
Figura 35. Balance de materia de la etapa de envasado	151
Figura 36. Balance de materia del proceso industrial de yeso de construcción	152
Figura 37. Tabla relacional de actividades.....	180
Figura 38. Diagrama relacional de hilos.....	182
Figura 39. Diagrama de bloques del proceso industrial de yeso de construcción	184
Figura 40. Diagrama de análisis del proceso industrial de yeso de construcción.....	185
Figura 41. Cursograma analítico del proceso industrial de yeso de construcción.....	186

Resumen

La empresa yesera en estudio se encuentra en Mórrope – Lambayeque, se dedica a la producción de bolsas de yeso de construcción. Su situación actual muestra una serie de problemas, entre ellos la baja productividad. Por lo cual, en la presente investigación se estableció como objetivo realizar un rediseño de planta yesera artesanal en Mórrope para incrementar su productividad, identificando como sus principales causas generación de mermas con un 17% debido al inadecuado método de trabajo con el cual trabaja la empresa yesera, debido a los inadecuados ambientes de trabajo, no cuenta con maquinaria ni equipo de acarreo; otra de las causas son los altos tiempo improductivos, los cuales abarcan el 14% del total de las actividades del proceso artesanal de yeso de construcción por la distribución empírica de la planta, las cuales impiden que se logre atender a todos sus pedidos en un 33%. Por ello, se propuso un rediseño de la planta yesera aplicando ciertas herramientas y métodos como SLP, diseño de métodos de trabajo, método Guerchet, entre otros. Con dicha propuesta se logró abastecer a todos los pedidos atendidos, aumentó su eficiencia en un 14%, y un costo beneficio de 1,06 soles, lo cual confirma que la propuesta realizada es viable.

Palabras claves: Productividad, yeso de construcción, rediseño.

Abstract

The plaster company under study is located in Mórrope - Lambayeque, dedicated to the production of construction gypsum bags. Their current situation shows a series of problems, including low productivity. Therefore, in this research, the objective was to carry out a redesign of the artisanal plaster plant in Mórrope to increase its productivity, identifying as its main causes generation of losses with 17% due to the inadequate method of work with which the company works. yesera, due to inadequate work environments, does not have machinery or hauling equipment; Another of the causes is the high unproductive time, which encompasses 14% of the total activities of the artisan process of construction plaster due to the empirical distribution of the plant, which prevents it from being able to attend to all its requests in a 33 %. Therefore, a redesign of the plant was proposed applying certain tools and methods such as SLP, design of work methods, Guerchet method, among others. With this proposal, it was possible to supply all the requests met, increased its efficiency by 14%, and a cost benefit of 1,06 soles, which confirms that the proposal made is viable.

Keywords: Productivity, construction plaster, residence.

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los principales productores de yeso a nivel mundial en el año 2019, Estados Unidos lideró como el mayor productor de yeso con 20 millones de toneladas métricas aproximadamente, por delante de Irán y China con 16 millones de toneladas métricas aproximadamente cada uno. [1]

A nivel nacional, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas e informática, en su informe técnico de la producción nacional de enero 2020 se reportó un incremento de 2,98%, registrándose 126 meses consecutivos de crecimiento. Dicho resultado se obtuvo debido al desarrollo gradual positivo de la gran parte de los sectores productivos excluyendo al sector de la pesca; dentro de los cuales se encuentra posicionado el sector manufactura. Dicho sector aumentó 0,79% con respecto al mes de enero 2019 debido a la participación provechosa de sus subsectores tanto fabril primario (0,63%) como fabril no primario (0,83%); donde dentro de este último tenemos la intervención positiva de la fabricación de yeso en conjunto con el cemento y la cal, obteniendo un incremento de 7,70% debido a la mayor demanda interna por el desarrollo del avance físico en diversos tipos obras públicas, entre estas tenemos infraestructura vial, carretera y puentes, construcción de edificios, servicios básicos y prevención de riesgos en los tres ámbitos del gobierno, y también al incremento de la demanda externa por las exportaciones a Chile, Guatemala y Ecuador. [2]

La empresa yesera en estudio se dedica a la fabricación de bolsas de yeso de construcción (producto derivado del yeso), mediante un proceso productivo artesanal ofreciendo un producto de calidad a sus clientes, comprobado por medio de un análisis del producto, es por ello que su demanda ha ido incrementando.

Actualmente, la empresa yesera artesanal cuenta con una baja productividad debido a diversas causas, entre estas tenemos, el exceso de mermas generadas en su proceso productivo, altos tiempos improductivos; además de no lograr atender a todos sus pedidos. Es por ello que se hizo la pregunta, ¿En qué medida un rediseño de la planta yesera artesanal en Mórrope, incrementará su productividad?

Ante lo expuesto, se planteó como objetivo general rediseñar planta yesera artesanal en Mórrope para incrementar su productividad. Así mismo se plantearon los objetivos específicos para el logro de este proyecto: Diagnosticar el actual sistema productivo artesanal de la empresa yesera, establecer las herramientas del sistema productivo, elaborar una propuesta de

rediseño del sistema artesanal de la empresa yesera para incrementar su productividad y finalmente establecer un análisis costo - beneficio de la propuesta.

El rediseño de la planta yesera permitirá tener áreas de trabajo adecuadamente ambientadas donde los operarios realizarán sus actividades laborales en condiciones óptimas, de esta manera se disminuirán los riesgos labores dentro de planta.

Así también, se realizará un adecuado manejo de las posibles emisiones emitidas por alguna maquinaria utilizada dentro del proceso productivo de escayola de construcción, contribuyendo al cuidado del medio ambiente y de la salud y seguridad de los trabajadores.

Por otro lado, se incrementarán los ingresos por ventas de la empresa yesera, debido a que se disminuirán las mermas generadas en el proceso productivo de escayola de construcción con los nuevos métodos de trabajo, de esta manera se tendrá un mejor manejo y aprovechamiento de los materiales que ingresen en cada etapa. Además, se lograrán atender a todos los pedidos debido a la nueva capacidad de planta.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

K. E. Medina, J. A. Aguilar y J. Villegas (2019) [3], en su investigación “Diseño de una propuesta de una planta industrial para el aprovechamiento de residuos sólidos del proceso de curtido” En su metodología, emplearon el método de factores ponderados, la técnica de tabla y diagrama relacional de actividades, balance de línea y el método de guerchet, los cuales permitieron obtener la distribución final con la cual contará la planta de producción para el reaprovechamiento de viruta de cuero; además de considerar de manera previa áreas necesarias, ambientes de oficina u otros, vías de acceso, requerimientos de distancias exigidas según norma, servicios, correlación entre actividades y los requerimientos de maquinaria para la producción del producto final (cuero regenerado). Dentro de los resultados, se obtuvo finalmente que el área necesaria para la instalación e implementación de la planta de producción es de 85,77 m² aproximadamente; así también, para el suministro del servicio eléctrico se requerirá la instalación de un nuevo tablero con tensión de 380/220 V trifásico ya que los existentes en la planta se encuentran en su límite, el personal necesario para la nueva línea productiva rotará actividades para optimizar la mano de obra y disminuir costos. Así también, un crecimiento proyectado por la empresa en su producción del 37%. Este antecedente permite determinar el método de distribución de planta y el método para calcular el área de la empresa; los cuales son el método de Planificación Sistemática de Planta y el método Guerchet, respectivamente.

D. D. Thakre and U. A. Dabade (2017) [4], in his research “Case study on improvement in the design of the Design plant” they aim to redesign a plant that manufactures cylinder heads, turbochargers, water pumps, lubrication pumps and cam followers, in the turbocharger line. The methodology is based on applying the Systematic Design Planning method where the activity relationship diagram was made to determine the necessary closeness between the departments; Subsequently, the spatial relationship diagram was carried out in order to fix the area required for each department. Regarding the results, the proximity index between departments was maximized by 7.9%, material flow was minimized by 38.2% and a kitting area of 70 m² was added.

D. D. Thakre y U. A. Dabade (2017) [4], en su investigación “Estudio de caso sobre mejora en la planificación del diseño de planta” tienen como objetivo de rediseñar una planta que fabrica culatas, turbocompresores, bombas de agua, bombas de lubricación y seguidores

de leva, en la línea de turbocompresores. La metodología se basa en aplicar el método de Planificación Sistemática del Diseño donde se realizó el diagrama de relación de actividades para determinar la cercanía necesaria entre los departamentos; posteriormente, se llevó a cabo el diagrama de relación espacial con el fin de fijar el área requerida para cada departamento. Con respecto a los resultados, se maximizó el índice de cercanía entre departamentos en un 7,9%, se minimizó el flujo de material en un 38,2% y se añadió un área de kitting de 70 m². Este antecedente evidencia que el método de la Planificación Sistemática de Planta permite minimizar las distancias entre las áreas de la empresa, por lo cual se eligió como método de distribución de planta a emplear en el rediseño de la empresa yesera.

A. A. Zevallos, L. R. Sánchez y J. A. Aguilar (2017) [5], en su investigación “Diseño de planta piloto para la obtención de plata granalla utilizando un sistema de electrodeposición cilíndrico cerrado” aplicaron cierta metodología la cual se basa; en primer lugar, en determinar ciertos factores de localización para establecer la ubicación de la planta; posteriormente, se procede a determinar el tamaño de producción; luego se estableció el proceso productivo de plata granalla, el cual consta de 4 secciones: Chancado y molienda de mineral, lixiviación y filtración, electrodeposición y fundición; finalmente se procede a determinar la distribución de la planta mediante el método SLP y el área de la planta a través del método Guerchet; además, se realizó el diseño de las instalaciones eléctricas y de luminaria de acuerdo a la normativa vigente. Los resultados que se obtuvieron con la metodología aplicada, fue una producción mensual de 20 kilogramos de plata granalla/mes (99,99% de pureza), con los métodos de distribución de planta se logró ubicar adecuadamente las secciones de la planta optimizando los espacios disponibles de la planta, se obtuvo un área total de 465 m² con 6 tableros eléctricos de distribución de energía de 380/220 V trifásico para el uso de la luminaria y maquinaria requerida para llevar a cabo el proceso productivo de plata granalla. Este antecedente permite determinar el método de distribución de planta y el método para calcular el área de una empresa de minerales; los cuales son el método de Planificación Sistemática de Planta y el método Guerchet, respectivamente.

R. A. Gómez y A. A. Correa (2011) [6], en su investigación “Análisis de implementación de sistemas de bandas transportadoras en patios de almacenamiento en empresas de minería de carbón con simulación discreta y diseño de experimentos” tienen como objetivo establecer un enfoque metodológico para diseñar bandas transportadoras considerándolas

como equipo de acarreo de material en las operaciones de una empresa minera de carbón teniendo como base la utilización de técnicas cuantitativas. Para ello, se consideraron diversos aspectos como la cadena de suministro, gestión de almacenes, patios de almacenamiento y bandas transportadoras, los cuales tienen un gran impacto en la satisfacción del cliente y eficiencia en la minería del carbón, por lo cual son de importancia equipos de acarreo de material. Se identificó que el uso del diseño de experimentos permite establecer los factores clave que afectan el tiempo promedio de traslado de material los cuales son la capacidad, longitud y velocidad de la banda transportadora. Este antecedente evidencia que las bandas transportadoras son un equipo de acarreo adecuado para trasladar el material en la industria del carbón, similar a la industria del yeso; es por ello que se emplearan como medio para los transportes del material generado en las etapas del proceso industrial del yeso de construcción.

E. S. Castillo y S. Sejías (2019) [7], en su investigación “Minimización de material particulado generado en el proceso de clinkerización mediante el empleo de filtros de mangas” tuvieron como objetivo minimizar la aglomeración de emisiones de material particulado provenientes del horno de Clinker mediante la implementación de filtros de mangas. Dentro de su metodología, primero evaluaron las emisiones que contenían material particulado de acuerdo con la norma EPA 5 y EPA 17 con el fin de obtener la información necesaria para lo cual utilizaron un equipo de captación de material particulado “Equipo HIGH VOL PM₁₀”; posteriormente, se seleccionó un filtro de mangas con una zona filtrante de fibra sintética tomando en cuenta la temperatura de salida del horno y el tamaño de las partículas. De acuerdo a los resultados obtenidos, se obtuvo una alta eficiencia del filtro de mangas con un 98%, una densidad permitida por el filtro de 23 g/m³, una velocidad del filtro de 0,04 m/s, donde el material particulado captado de los gases de combustión generados en el horno contenía inquemados, cenizas y clinker (partículas con un rango de tamaño de 0,01 µm - 30 µm). Este antecedente permite determinar el sistema de control de material particulado emitido por el horno rotatorio, el cual es el filtro de mangas con la utilización previa de un captador de material particulado para determinar el tamaño de las partículas, con el fin de evitar o minimizar la contaminación del aire y contribuir con la prevención de enfermedades respiratorias en los trabajadores.

V. Ponce y A.F. Alcántara (2018) [8], en su investigación “El Procedimiento de trabajo seguro base para mejorar la seguridad y salud ocupacional de la pequeña minería

subterránea” tienen como objetivo establecer la incidencia de los Procedimientos de trabajo seguro base en la seguridad y salud ocupacional de la empresa en estudio. Dentro de las técnicas, se realizó una encuesta sobre la aplicación de los PETS – base a los trabajadores. Los resultados obtenidos de dichas encuestas indican que entre la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores y los PETS hay una relación relevante de manera positiva en la pequeña minería subterránea lo cual preserva el cuidado del recurso humano. Este antecedente evidencia que la implementación del Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS) establecido por el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional aplicado a la industria de la minería logran resultados positivos en lo que respecta a la salud y seguridad de los trabajadores, por ello es que se implementa en el rediseño de planta yesera, específicamente para pautar las actividades del proceso industrial de la escayola de construcción.

2.2. Bases Teórico Científicas

2.2.1. Proceso artesanal del yeso

L. de Villanueva [9], en su investigación narra que el yeso artesanal es aquel que se elabora en hornos donde no se tiene control alguno de la temperatura. Es un material multifásico que debido a sus características físicas se puede utilizar en la construcción. Así también detalla el proceso productivo artesanal del yeso, el cual se presenta a continuación.

- **Extracción de materia prima**

El aljez es la materia prima con la cual se fabrica el yeso comercial, extraído de canteras a cielo abierto, con la intervención de la maquinaria adecuada o con la ayuda manual.

- **Calcinación**

Esta etapa consiste en el quemado de la piedra de yeso en la cual se lleva a cabo la deshidratación del agua que compone al mineral en forma de vapor en hornos artesanales tradicionales, los cuales producen yesos multifase dependiendo la temperatura que alcance. Se produce anhídrita a una temperatura mayor a 200°C, y semihidrato a una temperatura menor a 180°C.

El lapso que dura la calcinación depende de la situación ambiental donde se encuentran los hornos artesanales, la duración de la etapa es de 18 horas en ambientes secos y de 30 horas en ambientes lluviosos.

- **Molido**

Una vez la piedra de yeso calcinada y enfriada se consigue las características del yeso comercial, material que procede a la etapa de molienda. Sin embargo, en algunas situaciones se realiza una trituración previa de manera mecánica con la intervención de una maza o estrujadora con el fin de facilitar la alimentación del molino.

- **Envasado y distribución**

El envasado se realiza en sacos de papel o de plástico y se distribuye según los medios del comprador.

2.2.2. Proceso industrial del yeso

ATEDY [10], en su publicación explica lo siguiente, el proceso de fabricación industrial de yeso el cual mas controlado, se ajustan las temperaturas de calcinación, aumenta la producción y uniformidad de los productos. A continuación se presentan las etapas del proceso industrial de yeso.

- **Extracción**

El yeso natural o aljez es extraído de las minas, su tamaño tiene un diámetro de 50 cm máximo, previamente se realiza una selección del material extraído.

- **Pesado**

Se continúa con el pesado de la piedra de yeso, la cual es transportada en un volquete a la planta yesera, dicho volquete ingresa al área de pesado y se centra en la balanza camionera para realizar la actividad correspondiente.

- **Descarga**

Una vez pesada la piedra de yeso, se procede a su descarga en el almacén de materia prima la cual estará debidamente señalada.

- **Trituración**

De manera previa a la calcinación, la piedra de yeso es triturada para reducir su tamaño entre 5 a 40 mm con el fin de facilitar la calcinación de la piedra de yeso. Para poder obtener este resultado, se puede utilizar:

Trituradora de mandíbula: Este tipo de trituradoras de mandíbula primaria tienen abertura cuadrada y las secundarias abertura rectangular, ambas trituran las piedras por comprensión.

Trituradora de cono: Pueden ser utilizadas tanto para la trituración primaria como secundaria.

- **Almacenamiento 1**

Culminada la trituración, se procede a almacenar el material con el fin de homogenizar el contenido y ser depositado posteriormente en los hornos de calcinación.

- **Calcinación**

La piedra de yeso triturada es llevada hacia hornos donde se realiza la calcinación, proceso donde se llevan a cabo las reacciones de deshidratación, en la cual las moléculas de agua se desprenden a una cierta temperatura y a medida que ésta va aumentando, se obtienen diversos tipos de yeso, los cuales pueden ser sulfato de calcio semihidrato o sulfato de calcio anhidro; cada uno con propiedades diferentes.

De acuerdo a Rivero [11], existen numerosos tipos de hornos según el tipo de yeso que se quiera alcanzar, los cuales se observan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Tipos de horno

Tipo de maquinaria	Descripción	Tipo de yeso
Horno rotatorio	Es alimentado con la piedra de yeso triturada en contracorriente con los gases calientes mediante un alimentador de cinta por peso. Los gases calientes se producen en una cámara de combustión. El exterior del horno consiste en gruesas chapas de acero que garantizan una distribución uniforme de las partículas a lo largo de la sección transversal del horno.	Semihidrato Anhidrita
Marmita y otros hornos de fuego indirecto	En este tipo de horno el yeso es calentado indirectamente a través de tubos o a través de una doble cámara exterior por los que circulan los gases de combustión calientes: se trata de hornos en los que los gases de combustión no se ponen en contacto directo con la piedra de yeso.	Semihidrato
Autoclaves	En este tipo de horno, los gases calientes a elevada velocidad se ponen en contacto en una cámara con el material que está finamente molido. El material es arrastrado por los gases y llevado a ciclones donde se separa el producto.	Anhidrita

Fuente: Rivero 1997

- **Almacenamiento 2**

El producto obtenido de la calcinación es depositado en silos de almacenamiento correspondientes con el fin de conservar el nivel de deshidratación del material.

- **Molienda**

Posteriormente, el yeso es trasladado al molino donde se reduce su tamaño en partículas más pequeñas de acuerdo al producto final que se quiere obtener. Para ello, en la **Tabla 2** se presentan los diferentes tipos de molinos que se pueden utilizar.

Tabla 2. Tipos de molinos

Tipo	Descripción
Molinos de martillos	Tiene una velocidad media de 900 rpm – 1 200 rpm con un circuito cerrado con el cribado para garantizar su granulometría final.
Molinos de espigas/pitones	Tiene una velocidad de 2 000 rpm – 3 000 rpm con separadores centrífugos.

Fuente: Rivero 1997

- **Envasado**

Finalmente, el material molido es trasladado a la tolva de la envasadora donde se utilizarán bolsas de plástico como envase de acuerdo a la presentación que se requiera. Una vez terminado este proceso el producto se encuentra listo para su distribución.

2.2.3. Análisis ABC

J. Heizer y B. Render [12], en su libro describen el análisis ABC como una técnica que se aplica a los inventarios partiendo del principio de Pareto, el cual indica cuáles son los productos cruciales y cuáles son los productos triviales. Dicha técnica administra los productos de acuerdo al volumen anual en dinero, para determinarlo se debe medir la demanda anual de cada producto que forma parte del inventario y multiplicar cada valor por su costo unitario. A continuación se detalla la clasificación del inventario con respecto a su volumen anual en dinero.

- **Productos de clase A:** Corresponde a los productos con un alto volumen anual en dinero, representando el 80% del total de los ingresos por ventas.
- **Productos de clase B:** Corresponde a los productos con un intermedio volumen anual en dinero, representando el 15% del total de los ingresos por ventas.
- **Productos de clase C:** Corresponde a los productos con un bajo volumen anual en dinero, representando el 5% del total de los ingresos por ventas.

Segmentar las clases de productos del inventario permite implantar adecuadas políticas de administración de inventarios y ciertos controles necesarios en cada clase.

2.2.4. Despilfarro

En el libro “Lean Manufacturing” [13], se ha definido despilfarro a todo aquello que no aporte valorización a un determinado bien, o no tenga las características necesarias para que sea procesado. Esta valorización se adiciona en el intervalo desde el momento en que las materias primas pasan por un proceso de transformación convirtiéndose en un bien o servicio con un valor superior a la inicial, el cual es ofrecido al mercado. Por otro lado, existen actividades que no suman valor al bien o servicio, sin embargo, son necesarias en el proceso.

De igual manera Rajadell y Sánchez en su libro nos definen los tipos de despilfarro que existen.

✓ **Despilfarro por sobreproducción**

Este tipo de despilfarro se produce por fabricar excesivas cantidades de material que no ha sido requerido, o por invertir en materiales auxiliares como equipos con una capacidad mayor a la necesaria. Así también, esto requiere de tiempo que no es aprovechado creando actividades improductivas y almacenes con stock de producto no demandado.

✓ **Despilfarro por tiempo de espera o tiempo vacío**

Este despilfarro equivale al tiempo desperdiciado como consecuencia de un método de proceso ineficiente, dentro del cual la intervención de los operarios no es la más óptimo debido a que algunos permanecen sin realizar ninguna actividad ocasionando tiempos muertos, mientras que a otros se les asigna actividades demás.

✓ **Despilfarro por transporte o movimientos innecesarios**

Este despilfarro se produce debido a la inadecuada manipulación de los materiales, ya sea por un mal diseño del layout; por ello, se recomienda ubicar lo más cerca posible tanto los equipos como las líneas de producción con el objetivo de que los materiales puedan circular de manera directa y así disminuir los transportes entre áreas.

✓ **Despilfarro por sobreproceso**

Este despilfarro es el resultado de producir un bien o servicio con más valor añadido de lo requerido o esperado por el cliente, esto se debe a que existen actividades o procesos innecesarios como las inspecciones adicionales, adición de pintura, limpieza, entre otros.

✓ **Despilfarro por exceso de inventarios**

Cuando se refiere a despilfarros por exceso de inventarios, engloba a los stocks que se puede tener en una fábrica ya sea de producto terminado, materias primas y otro insumo, ya que no se tiene una debida planificación de material produciendo problemas crónicos.

✓ **Despilfarro por defectos**

Este tipo de despilfarro es de los más comunes y aceptables en la industria, produciendo una baja productividad durante el proceso productivo, ya que se requiere de un trabajo adicional por el hecho de haber ejecutado inadecuadamente las actividades respectivas desde un principio.

2.2.5. Estudio del trabajo

R. García [14], en su libro detalla que el estudio de trabajo tiene diversos propósitos, dentro de los cuales los más importantes son:

- Mejorar los procesos y procedimientos.
- Reestablecer la capacidad y el diseño de la planta, así como el equipo y el área de trabajo.
- Minimizar la fuerza laboral y la fatiga excesiva.
- Minimizar la utilización de los materiales, maquinarias y mano de obra.

- Maximizar la seguridad laboral.
- Diseñar óptimas condiciones de trabajo.

Para llevar a cabo el estudio de trabajo, es necesario conocer las siguientes herramientas:

✓ **Diagrama de procesos**

De acuerdo al autor García, es una representación gráfica de las actividades secuenciales, las cuales crean un determinado proceso o procedimiento, y se identifican por medio de símbolos acorde con su naturaleza. Dichas actividades pertenecen a una clasificación de cinco categorías, siendo estas tales como operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes.

✓ **Diagrama de análisis de proceso**

Gráfico en el cual intervienen operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos en un proceso. Así también, se detalla otro tipo de información necesaria para su posterior estudio ya sea el tiempo necesario, la distancia alcanzada; con el fin de mostrar las actividades secuenciales.

✓ **Diagrama de recorrido**

Se utiliza para complementar el estudio del proceso. Su elaboración se basa en un plano a escala del área de producción, ubicando las máquinas y equipos requeridos; sobre dicho plano se señala la circulación del proceso.

2.2.6. Estudio de tiempos

B. W. Niebel y A. Freivalds [15], en su libro indica que el estudio de tiempos se fundamenta en emplear de técnicas para concretar el tiempo que demanda un trabajador competente en realizar una determinada actividad, ejecutándola de acuerdo al método de trabajo implantado.

- **Día de trabajo justo**

Esto equivale a que el trabajador debe realizar un día laboral completo correspondiente al salario designado, incluyendo suplementos u holguras comprensibles ya sea por asuntos personales, ineludibles y fatiga laboral. Por lo consiguiente, se tiene como expectativa que el trabajador labore según el método de trabajo establecido de manera eficiente, sin exceso ni carencia de carga laboral, representando el desempeño indicado durante su jornada de trabajo.

- **Requerimientos del estudio de tiempos**

Previamente a la ejecución del estudio de tiempos, es necesario tomar en cuenta los requerimientos esenciales para su desarrollo.

Responsabilidad del analista: La persona designada como analista debe tener seguridad del método o técnica que se va a aplicar sea el correcto, anotar con exactitud los tiempos medidos, evaluar de manera honesta y parcial el desempeño del trabajador y privarse de emitir algún comentario crítico.

Responsabilidad del supervisor: Esta persona debe avisar de manera previa al trabajador seleccionado que su trabajo será estudiado. Así también, debe encargarse de seleccionar al trabajador más competente y con experiencia requerida en su trabajo; y constatar que ejecute adecuadamente el método de trabajo establecido por la empresa.

Responsabilidad del operario: El trabajador seleccionado debe contribuir con el analista en la división de su actividad laboral en elementos, de esta manera se cubrirán todos los detalles particulares. Además, debe de realizar su tarea de manera habitual y constante durante el estudio usando el método establecido exacto, evitando introducir algún elemento extraño o movimiento innecesario.

- **Equipo para el estudio de tiempos:** Para el estudio de tiempos se necesita un cronómetro y un formato para el estudio de tiempos.

- **Elementos del estudio de tiempos:** Se debe seleccionar el operario calificado, registrar la información significativa, establecer la posición del observador y dividir la operación en elementos.

- **Ejecución del estudio de tiempos:** Para llevar a cabo el estudio se debe seguir los siguientes pasos.

1. Determinar el número de ciclos a estudiar; para ello, se tomará en cuenta la guía para el número de ciclos a observar establecido por General Electric Company, la cual se observa en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Número aproximado de ciclo a observar

Tiempo ciclo <i>min</i>	Número de ciclos a estudiar
0,1	200
0,25	100
0,5	60
0,75	40
1	30
2	20
4 – 5	15
5 – 10	10
10 – 20	8
20 – 40	5
Más de 40	3

Fuente: Niebel y Freivalds 2009

2. Registrar el tiempo de inicio.
3. Registrar el tiempo de elementos, para lo cual se debe seleccionar la técnica de tiempos continuos o la técnica con regreso a cero.
4. Calificar el desempeño del trabajador.

2.2.7. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería

El Ministerio de Energía y Minas [16], publicó el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería con el fin de prever la aparición de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales; de esta manera se impulsa la formación de prevención en riesgos laborales en el trabajo minero.

Los Gobiernos Regionales a través de la Gerencia o Dirección Regional de Energías y Minas verifica el cumplimiento del reglamento para la Pequeña Minería y Minería Artesanal e informa semestralmente los resultados de la inspección al Ministerio de Energía y Minas. La autoridad competente puede calificar la Gestión de la Salud y Seguridad Ocupacional de la unidad minería como:

- Satisfactoria.
- Requiere programa preventivo inmediato.

- Requiere paralización de las operaciones mineras.

Las unidades mineras tienen la obligación de cumplir el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería en caso de realizar las siguientes actividades:

- Actividad de exploración.
- Actividad de explotación.
- Actividad de beneficio de minerales.

2.2.8. Producción

R. García [14], narra en su libro que la producción es la elaboración de un producto como consecuencia de la transformación de materiales con la intervención del hombre y máquinas. Así mismo, engloba aspectos como planear, ejecutar y controlar el proceso de producción, entre otros.

2.2.9. Productividad

J. Heizer y B. Render [12], describen a la productividad como la fracción de las salidas ya sea en bienes o servicios, entre las entradas como mano de obra o capital. Este término es sinónimo de eficiencia; por lo tanto, al mejorar la productividad, estamos siendo más eficientes.

Dicha mejora se puede obtener de formas diferentes, a través de la minimización de las entradas obteniendo la misma cantidad de salidas o incluso un incremento de las mismas.

• Medición de la productividad

La productividad se mide de manera directa, utilizando como recursos de entradas a las horas-hombre (mano de obra), el capital (inversión en dinero), los materiales o la energía consumida. Cuando se usa un solo recurso de entrada en la medición se denomina productividad de un solo factor, la cual se puede hallar de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumo\ utilizado}$$

2.2.10. Eficiencia física

Porcentaje de la capacidad efectiva que alcanza la actual producción de una planta industrial.

$$Eficiencia\ física = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ efectiva}$$

2.2.11. Eficiencia económica

Es la relación entre el ingreso total de ventas y el total de egresos o inversiones requeridas para dichas ventas. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad de esta manera se puede comprobar que se están obteniendo beneficios.

$$Eficiencia\ económica = \frac{Ventas\ (ingresos)}{Costos\ (inversión)}$$

2.2.12. Capacidad

J. Heizer y B. Render [12], definen que la capacidad es el volumen de productos que se puede almacenar o producir en un determinado establecimiento en un cierto periodo de tiempo. Dicha capacidad debe satisfacer la demanda y mantener activos las máquinas, equipos y herramientas. Si se designa una capacidad más grande de lo debido, se añadirá costos adicionales a los existentes debido a que parte de las instalaciones quedarán inactivas. En caso se designe una capacidad más pequeña de la debida, puede que se pierdan clientes debido a que no se llegará abastecer toda la demanda. Es por ello, que es determinante que se establezca un adecuado tamaño de capacidad con el fin de aprovechar al máximo la utilización de la planta con un alto rendimiento de la inversión.

- **Capacidad de diseño**

Producción máxima que la planta industrial puede obtener en un determinado periodo determinado y bajo condiciones ideales.

- **Capacidad real**

Producción máxima que la empresa puede alcanzar bajo sus limitaciones operativas actuales.

- **Utilización**

Porcentaje de la capacidad de diseño que está siendo utilizada.

$$Utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ de\ diseño}$$

2.2.13. Herramienta 5WH

F. Gillet-Goinard et al. [17], en su libro definen las 5WH como una herramienta que se emplea para demostrar un problema, mediante una guía de estudio basada en una lista de preguntas sobre hechos, donde las respuestas obtenidas ofrecen cierta posibilidad de

determinar con exactitud el problema. Para llevarlo a cabo se debe seguir los siguientes pasos:

1. Proponer el problema.
2. Responder las preguntas de la guía de manera objetiva con el fin de obtener un análisis de las causas preciso.

Tabla 4. Guía de análisis

Pregunta	Descripción
¿Quién? - Who?	¿A quién corresponde el problema? ¿Quiénes participan en el desarrollo del problema?
¿Qué? - What?	¿Qué problema se encuentra? Formular el problema de manera concisa.
¿Dónde? - Where?	¿Dónde se desarrolla? ¿En qué área se desarrolla?
¿Cuándo? - When?	¿Desde cuándo se presenta el problema? ¿En qué momento del proceso respectivo se presenta?
¿Por qué? - Why?	¿Por qué se presenta el problema?

Fuente: Gillet-Goinard *et al.* 2014

2.2.14. Método GINSHT

Diego-Mas [18], narra que el método GINSHT es un Guía Técnica publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo donde se detalla el proceso de evaluación de posibles riesgos ocasionados por la manipulación manual de carga proporcionando ciertos criterios y recomendaciones que permite interpretar y aplicar con facilidad la legislación vigente acerca de la prevención de los riesgos laborales específicos.

Es por ello, que la Guía Técnica señala lo siguiente:

a) Afrontar la manipulación manual de carga a través de medidas técnicas como equipos de manejo mecánico ya sea automático o controlado por el mismo trabajador, dentro de los cuales tenemos:

- Carretillas elevadoras.
- Sistemas transportadores.
- Grúas.

b) En caso no se pueda afrontar la manipulación manual de carga, se debe reducir los riesgos con las siguientes medidas de solución:

- Uso de apoyos mecánicos.

- Reducción de la carga.
- Determina un límite máximo de peso de la carga tomando en cuenta ciertas condiciones de levantamiento.

➤ **Proceso del método GINSHT**

1. Comprobar si el método se ajusta al caso en estudio, teniendo en cuenta ciertas consideraciones mostradas en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Consideraciones de la aplicación del método GINSHT

CONSIDERACIONES	Se aplica cuando el peso de la carga es mayor a 3 kg, ya que manipular cargas a partir de ese peso en condiciones ergonómicas desfavorables genera lesiones de tipo dorsolumbar.
	Se aplica a toda evaluación de puesto donde el trabajador realice su tarea “de pie”.

Fuente: Diego-Mas 2015

2. Recopilar los datos sobre la manipulación manual de carga, los cuales son:
- Peso real de la carga manipulada por el trabajador.
 - Duración total de la manipulación de la carga.
 - Posición de la carga con respecto al cuerpo del trabajador, el cual depende de dos factores:
 - ✓ Altura o distancia vertical a la que se manipula la carga, en la **Figura 1** se observa gráficamente la clasificación.
 - ✓ Separación o distancia horizontal de la carga respecto al cuerpo como se observa gráficamente en la **Figura 1**.

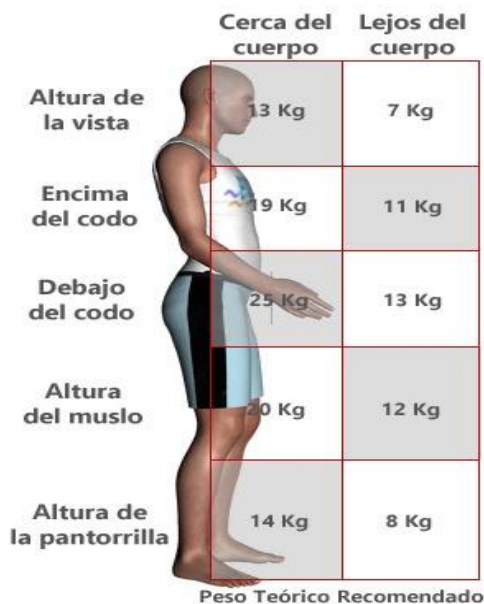


Figura 1. Peso teórico en función de la posición de manipulación de la carga

Fuente: Diego-Mas 2015

- Desplazamiento vertical de la carga.
- Giro del tronco, en la **Figura 2** se muestra cómo medir el ángulo.



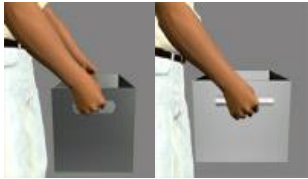


Figura 2. Medición del giro del tronco

Fuente: Diego-Mas 2015

- Tipo de agarre de la carga.

Hace referencia si existe asas, y si la forma y el tamaño posibilitan el adecuado manejo de la carga, en la **Tabla 6** se presentan los tipos de agarre.

Tabla 6. Tipo de garre

Tipo de agarre	Descripción	Gráfico
Bueno	Son contenedores con agarre de diseño óptimo como asas o agarraderas; o en el caso de los objetos, donde las manos están bien acomodadas a su alrededor.	
Regular	Son contenedores con agarre de diseño no óptimo; o en caso de los objetos, donde los dedos de las manos flexionan hasta 90° para sujetarlos.	
Malo	Son contenedores con mal diseño; o en caso de los objetos, cuando son irregulares, con filos y los dedos de las manos no flexionan, donde se mantiene el objeto presionado con la mano.	

Fuente: Diego-Mas 2015

- Frecuencia de la manipulación.
 - Distancia de transporte de la carga.
3. Registrar condiciones ergonómicas del puesto.
 4. Calcular el peso máximo de carga aceptable.

Para el cálculo del peso aceptable se parte del peso teórico recomendado bajo condiciones ideales, teniendo en cuenta la posición de la carga, dicha posición se determina de acuerdo a la distancia vertical (altura) que se manipula la carga y de la distancia horizontal (separación) de la carga con respecto al cuerpo, dichos valores se muestran en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Peso teórico en función de la posición de la manipulación de carga

Altura	Separación	
	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo
Altura de la vista	13 kg	7 kg
Por encima del codo	19 kg	11 kg
Por debajo del codo	25 kg	13 kg
Altura del muslo	20 kg	12 kg
Altura de la pantorrilla	14 kg	8 kg

Fuente: Diego-Mas 2015

Ya determinado el peso teórico recomendado, éste se debe corregir teniendo en cuenta ciertas desviaciones de la manipulación de carga a evaluar tomando como referencia una

bajo condiciones ideales, dichas correcciones se denotan como Factores de Corrección los cuales se calculan en función de las condiciones reales de la manipulación de la carga a evaluar. Obtenidos estos datos, se procede a calcular el peso aceptable con la siguiente fórmula:

$$\text{Peso Aceptable} = \text{Peso teórico} \times FP \times FD \times FG \times FA \times FF$$

Donde:

FP: Factor de Población protegida

FD: Factor de Distancia vertical

FG: Factor de Giro

FA: Factor de Agarre

FF: Factor de Frecuencia

Cada factor toma un valor, el cual puede variar de 0 a 1 dependiendo el nivel de desviación en función de las condiciones ideales; donde, la manipulación de carga óptima toma el valor máximo de 1, con lo cual se obtiene que el peso aceptable y el peso teórico son iguales.

A continuación, se muestra cómo determinar cada Factor de Corrección a emplear en el cálculo del peso aceptable.

- **Factor de Población protegida (FP)**

Hace referencia al porcentaje de población a proteger con respecto al peso de la carga, así como se presenta en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Factor de Corrección de Población protegida (FP)

	Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección
En general	25 kg	85%	1
Mayor protección	15 kg	95%	0,6
Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6

Fuente: Diego-Mas 2015

El peso máximo recomendable bajo condiciones ideales es de 25 kg, con el cual se protege al 85% de los trabajadores.

En caso de contar con personal conformado por mujeres, adolescentes o mayores de edad; o solo se quiera proteger a la mayor parte de la población, solo se debería manipular cargas hasta 15 kg de peso, con el cual se protege al 95% de los trabajadores.

Por otro lado, existen casos especiales donde el personal está conformado por personas entrenadas físicamente, las cuales podrían manejar cargas hasta 40 kg de peso, siempre y cuando la actividad se realice bajo condiciones óptimas. No existe un porcentaje exacto de la población, pero será menor en comparación de los otros casos.

- **Factor de Distancia vertical (FD)**

Se determina en función del desplazamiento vertical de la carga, del cual dependerá el valor a tomar que se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Factor de corrección de Distancia vertical (FD)

Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0,91
Hasta 100 cm	0,87
Hasta 175 cm	0,84
Más de 175 cm	0

Fuente: Diego-Mas 2015

- **Factor de Giro (FG)**

Se determina en función del giro del tronco del trabajador al realizar la manipulación de la carga. En la **Tabla 10** se indican los valores de dicho factor.

Tabla 10. Factor de corrección de Giro (FG)

Giro de tronco	Factor de corrección
0°	1
Hasta 30°	0,9
Hasta 60°	0,8
Hasta 90°	0,7

Fuente: Diego-Mas 2015

- **Factor de Agarre (FA)**

Se determina de acuerdo al tipo de agarre de la carga que realice el trabajador. En la **Tabla 11** se indican los valores de dicho factor.

Tabla 11. Factor de corrección de Agarre (FA)

Tipo de agarre	Factor de corrección
Bueno	1
Regular	0,95
Malo	0,9

Fuente: Diego-Mas 2015

- **Factor de Frecuencia (FF)**

Se determina en función de la frecuencia que se realice la manipulación de la carga y la duración de la misma. En la **Tabla 12** se indican los valores del Factor de Frecuencia.

Tabla 12. Factor de corrección de Frecuencia (FF)

Frecuencia	Duración de la manipulación		
	≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85
1 vez por min	0,94	0,88	0,75
4 veces por min	0,84	0,72	0,45
9 veces por min	0,52	0,30	0,00
12 veces por min	0,37	0,00	0,00
Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00

Fuente: Diego-Mas 2015

5. Realizar la evaluación de riesgos de la manipulación manual de carga, dicha evaluación consta de los siguientes pasos:

a) Primero se verifica que el peso real de la carga manipulada sea mayor a 25 kg (en casos especiales 15 kg o 40 kg).

b) En caso el peso real sea menor al peso recomendado, se continúa la evaluación comparando el peso real de la carga manipulada y el peso aceptable resultante del cálculo. De acuerdo al valor obtenido de la comparación, se determinará el tipo de riesgo como se observa en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Tipo de riesgo en función del peso real y peso aceptable

Comparación	Tipo de riesgo	Medidas correctivas
Peso real ≤ Peso aceptable	Tolerable	No aplicable
Peso real ≥ Peso aceptable	No tolerable	Aplicable

Fuente: Diego-Mas 2015

c) En caso se obtenga un riesgo tolerable, se procede a evaluar el peso total transportado al día y la distancia total recorrida para dicho transporte. Se debe considerar que, aunque el peso real no exceda el peso aceptable, la distancia trazada excesiva puede cambiar el resultado si se sobrepasa el límite recomendado.

Para calcular el peso total transportado al día se aplica la siguiente fórmula:

$$PTTD = \text{Peso real} \times \text{Frecuencia de manipulación} \times \text{Duración total de la manipulación}$$

Para realizar la evaluación se debe tener en cuenta los límites de carga transportada al día en kilogramos con respecto a la distancia total recorrida como se observa en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Límite de la carga transportada en función de la distancia recorrida

Distancia total recorrida	Carga transportada al día en kilogramos (límite recomendado)
Menor a 10 metros	10 000 kg
Mayor a 10 metros	6 000 kg

Fuente: Diego-Mas 2015

El resultado obtenido puede que se encuentre en uno de los cuatro diferentes escenarios señalados en la **Tabla 15**, de acuerdo al escenario identificado se determinará el tipo de riesgo que genere.

Tabla 15. Tipo de riesgo en función de la carga transportada al día y la distancia recorrida



Distancia total recorrida	Cantidad de kilogramos al día (límite recomendado)	Tipo de riesgo
Menor a 10 metros	PTTD \leq 10 000 kg	Tolerable
	PTTD $>$ 10 000 kg	No tolerable
Mayor a 10 metros	PTTD \leq 6 000 kg	Tolerable
	PTTD $>$ 6 000 kg	No tolerable

Fuente: Diego-Mas 2015

d) Por último, si se continúa obteniendo un riesgo tolerable se procede a evaluar los datos ergonómicos y los datos individuales del trabajador, en caso se superen adecuadamente los factores se considera tolerable; caso contrario, se identifica un riesgo no tolerable.

El resultado de la aplicación de la evaluación de riesgo se clasifica en tolerable y no tolerable como se muestra en la **Tabla 16**, con respecto al cumplimiento de las medidas de seguridad en las que se basa el presente método.

Tabla 16. Tipos de riesgo

 Riesgo tolerable	 Riesgo no tolerable
Son manipulaciones que no se requieren de mejoras preventivas o correctivas.	Son manipulaciones que ponen en peligro la salud y seguridad del trabajador; por lo tanto, requieren ser modificadas para alcanzar un nivel tolerable.

Fuente: Diego-Mas 2015

6. Establecer medidas correctivas

De acuerdo al tipo de riesgo que se puede obtener en la evaluación de riesgo realizada; en caso se obtenga que la manipulación manual de carga sea de riesgo no tolerable, se debe aplicar medidas correctivas con el fin de minimizar dicho riesgo a un nivel tolerable; por lo cual, el método señala las siguientes medidas aplicables:

- Reducir el peso real de la carga en caso sea mayor al peso aceptable.
- Examinar las condiciones de manipulación manual de la carga variantes a las recomendadas, las cuales se identificaron en el cálculo de los Factores de Corrección que eran menores a 1.
 - Disminuir la distancia y la carga total transportada en caso sean mayores a los límites recomendados.
 - Utilizar ayudas mecánicas.
 - Modificar la organización del trabajo.
 - Mejorar el entorno de trabajo.

2.2.15. Método Check List OCRA

De acuerdo a Diego-Mas [18], narra que es un método que evalúa el nivel de riesgo generado por los movimientos repetitivos en un puesto de trabajo, en función de la probabilidad que se presenten trastornos musculo-esqueléticos en un periodo definido, enfocados en evaluar los riesgos de la parte superior del cuerpo.

Para la aplicación del método CHECK LIST OCRA, se tiene por objetivo calcular el Índice Check List Ocra (ICKL), el cual clasificará el riesgo como:

- Óptimo
- Aceptable
- Muy ligero
- Ligero
- Medio
- Alto

El cálculo del Índice Check List Ocra (ICKL) se determina con la siguiente ecuación:

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MD$$

Donde:

FR: Factor de recuperación

FF: Factor de frecuencia

FFz: Factor de fuerza

FP: Factor de posturas y movimientos

FC: Factor de riesgos adicionales

MD: Multiplicador de duración

- **Cálculo del tiempo neto de trabajo repetitivo (TNTR) y tiempo neto de ciclo (TN)**

En el paso previo para calcular el multiplicador de duración y los factores mencionados en la ecuación, es indispensable determinar:

➤ **Tiempo de trabajo repetitivo (TNTR):** Tiempo donde el trabajador realiza exclusivamente actividades repetitivas en su puesto de trabajo; excluyendo los tiempos de inactividad como el tiempo de descansos, pausas realizadas, ocupando otras actividades u otros.

$$TNTR = DT - (TNR + P + A)$$

Donde:

DT: Duración del turno o tiempo expresado en minutos donde el trabajador ocupa el puesto de trabajo.

TNR: Tiempo expresado en minutos donde el trabajador no realiza actividades repetitivas

P: Tiempo de pausas expresado en minutos

A: Tiempo de descanso expresado en minutos para el almuerzo

➤ **Tiempo neto de ciclo (TNC):** Tiempo de ciclo solo considerando las actividades repetitivas mientras ocupa el puesto de trabajo expresado en segundos.

$$TNC: \frac{60 \times TNTR}{NC}$$

Donde:

NC: Número de ciclos que ejecuta el trabajador en su puesto de trabajo.

A continuación, se detallará el cálculo de los factores y multiplicadores de la ecuación del Índice Check List Ocra (ICKL).

- **Cálculo del Factor de Recuperación (FR)**

Este factor valora si los tiempos de recuperación en el puesto de trabajo son suficientes y están correctamente divididos. La frecuencia, duración y distribución de los tiempos de recuperación con los que se cuentan en el transcurso de la ejecución del trabajo repetitivo permitirán definir el riesgo.

Para su valoración, se toma como referencia una situación ideal del tiempo de recuperación en relación del tiempo del trabajo repetitivo ejecutado, donde debe existir como mínimo una interrupción de 8 o 10 minutos de tiempo de recuperación por hora de trabajo repetitivo realizado.

En la **Tabla 17** se muestran probables posiciones referente a los tiempos de recuperación, donde se debe elegir la opción con mayor similitud a la posición real del puesto de trabajo a evaluar.

Tabla 17. Puntaje del Factor de Recuperación (FR)

Situación de los periodos de recuperación	Puntuación
- Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno)	0
- Existen al menos 4 interrupciones (además del descanso del almuerzo) de al menos 8 minutos en un turno de 7-8 horas. - Existen 4 interrupciones de al menos 8 minutos en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	2
- Existen 3 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas (sin descanso para el almuerzo).	3
- Existen 2 pausas, de al menos 8 minutos, además del descanso para el almuerzo, en un turno de 7-8 horas. - Existen 3 pausas (sin descanso para el almuerzo), de al menos 8 minutos, en un turno de 7-8 horas. - Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 6 horas.	4
- Existe 1 pausa, de al menos 8 minutos, en un turno de 7 horas sin descanso para almorzar. - En 8 horas sólo existe el descanso para almorzar (el descanso del almuerzo se incluye en las horas de trabajo).	6
- No existen pausas reales, excepto de unos pocos minutos (menos de 5) en 7-8 horas de turno.	10

Fuente: Diego-Mas 2015

- **Cálculo del factor de frecuencia**

Este factor valora la frecuencia con la que se realizan las actividades repetitivas en un determinado periodo influyendo en el riesgo sobre la salud del trabajador.

Para su valoración, primero se debe establecer cuáles son las actividades técnicas ejecutadas en el puesto de trabajo, entre las cuales se identifican dos tipos:

- **Actividades técnicas dinámicas:** Se realizan por periodos cortos y de manera repetitiva.

- **Actividades técnicas estáticas:** Se realizan por periodos largos.

Para determinar su valor se debe evaluar cada actividad por separado. La

Tabla 18 se utilizará para denotar la puntuación de las acciones técnicas dinámicas (ATD) y la **Tabla 19** se utilizará para denotar la puntuación de las acciones técnicas estáticas (ATE).

Tabla 18. Puntaje de acciones técnicas dinámicas (ATD)

Acciones técnicas dinámicas	ATD
Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0
Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	3
Los movimientos del brazo son bastante rápidos (más de 40 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	4
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 50 acciones/minuto). Sólo se permiten pequeñas pausas ocasionales e irregulares.	6
Los movimientos del brazo son rápidos (más de 60 acciones/minuto). La carencia de pausas dificulta el mantenimiento del ritmo.	8
Los movimientos del brazo se realizan con una frecuencia muy alta (70 acciones/minuto o más). No se permiten las pausas.	10

Fuente: Diego-Mas 2015

Tabla 19. Puntaje de acciones técnicas estáticas (ATE)

Acciones técnicas estáticas	ATE
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5
Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos, realizándose una o más acciones estáticas durante 3/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	4,5

Fuente: Diego-Mas 2015

Determinado los valores de las acciones, la puntuación del Factor de Frecuencia (FF) será el máximo valor de ambos.

$$FF = \text{Max} (ATD; ATE)$$

- **Cálculo del Factor de Fuerza (FFz)**

Este factor se considerará como significativo siempre y cuando la actividad repetitiva que realiza el trabajador demanda que genere fuerza como mínimo una vez cada breve cantidad de ciclos.

Para su valoración, se cuantificará el esfuerzo requerido para ejecutar las acciones técnicas del puesto de trabajo. Para lo cual, se deberán seguir los siguientes pasos:

- Primero se deberán establecer las acciones técnicas que impliquen el uso de fuerza.
- Luego se determinará el esfuerzo que se requiere para cada acción técnica. Para establecer este dato, se utilizará la escala CR-10 de Borg la cual permitirá valorar la intensidad del esfuerzo realizado a través de las expresiones del trabajador mientras realiza dicho esfuerzo. En la **Tabla 20** se clasifica la intensidad del esfuerzo.

Tabla 20. Escala CR-10 de Borg

Esfuerzo	Puntuación	OCRA FFz
Nulo	0	No se considera
Muy débil	1	
Débil	2	
Moderado	3	Fuerza moderada
	4	
Fuerte	5	Fuerza intensa
	6	

Muy fuerte	7	
Cercano al máximo	8	Fuerza casi máxima
	9	
	10	

Fuente: Diego-Mas 2015

➤ Finalmente, se establecerá una puntuación del Factor de Fuerza (FFz) mostrada en la **Tabla 21** por cada acción técnica identificada de acuerdo a la intensidad del esfuerzo obtenido y del porcentaje del tiempo de ciclo de trabajo donde el trabajador ejerce el esfuerzo.

Tabla 21. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz)

Fuerza moderada		Fuerza intensa		Fuerza casi máxima	
Duración	Puntaje	Duración	Puntaje	Duración	Puntaje
1/3 del tiempo	2	2 s cada 10 min	4	2 s cada 10 min	6
50% del tiempo	4	1% del tiempo	8	1% del tiempo	12
>50% del tiempo	6	5% del tiempo	16	5% del tiempo	24
Casi todo el tiempo	8	>10% del tiempo	24	>10% del tiempo	32

Fuente: Diego-Mas 2015

La suma de las puntuaciones de las acciones técnicas obtenidas es el valor del Factor de Fuerza (FFz).

- **Cálculo de Factor de Posturas y Movimientos (FP)**

Este valor evalúa la ejecución de la posturas forzadas y movimientos forzados en función de la parte superior del cuerpo del trabajador; donde se analizan el hombro, el codo, la muñeca y la mano. Teniendo en cuenta, que los movimientos se realicen de manera repetitiva e idéntica durante el tiempo de ciclo de trabajo.

Para su valoración, primero se obtendrá una puntuación de la postura y movimiento de cada articulación a analizar, dentro de las cuales tenemos:

- **Postura y movimiento del hombro (PHo)**

Se evalúa la posición del brazo con respecto a flexión, extensión y abducción haciendo uso de la **Tabla 22**.

Tabla 22. Puntaje del hombro (PHo)

Posturas y movimientos del hombro	PHo
El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo	1
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 10% del tiempo	2
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	6
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte más de la mitad del tiempo	12
El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte todo el tiempo	24
<i>(*) Si las manos permanecen por encima de la altura de la cabeza se duplicarán las puntuaciones.</i>	

➤ **Postura y movimiento del codo (PCo)**

Se evalúa la posición del brazo con respecto a flexión, extensión y pronosupinación haciendo uso de la **Tabla 23**.

Tabla 23. Puntaje del codo (PCo)

Posturas y movimientos del codo	PCo
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo	2
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) más de la mitad del tiempo	4
El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo	8

Fuente: Diego-Mas 2015

➤ **Postura y movimiento de la muñeca (PMu)**

Se evalúa la posición del brazo con respecto a flexión, extensión y desviaciones radio cubitales haciendo uso de la **Tabla 24**.

Tabla 24. Puntaje de la muñeca (PMu)

Posturas y movimientos de la muñeca	PMu
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo	2
La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) más de la mitad del tiempo	4
La muñeca permanece doblada en una posición extrema, todo el tiempo	8

Fuente: Diego-Mas 2015

➤ Postura y movimiento de la mano (PMa)

Se evalúa el tipo de agarre que realiza la mano haciendo uso de la **Tabla 25**.

Tabla 25. Puntaje de la mano (PMa)

Duración del Agarre	PMa
Alrededor de 1/3 del tiempo	2
Más de la mitad del tiempo	4
Casi todo el tiempo.	8
<i>(*) El agarre se considerará solo cuando sea de alguno de estos tipos: agarre en pinza o pellizco, agarre en gancho o agarre palmar.</i>	

Fuente: Diego-Mas 2015

Luego se procederá a determinar el valor de la presencia de movimientos estereotipados (PEs) empleando la **Tabla 26**.

Tabla 26. Puntaje de movimientos estereotipados (PEs)

Movimientos estereotipados	PEs
- Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca, o dedos, al menos 2/3 del tiempo - O bien el tiempo de ciclo está entre 8 y 15 segundos.	1,5
- Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo - O bien el tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos	3

Fuente: Diego-Mas 2015

Una vez obtenidas las puntuaciones de las posturas y movimientos de cada articulación y de los movimientos estereotipados, se procederá a calcular el valor del Factor de Posturas y Movimientos (FP) con la siguiente fórmula.

$$FP = \text{Max} (PHo; PCo; PMu; PMa) + PEs$$

- **Cálculo del Factor de Riesgos Adicionales (FC)**

Este factor evalúa otros factores complementarios los cuales pueden aumentar el riesgo global en función de su duración o frecuencia. Estos factores de riesgo se pueden clasificar en dos tipos:

- Factores físico mecánicos (Ffm), los cuales se evaluarán empleando la **Tabla 27**.
- Factores socio organizativos (Fso), los cuales se evaluarán empleando la **Tabla 28**.

Tabla 27. Puntaje de los Factores físico mecánicos (Ffm)

Factores físico mecánicos	Ffm
Se utilizan guantes inadecuados (que interfieren en la destreza de sujeción requerida por la tarea) más de la mitad del tiempo.	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más.	2
La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 10 veces por hora o más.	2
Existe exposición al frío (menos de 0°) más de la mitad del tiempo.	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel bajo/medio 1/3 del tiempo o más.	2
Se utilizan herramientas que producen vibraciones de nivel alto 1/3 del tiempo o más.	2
Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2
Se realizan tareas de precisión más de la mitad del tiempo (tareas sobre áreas de menos de 2 o 3 mm.).	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan más de la mitad del tiempo.	2
Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo.	3

Fuente: Diego-Mas 2015

Tabla 28. Puntaje de los factores organizativos (Fso)

Factores socio organizativos	Fso
El ritmo de trabajo está parcialmente determinado por la máquina, con pequeños lapsos de tiempo en los que el ritmo de trabajo puede disminuirse o acelerarse.	1
El ritmo de trabajo está totalmente determinado por la máquina.	2

Fuente: Diego-Mas 2015

Para calcular el valor del Factor de Riesgos Adicionales se empleará la siguiente fórmula.

$$Fc = Ffm + Fso$$

- **Cálculo del Multiplicador de duración (MD)**

Este factor evalúa el tiempo de exposición del riesgo. Es por ello, que el valor del Multiplicador de duración dependerá del Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) que ya se había calculado empleando la **Tabla 29**.

Tabla 29. Puntaje del Multiplicador de duración (MD)

Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
60 – 120	0,5
121- 180	0,65
181 – 240	0,75
241 – 300	0,85
301 – 360	0,925
361 – 420	0,95
421 – 480	1
481 – 539	1,2
540 – 599	1,5
600 – 659	2
660 – 719	2,8
≥ 720	4

Fuente: Diego-Mas 2015

- **Determinar el Índice Check List OCRA (ICKL)**

Determinados los factores de cada articulación y el multiplicador de duración, se procede a calcular el Índice Check List OCRA (ICKL) con la siguiente fórmula.

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MC$$

Con el valor obtenido en la fórmula se determina el Nivel de Riesgo y la acción recomendada, datos que se muestran en la **Tabla 30**.

Tabla 30. Nivel de riesgo, acción recomendada e Índice OCRA equivalente

Índice Check List OCRA	Nivel De Riesgo	Acción recomendada	Índice OCRA equivalente
≤ 5	Óptimo	No se requiere	≤ 1,5
5,1 – 7,5	Aceptable	No se requiere	1,6 – 2,2
7,6 – 11	Incierto	Nuevo análisis o mejora de puesto	2,3 – 3,5
11,1 – 14	Inaceptable Leve	Mejora de puesto, supervisión médica y entrenamiento.	3,6 – 4,5

14,1 – 22,5	Inaceptable Medio	Mejora de puesto, supervisión médica y entrenamiento.	4,6 - 9
>22,5	Inaceptable Alto	Mejora de puesto, supervisión médica y entrenamiento.	>9

Fuente: Diego-Mas 2015

2.2.16. Matriz de priorización

J. F. Vilar [19], en su libro define la matriz de priorización como un instrumento que permite determinar prioridades en las tareas, trabajos o actividades basándose en criterios de ponderación. Para su desarrollo, se utilizan dos técnicas:

- **Diagrama de árbol:** Técnica que tiene como objetivo identificar aquellos elementos que pudieron haber sido olvidados.
- **Diagrama matricial:** Técnica que confronta dos conjuntos de elementos y se realiza la comparación con el fin de determinar si hay correlación entre ambos. Utiliza los elementos que componen el diagrama de árbol como las filas y columnas del presente diagrama.

2.2.17. Distribución de planta

J. Tompkins [20], en su libro narra que el fin del análisis de una distribución de planta es ahorrar espacio y reducir el recorrido de los traslados. Una adecuada distribución de los elementos de la planta producción (equipamientos, maquinaria, materia prima y recursos humanos) evitará pérdidas para la empresa e incurrirá resultados económicos positivos, para ello se necesita aplicar una correcta técnica en el planeamiento inicial.

Las principales causas de la inadecuada distribución de planta son:

- **Movimiento de materiales:** Corresponde a los movimientos producidos por las distancias a recorrer, la complejidad de las rutas y la posibilidad de ayudarse con la gravedad.
- **Movimiento de personal:** Hace referencia a los recorridos ocasionales que debe hacer tanto el personal interno como externo de la empresa para el logro de sus funciones.
- **Eliminación de despilfarros:** En tiempos perdidos de personas y materiales, sea en los procesos productivos u otros.
- **Construcción e instalaciones de la planta:** Depende del diseño de los planos de la empresa y su respectiva distribución.

- **Seguridad y condiciones de trabajo:** Aspectos relacionados con la eliminación de riesgos, ergonomía de la planta y sus puestos de trabajo, iluminación, etc.

2.2.18. Método de Guerchet

B. Diaz, B. Jarufe y M. T. Noriega [21], definen el método Guerchet como uno de los más usados para determinar la superficie de una planta industrial; por ello, se debe determinar la cantidad de máquinas y equipos a usar denominados “elementos fijos”, así también, determinar la cantidad de trabajadores y equipo de acarreo necesario denominados “elementos móviles. Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para su desarrollo:

- Se considera una superficie estática para los trabajadores de 0,5 m² y una altura de 1,65 m² en promedio.
- En el caso de los elementos móviles (equipos móviles de acarreo), su superficie estática será considerada si se manejan dentro de planta de producción, en caso contrario no se tomará en cuenta más que para realizar el cálculo de la variable *K*.
- Con respecto al cálculo de la variable *K*, se determinara dependiendo si el estudio se hace para una sola instalación o varias instalaciones que estén directamente comunicadas entre pasadizos internos, se utiliza el mismo valor de *K*; en el caso que sean instalaciones separadas, se sugiere evaluar los valores de *K*.

Este método considera en su cálculo tres componentes (superficie estática, superficie de gravitación y superficie de circulación). A continuación se describirá cada componente con su respectiva fórmula:

✓ Superficie estática

Área destinada para ser ocupada por el equipo o puesto de trabajo. Es determinada mediante la siguiente fórmula:

$$Se = L \times A$$

Donde:

Se: Superficie estática

L: Largo (m)

A: Ancho (m)

✓ Superficie de gravitación

Área destinada para el desplazamiento del operario en los alrededores de su máquina, abarcando del área ocupada por los materiales y productos en proceso adjuntos al puesto de trabajo. Es determinada mediante la siguiente fórmula:

$$Sg = Se \times N$$

Donde:

Sg : Superficie de gravitación

Se : Superficie estática

N : Numero de lados accesibles de la maquinaria/ mueble/equipo

✓ **Superficie de circulación**

Área destinada para el movimiento y acceso del personal al puesto de trabajo, material y actividades de mantenimiento. El valor de “K” depende del tipo de industria, algunos valores ya se encuentran determinados. Es determinada mediante la siguiente fórmula:

$$Sc = K (Se \times Sg)$$

Donde:

Se : Superficie estática

Sg : Superficie de gravitación

K : Altura promedio de las personas que se desplazan.

El elemento “K” se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{h_{EM}}{2 \times h_{EE}}$$

Donde:

h_{EM} : Altura promedio ponderada de elementos móviles

h_{EE} : Altura promedio ponderada de elementos estáticos

✓ **Superficie total**

Se calcula sumando los componentes anteriores:

$$St = Se + Sg + Sc$$

2.2.19. Método SLP

D. de la Fuente e I. Fernández [22], en su libro definen que según Murther el método SLP (Systematic Layout Planning) tiene como finalidad la minimización de las distancias recorridas por el personal, material y equipos, minimización de áreas innecesarias,

organización coherente de procesos, teniendo siempre en cuenta preservar la seguridad de los trabajadores, además de ser flexibles para futuras modificaciones. Se puede decir que es una metodología utilizada para planear una adecuada distribución de planta, la cual comprende una serie de pasos como se puede observar en la **Figura 3**.

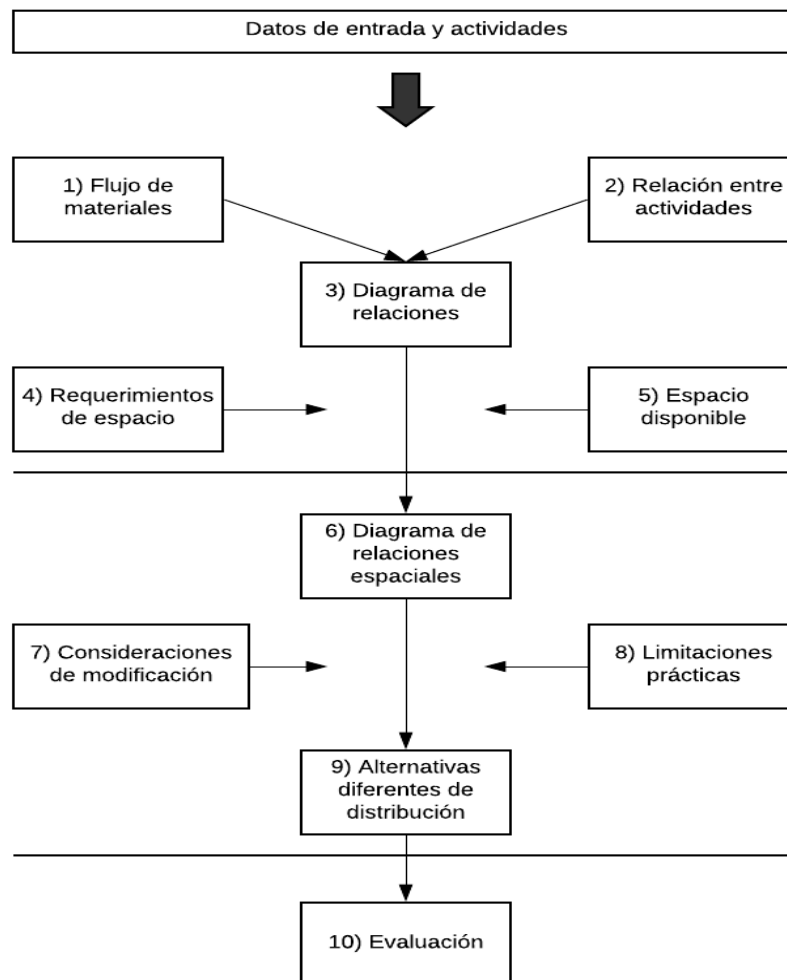


Figura 3. Estructura del método SLP

Fuente: De la Fuente y Fernández 2005

2.2.20. Diseño de los ambientes de trabajo

B. W. Niebel y A. Freivalds [15], en su libro narran que se debe equipar los ambientes de trabajo con condiciones adecuadas para el desarrollo de las actividades productivas por parte del operario con el fin de proporcionar seguridad; reducir ausencia y tardanzas del personal; así también, su rotación eleva la motivación de los trabajadores e incrementa las relaciones públicas; además, de incrementar la producción de la organización.

Para ello, se debe tener en cuenta ciertos niveles de permisibilidad de las condiciones que deben proporcionarse a los ambientes de trabajo, entre ellas tenemos:

- **Iluminación:** La teoría se basa en una fuente fija de luz con una cierta fuerza luminosa, la cual desprende una determinada cantidad de luz sobre un espacio específico o una parte de éste, a lo cual se le denomina iluminación o iluminancia.

- **Ruido:** Es un sonido desagradable originado por vibraciones de un objeto las cuales desprender ciertas ondas sonoras mediante medios de transporte como aire, líquidos; así también, por medio de sólidos como las maquinarias, herramientas, entre otros.

- **Temperatura:** Es una condición que, aunque está presente en determinados momentos del día laboral, puede ejercer un algo estrés climático que se puede alcanzar en los climas más extremos.

- **Ventilación:** Esta condición permite diluir ciertos contaminantes del ambiente de trabajo ocasionados por la liberación de olores y calor, generación de vapor de agua y algunos vapores tóxicos; de manera que retira el aire contaminado y proporciona aire limpio.

- **Vibración:** Debe de ser controlada debido a que genera efectos negativos en el desempeño del personal; en caso de que sean de elevada magnitud, afectan a los órganos y tejidos del cuerpo.

- **Radiación:** La dosis de radiación extrema durante un período de tiempo corto o pequeñas dosis en períodos de tiempos largos sobre el cuerpo de una persona pueden ocasionar una mayor probabilidad de que contraiga diversos tipos de cáncer y otras enfermedades.

2.2.21. Diseño de trabajo

J. L. Torres y O. L. Jaramillo [23], en su libro definen el diseño de trabajo como las tareas que conforman un determinado trabajo para sujeto o un grupo, donde cada tarea se basa en un conjunto de elementos, y éstos a la vez están compuestos por micro movimientos. Realizar un adecuado diseño del puesto de trabajo genera mayor motivación, alto índices de calidad y satisfacción, así también se disminuyen las ausencias y la rotación del personal. debido a que genera un mejor desempeño de sus actividades laborales, logrando obtener resultados económicos positivos.

Para diseñar el puesto de trabajo se debe considerar los siguientes componentes:

- Descripción del puesto de trabajo

- Perfil del puesto de trabajo
- Definición de competencias
- Características de las competencias
- Tipo de competencias

2.2.22. Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS)

De acuerdo con el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería [16], el Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS) es un documento que describe específicamente el desarrollo de una determinada tarea de manera apropiada, de principio a fin; la cual está conformada por una serie de pasos en secuencia o sistemáticos, dando respuesta a la interrogante de *¿Cómo llevar a cabo una tarea/trabajo correctamente y de forma segura?* En el **Anexo 1** se presenta el formato del PETS.

III. RESULTADOS

3.1. OBJETIVO 1. DIAGNOSTICAR EL ACTUAL SISTEMA PRODUCTIVO ARTESANAL DE LA EMPRESA YESERA.

3.1.1. La empresa

La empresa yesera en estudio inició sus actividades de producción de bolsas yeso de construcción desde el año 2016, siendo una empresa pequeña con un proceso productivo artesanal, donde la participación del trabajador y su formación técnica establecen componentes fundamentales, con el fin de obtener como resultado un determinado producto. Con el tiempo, su demanda ha ido incrementando debido a que ofrece un producto de buena calidad a sus clientes, comprobado por ellos mismos al momento de realizar el análisis del yeso de construcción. La empresa yesera se encuentra ubicada en la panamericana norte kilómetro 800 del distrito de Mórrope - Lambayeque, cerca al Dren “El Pato”.

Actualmente, la empresa yesera comprende un horario de trabajo de 06 h 00 - 13 h 00 con una jornada laboral de 7 horas, en el cual el proceso productivo artesanal se realiza de manera manual y mecánica a excepción de la etapa de molienda. A nivel nacional, el producto es distribuido a ciudades como Jaén, Bagua Grande, Bagua Chica, Chiclayo, Mocupe, Zaña, Piura entre otras; y a nivel internacional exporta a Ecuador. A continuación, se mostrará en la **Figura 4** la ubicación de la empresa.

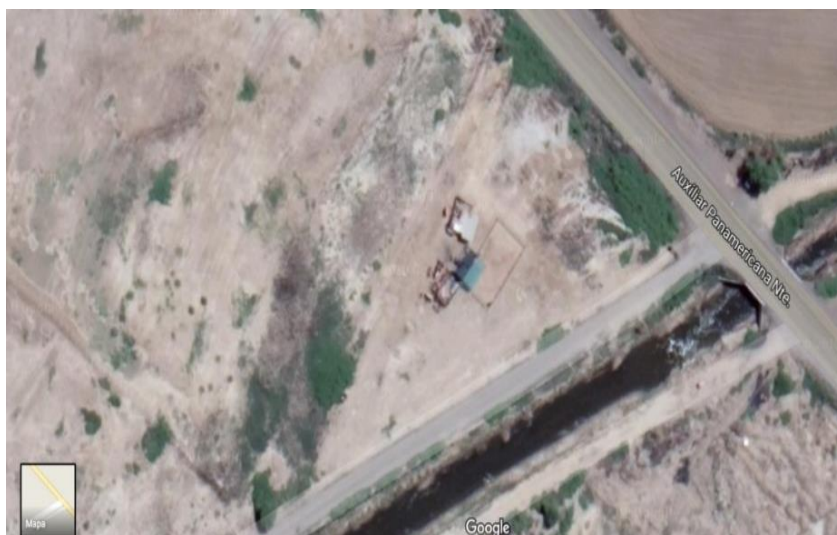


Figura 4. Ubicación de la empresa yesera

Fuente: Google maps

3.1.2. Productos

a) Producto final

La bolsa de yeso de construcción es el principal producto que brinda la empresa yesera, denominando al yeso de construcción como un mineral de color entre blanco y blanco grisáceo, teniendo como nombre químico sulfato de calcio anhidro (CaSO_4), obtenido como producto de la calcinación artesanal de la piedra de yeso donde se produce una deshidratación debido al porcentaje de agua que contiene en su composición química (20,9%) y una sobrecocción hasta perder un 22% del material aproximadamente, de acuerdo al análisis realizado por la empresa yesera. Al ser molido toma forma de polvo listo para ser comercializado, donde al mezclarlo con agua en proporciones adecuadas se convertirá en una masa aglomerante que puede ser utilizada para diversos fines y aplicaciones.



Figura 5. Bolsas de yeso de construcción

Fuente: Empresa yesera

Dentro de las presentaciones que ofrece la empresa yesera, se demandan desde bolsas de 4 kg hasta bolsas de 20 kg de yeso de construcción. Para identificar el objeto de estudio, se realizará un análisis ABC, el cual es un método que consiste en aplicar el principio de Pareto o regla 80/20 para segmentar elementos (productos, clientes, proveedores, etc.); en el caso de la evaluación de los productos de la empresa yesera, se tomará como criterio el valor de los ingresos por ventas del año 2019. Después, se ordenarán de mayor a menor y se clasifican según el porcentaje que representan respecto al total, como se muestra en la **Tabla 31**.

Tabla 31. Clasificación del porcentaje

Clase	Rango de porcentaje
A	0% - 79%
B	80% - 94%
C	95% - 100%

Fuente: Heizer y Render 2009

A continuación, se realizará el respectivo análisis ABC de la empresa yesera como se muestra en la **Tabla 32**.

Tabla 32. Análisis ABC

Nº de producto	Producto (Bolsa de yeso)	Ventas (kg)	Ingresos por ventas	Porcentaje	Porcentaje acumulado	CLASIFICACIÓN
1	10 kg	556 850	S/ 167 055.00	24.77%	24.77%	A
3	15 kg	315 150	S/ 94 545.00	14.02%	38.79%	
2	20 kg	272 100	S/ 81 630.00	12.10%	50.89%	
4	12 kg	243 360	S/ 73 008.00	10.83%	61.72%	
5	18 kg	235 710	S/ 70 713.00	10.48%	72.20%	
6	16 kg	210 160	S/ 63 048.00	9.35%	81.55%	B
7	14 kg	86 940	S/ 26 082.00	3.87%	85.42%	
9	8 kg	80 000	S/ 24 000.00	3.56%	88.98%	
8	9 kg	79 830	S/ 23 949.00	3.55%	92.53%	
10	5 kg	51 000	S/ 15 300.00	2.27%	94.79%	
11	6 kg	34 650	S/ 10 395.00	1.54%	96.34%	C
12	19 kg	30 970	S/ 9 291.00	1.38%	97.71%	
13	4 kg	24 000	S/ 7 200.00	1.07%	98.78%	
14	17 kg	17 000	S/ 5 100.00	0.76%	99.54%	
15	13 kg	10 400	S/ 3 120.00	0.46%	100.00%	
TOTAL		2 248 120	S/ 674 436.00			

Fuente: Empresa yesera

Como se observa en la **Tabla 32** de acuerdo con la clasificación A resultante se obtuvo como productos a las bolsas de yeso de construcción de 10 kg, 15 kg, 20 kg, 12 kg y 18 kg los cuales representan el 80% con respecto de las ventas totales, ya que demandan de mayor

valor económico para la empresa yesera debido a su alta demanda en comparación con las bolsas de otras presentaciones; por ello, serán objeto de estudio.

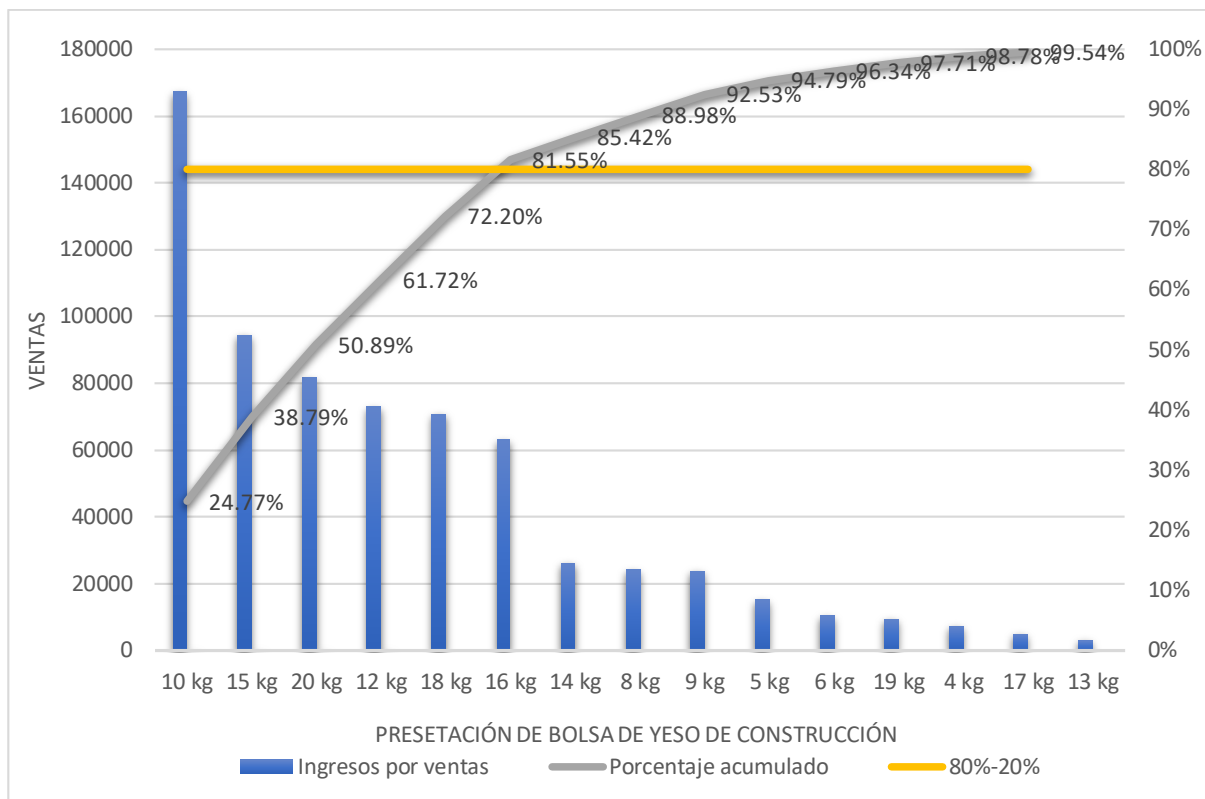


Figura 6. Clasificación ABC

Fuente: Empresa yesera

b) Despilfarro

Es aquel material que se desaprovecha por diversas razones y no aporta valor al producto. Con respecto a la empresa yesera, se tienen despilfarros por movimientos innecesarios en la etapa de trituración y embolsado y despilfarros por transportes, ya que no cuentan con los equipos, herramientas y máquinas adecuadas para poder realizar una adecuada manipulación del material.

3.1.3. Materiales directos

a) Piedra de yeso

La piedra de yeso, yeso natural o aljez tiene como nombre químico sulfato de calcio dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la cual es una roca obtenida directamente de los yacimientos, abarca muchos lugares en la superficie terrestre, puede formar masas compactas o terrosas, y en otras circunstancias puede estar disuelto en agua. Su composición química se puede observar en la **Tabla 33**.

Tabla 33. Composición de la piedra de yeso

Componentes	Porcentaje %
Trióxido de azufre (SO ₃)	46,5
Agua (H ₂ O)	20,9
Óxido de calcio (CaO)	32,6

Fuente: Rivero Fernández 1997

➤ Proceso de transformación del yeso de construcción

La piedra de yeso tiene 2 moléculas de agua unidas al sulfato de calcio, las cuales se desprenden en forma de vapor con la intervención de un aumento de temperatura en diversas fases obteniendo diferentes productos derivados de la piedra de yeso. En la **Tabla 34** se detallan sus fases.

Tabla 34. Fases de la piedra de yeso

Fórmula química	Nombre químico	Nombre comercial	Descripción	Rango de temperatura
CaSO ₄ .2H ₂ O	Sulfato de calcio dihidrato	Piedra de yeso	Sin pérdida de agua - (20,9%).	-
CaSO ₄ . ½H ₂ O	Sulfato de calcio hemihidrato	Escayola de construcción	Pérdida de agua en forma de vapor quedando ½ molécula de agua (6,21%).	150°C y 180°C
CaSO ₄	Sulfato de calcio anhidro	Yeso de construcción	Pérdida total de agua en forma de vapor (0%).	200°C y 1 200°C

Fuente: ATEDY 2017

b) Paja




Este insumo se obtiene del tallo delgado de los cereales, una vez seco y separado del grano. Es utilizado como combustible en la etapa de calcinación de la piedra de yeso.

c) Leña

Es el conjunto de troncos, ramas y trozos de madera destinados hacer fuego. Este insumo es utilizado como combustible junto a la paja en la etapa de calcinación de la piedra de yeso.

En la **Tabla 35** se detalla las necesidades requeridas de materiales directos por horno artesanal.

Tabla 35. Cantidad de materiales directos

MATERIALES DIRECTOS		
Nombre	Cantidad	Imagen
Piedra de yeso	20 000 kilogramos / horno artesanal	
Paja	40 kilogramos / horno artesanal	
Leña	1 500 kilogramos / horno artesanal	

Fuente: Empresa yesera

3.1.4. Materiales indirectos

a) Bolsas de plástico

Son utilizadas como envase del yeso de construcción.

3.1.5. Mano de obra

La empresa yesera cuenta con un gerente el cual se encarga del funcionamiento de la empresa yesera, el jefe de producción encargado de supervisar a los 5 operarios de producción y 1 operario de mantenimiento del molino y un vigilante, en la **Figura 7** se puede observar el organigrama de la empresa yesera.

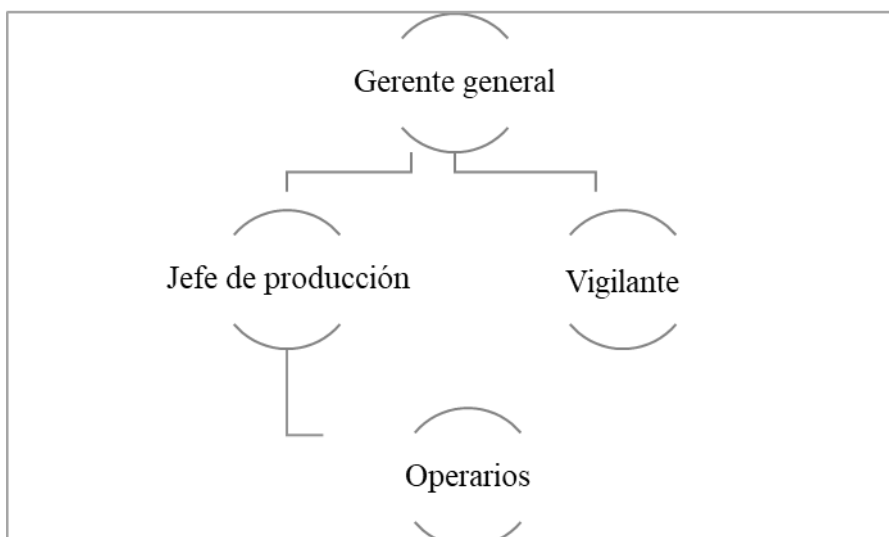


Figura 7. Organigrama de la empresa yesera
Fuente: Empresa yesera

A continuación, en la **Tabla 36** se presentará el grado de instrucción de los operarios que conforman la empresa yesera. Por otro lado, los operarios de producción cobran su remuneración por cada horno artesanal que realizan, ya que no siempre se llegan a utilizar los 4 hornos todas las semanas; por otro lado, el operario de mantenimiento que recibe una remuneración semanalmente.

Tabla 36. Grado de instrucción de los operarios

Puesto	Edad	Tiempo de servicio	Grado de instrucción	Afectación a la salud	EPP	Remuneración
Operario 1	35	3 años	Grado de secundario	Lesión de hombro	Ninguno	70,00 soles/operario
Operario 2	38	3 años y 3 meses	Grado de secundario	Dolores dorsolumbares	Ninguno	70,00 soles/operario
Operario 3	33	3 años y 5 meses	Sin estudios	Dolores dorsolumbares	Ninguno	420,00 soles/horno artesanal 70,00 soles/operario
Operario 4	32	2 años	Sin estudios	-	Ninguno	70,00 soles/operario
Operario 5	29	2 años y 6 meses	Sin estudios	-	Ninguno	70,00 soles/operario
Operario 6	40	2 años	Estudios técnicos	Lumbalgia	Ninguno	90,00 soles/semana

Fuente: Empresa Yesera

3.1.6. Maquinaria

a) Molino

Dentro de la maquinaria de la empresa yesera, solo cuenta con un molino utilizado en la etapa de molienda el cual se encarga de transformar el yeso de construcción en polvo fino, el cual es de segunda mano con una antigüedad de 11 años. En la **Tabla 37** se detalla la ficha técnica del molino.

Tabla 37. Cantidad de maquinaria

MÁQUINA		
Nombre	Cantidad	Imagen
Molino	1	

Fuente: Empresa Yesera

Tabla 38. Ficha técnica del molino

FICHA TÉCNICA	
Uso	Piedra caliza, carbón
Marca	Huahong
Energía	11 Kw
Origen	Henan, China
Nº de motor	PC 400*300
Capacidad	500 kg - 1 500 kg/h
Tipo	Trituradora de martillo
Estructura	Resonable

Fuente: Empresa yesera

3.1.7. Herramientas

a) Carretillas

Esta herramienta se utiliza como equipo de acarreo para trasladar el yeso de construcción obtenida de la etapa de calcinación hacia el área de trituración.

b) Comba

Para la ejecución de la trituración del yeso de construcción se utiliza como herramienta de trabajo una comba, la cual ayuda al operario a triturar el material.

c) Balde

Esta herramienta se utiliza como equipo de acarreo para trasladar el yeso de construcción triturada obtenida de la etapa de trituración hacia el molino.

d) Pala

Esta herramienta se utiliza para llenar el balde con el yeso de construcción triturada para posteriormente trasladarla hacia el molino.

3.1.8. Suministros

a) Gasolina

El suministro que se utiliza para el funcionamiento del molino es la gasolina.

3.1.9. Proceso productivo

a) Recepción

El proceso productivo del yeso de construcción empieza con la recepción de la materia prima e insumos, es decir, la piedra de yeso, la paja y la leña. Estos materiales son transportados en camiones desde la comunidad de San Pedro de Mórrope hasta la empresa yesera, donde los mismos transportistas se encargan de descargar el material en los espacios designados para su almacenamiento, las cuales son espacios descampados sin cercado. Sin embargo, esta actividad se realiza dos horas antes de empezar la jornada laboral, los transportistas llegan a las 04 h 00 a la empresa yesera y culminan su labor a las 06 h 00 que llegan los operarios a realizar sus actividades laborales.

b) Llenado

Una vez descargada la materia prima e insumos, tres operarios se encargan de trasladar manualmente la materia prima desde su lugar de almacenamiento hasta los hornos artesanales, sin la ayuda de herramientas que les faciliten el traslado con el riesgo de contraer problemas dorsolumbares o lesiones al operario, además de no contar con el equipo de

protección adecuado. Esta actividad se realiza hasta completar cada horno artesanal con 20 000 kg de piedra de yeso.

Una vez culminado el llenado con la materia prima, los mismos tres operarios proceden a trasladar manualmente los insumos, desde su lugar de almacenamiento hasta los hornos artesanales, utilizando 140 kg de paja y 15 000 kg de leña como combustible para cada uno.

c) Calcinación

Culminado el llenado de los hornos artesanales, se procede a calcinar la piedra de yeso, la cual tiene una duración de 48 horas, transcurso en el cual la piedra de yeso se deshidrata totalmente debido al porcentaje de agua que contiene en su composición química (ver **Tabla 33**), además se produce una sobrecocción hasta perder el 22% del material, por lo cual se obtiene 15 600 kg como producto de la etapa de calcinación.

d) Enfriamiento

Transcurridas las 48 horas de calcinación de la piedra de yeso, ésta empieza a enfriarse durante las 24 horas siguientes de manera natural.

e) Limpieza

Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, se realiza la limpieza de los hornos artesanales; para ello, dos operarios se encargan de retirar manualmente los restos de leña y paja, sin equipo de protección personal y sin herramientas que los ayuden a realizar sus actividades. Estos restos se depositan al lado del lugar de almacenamiento de los insumos.

f) Trituración

Posteriormente, tres operarios se encargan de trasladar el yeso de construcción, producto de la etapa de calcinación, por medio de carretillas hasta el área de trituración para continuar con el proceso, dichos operarios no cuentan con el equipo de protección necesario para la actividad. El área de trituración es un espacio descampado el cual cuenta con un techo compuesto por esteras, donde otro operario se encarga de triturar el yeso de construcción con la ayuda de una comba, realizando movimientos repetitivos, además de no contar con el equipo de protección necesario.

g) Molienda

Un operario llena el balde de yeso de construcción triturada con la ayuda de una pala y lo traslada hasta el molino; sin embargo, no todo el material es trasladado hacia tal lugar, ya que parte del material se queda en el área de trituración, por lo mismo que no se cuenta con las herramientas adecuadas para poder retirar todo el material triturado y trasladarlo sin

generar mermas. Una vez que el operario llega al molino, se sube a dos sacos de yeso de construcción que se utilizan como medio para poder alcanzar la entrada de alimentación del molino y así vaciar el material donde corresponde para que pueda ser convertido inmediatamente en polvo, con un grado de probabilidad a caerse o tropezarse debido a que el método que utiliza no es seguro, además de no contar con el equipo de protección personal adecuado para la actividad.

h) Embolsado

Finalmente, dos operarios se encargan de embolsar el yeso de construcción obtenida que se va obteniendo de la molienda, de igual manera no cuentan con equipo de protección personal. El tamaño de la bolsa de plástico dependerá del pedido del cliente, el cual puede variar entre bolsas de 4 kg a 20 kg.

En esta última etapa, no todo el yeso de construcción que sale del molino es embolsado, ya que hay momentos en donde los tres operarios están llenando o amarrando las bolsas de yeso de construcción al mismo tiempo, y por ende el material que sigue cayendo no es embolsado y cae a la superficie produciendo mermas.

3.1.10. Sistema de producción

El sistema de producción de la empresa yesera es semicontinuo.

3.1.11. Análisis del proceso productivo

a) Diagrama de bloques

En la **Figura 8** se puede observar el diagrama de bloques de la empresa yesera, en el cual se identifican las entradas y salidas de cada etapa, obteniendo como producto final bolsas de yeso de construcción.

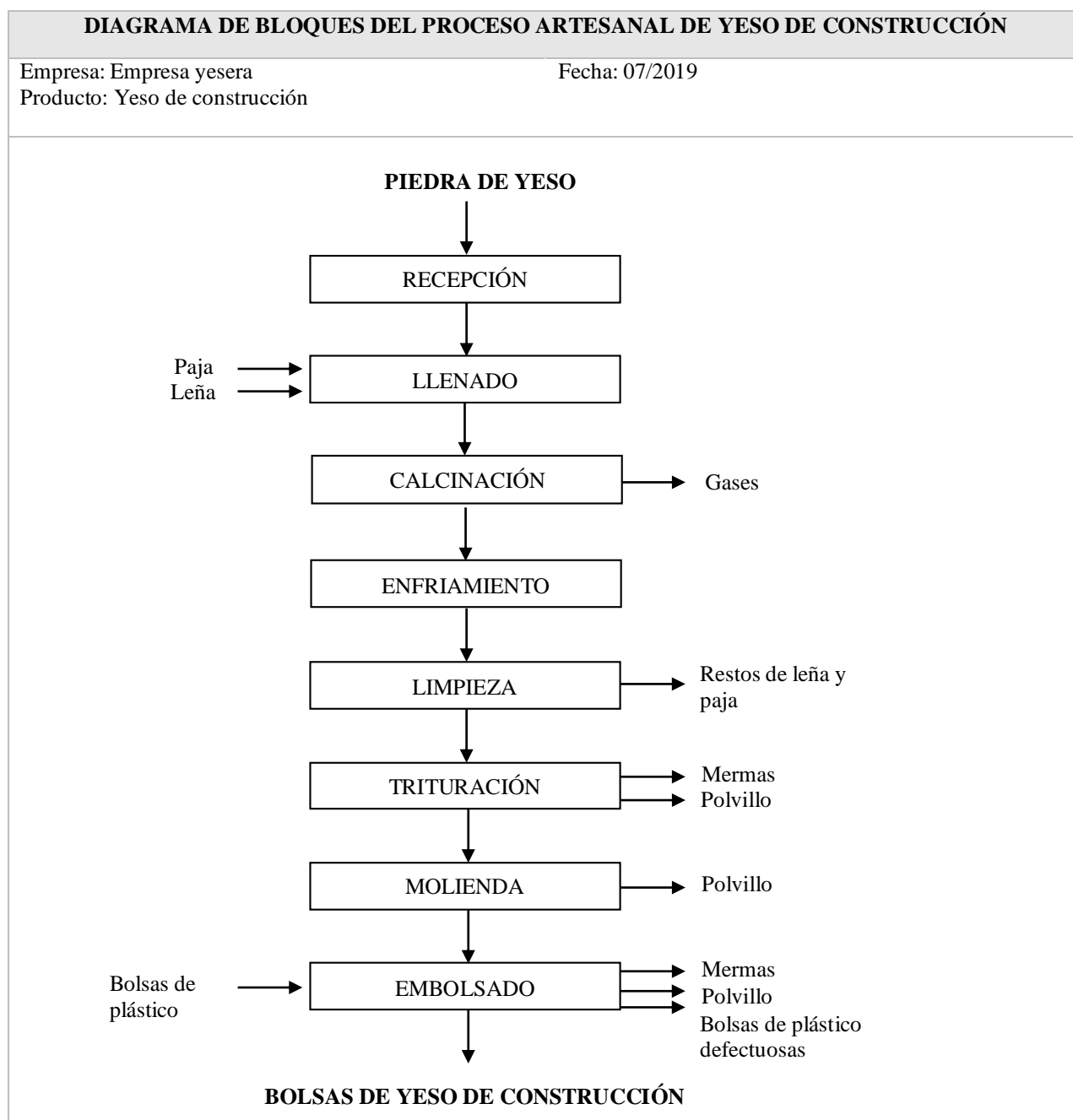


Figura 8. Diagrama de bloques del proceso artesanal de yeso de construcción

Fuente: Empresa yesera

A continuación, en la **Figura 9** se mostrará un diagrama gráfico del proceso artesanal de yeso de construcción.

DIAGRAMA GRÁFICO DEL PROCESO ARTESANAL DE YESO DE CONSTRUCCIÓN

Empresa: Empresa yesera
Producto: Yeso de construcción

Fecha: 07/2019

RECEPCIÓN**LLENADO**

CALCINACIÓN Y ENFRIAMIENTO**LIMPIEZA****TRITURACIÓN**

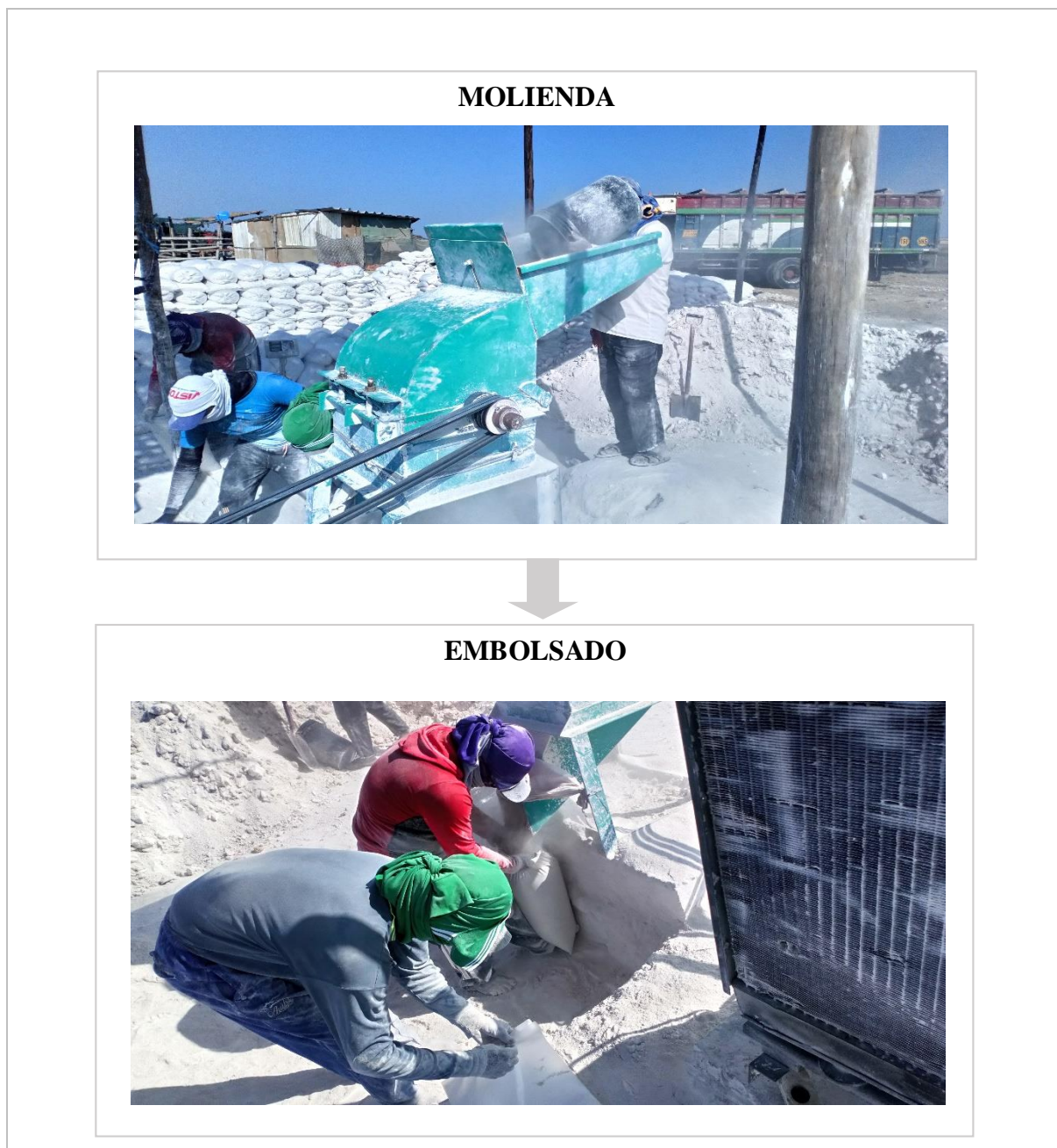


Figura 9. Diagrama gráfico del proceso artesanal de yeso de construcción

Fuente: Empresa yesera

b) Plano actual de la empresa yesera

La producción de yeso de construcción por horno artesanal que realiza la empresa yesera tiene una duración de 5 días aproximadamente, el cual abarca desde la etapa de calcinación hasta la etapa de embolsado, en la **Tabla 39** se puede observar la programación de la producción.

Tabla 39. Programación de la producción

Etapa	Semana				
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Llenado	■				
Calcinación	■	■	■		
Enfriamiento			■	■	
Limpieza				■	
Trituración				■	
Molienda y embolsado					■

Fuente: Empresa yesera

Como se observa en la **Figura 10** se muestra el plano actual de la empresa yesera, mostrando la distribución de las áreas de producción.

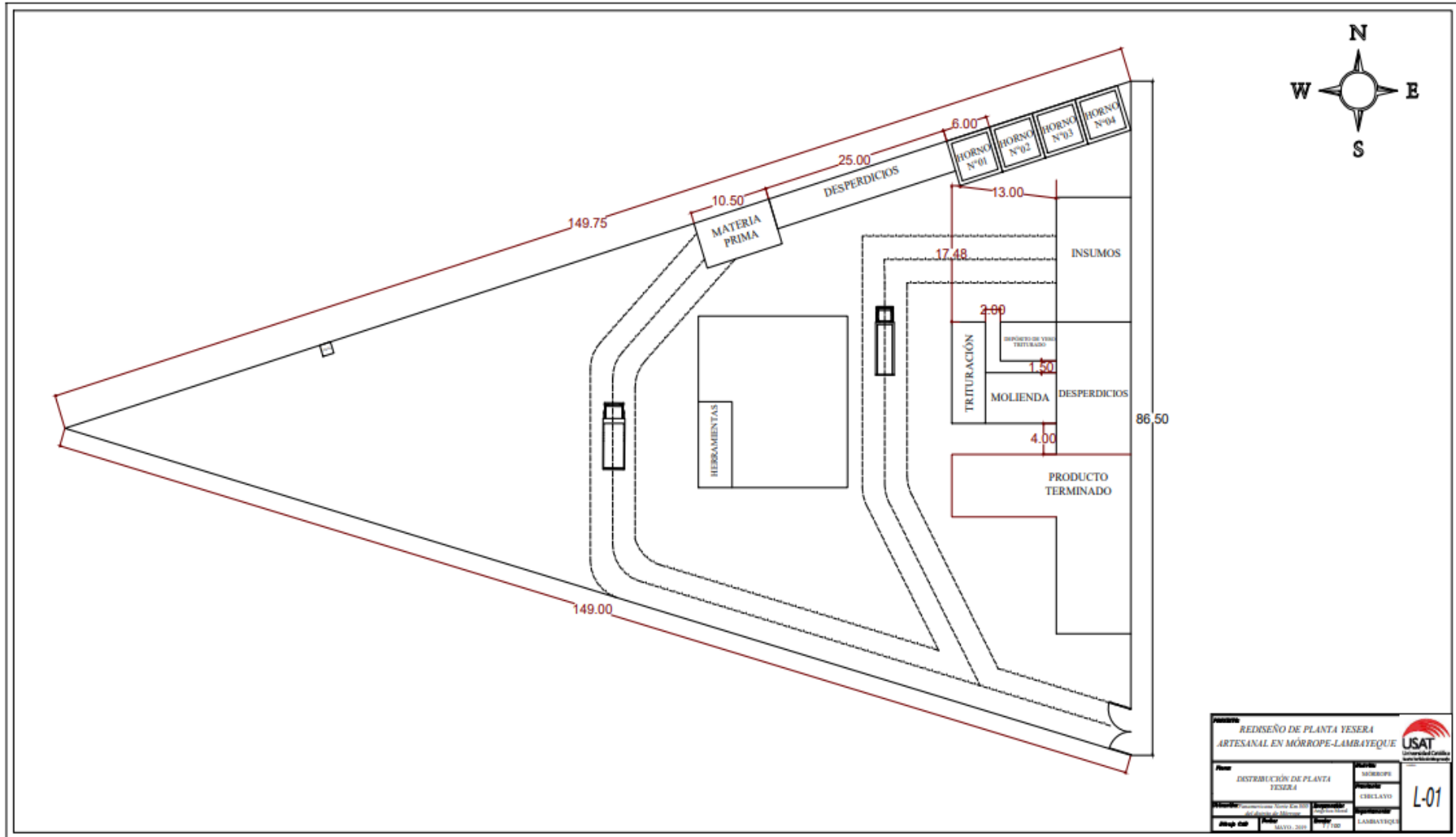


Figura 10. Plano actual de la empresa yesera
 Fuente: Empresa yesera

c) Diagrama de recorrido del proceso

A continuación, en la **Figura 11** se presenta el diagrama de recorrido del proceso artesanal de yeso de construcción, el cual se pudo realizar con ayuda de los diagramas gráficos presentados previamente y la respectiva descripción del proceso artesanal, con el objetivo de detectar posibles problemas de distribución de planta.

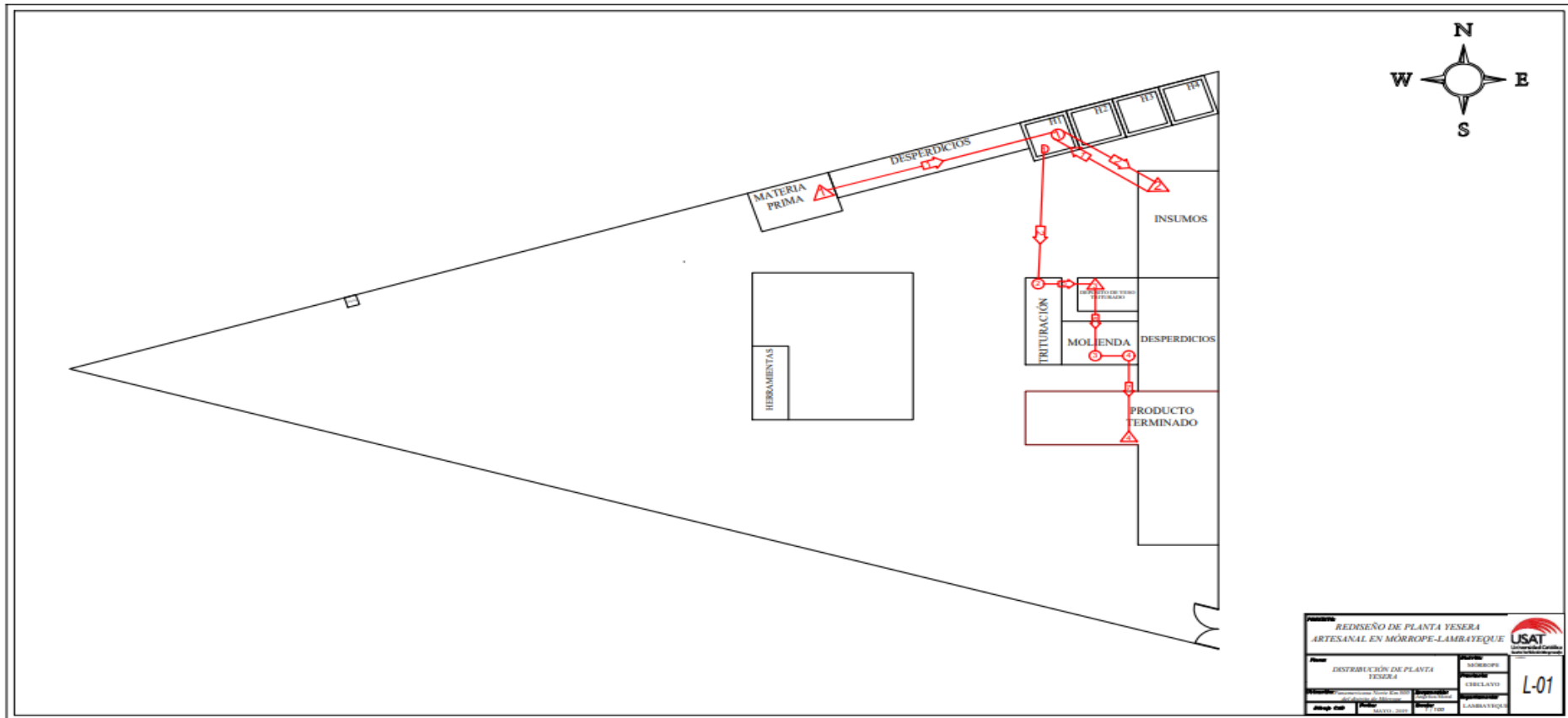

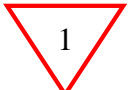



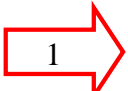
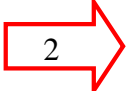
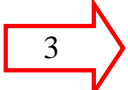
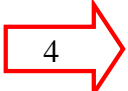
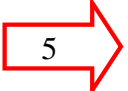
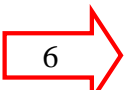
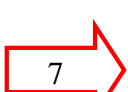



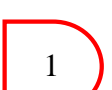


Figura 11. Diagrama de recorrido del proceso

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 40** se indicará a detalle la leyenda del plano de recorrido actual de la empresa yesera, para una mejor comprensión.

Tabla 40. Leyenda del diagrama de recorrido del proceso

LEYENDA DEL PLANO	
	Línea de producción
	Primer almacenamiento
	Segundo almacenamiento
	Tercer almacenamiento
	Cuarto almacenamiento
	Transporte al horno artesanal
	Transporte al almacén de insumos
	Transporte al horno artesanal
	Transporte al área de trituración
	Transporte al almacén de triturado
	Transporte al área de molienda
	Transporte al almacén de producto terminado
	Calcinación
	Trituración
	Molienda y embolsado
	Limpieza de horno artesanal

d) Tiempo promedio de elementos

Para hallar el tiempo promedio de elementos (actividades) se realizó un estudio de tiempos donde se utilizó como equipo un cronómetro y un formato de registro de información. Para llevar a cabo su ejecución, se realizó lo siguiente:

1. Se determinó el número de ciclos tomando como base la guía del número aproximado de ciclos a observar publicada por General Electric Company (ver **Tabla 3**), donde señala que para un ciclo mayor de 40 minutos se deben realizar 3 observaciones; es por ello, que se realizó esa cantidad de mediciones teniendo en cuenta que la duración del ciclo del

proceso productivo de la empresa yesera es de 48 horas, correspondiente a la etapa de calcinación.

2. Se registraron los tiempos por cada observación utilizando la técnica con regreso a cero. Dichas observaciones se realizaron en las siguientes fechas:

Tabla 41. Fechas de las observaciones

Medición	Fecha
1	01-04-19 al 07-04-19
2	29-04-19 al 05-05-19
3	06-05-19 al 12-06-19

En la **Tabla 42** se muestran los tiempos de las observaciones realizadas a la empresa yesera en las fechas señaladas anteriormente, de las cuales se obtuvo un tiempo promedio por cada elemento (actividad).

Tabla 42. Tiempo promedio de los elementos

TIEMPO PROMEDIO DE LOS ELEMENTOS				
Empresa: Empresa yesera		Fecha: 07/2019		
Producto: Bolsas de yeso de construcción				
Elemento	Observación horas			Tiempo promedio horas
	1	2	3	
Almacén de materia prima				
Transporte de materia prima al área de calcinación	2,5	2,7	2,56	2,6
Transporte al almacén de insumos	1,85	1,9	1,85	1,9
Almacén de insumos				
Transporte de insumos al área de calcinación	2,35	2,4	2,28	2,3
Calcinación	48	48	48	48
Enfriamiento	24	24	24	24
Limpieza de horno	1	0,58	1,3	1
Transporte al área de trituración	2	1,9	2,1	2
Trituración	3,1	3,36	3,48	3,3
Transporte al área de molienda y embolsado	1,6	1,71	1,75	1,7
Molienda y embolsado	3	3,25	3,1	3,1
Transporte al almacén de producto terminado	1,5	1,45	1,8	1,6
Almacenaje de producto terminado				

Fuente: Empresa yesera

e) Cursograma analítico

A continuación, se presenta el cursograma analítico del proceso artesanal de yeso de construcción en la **Figura 12**, donde se observan las actividades productivas como las operaciones y las actividades improductivas como los transportes y demoras; así también, se observa que no realizan ninguna inspección durante el proceso artesanal. Por otro lado, se indica el tiempo promedio de cada actividad calculado en el estudio de tiempos (ver **Tabla 42**) y la distancia recorrida en los transportes.

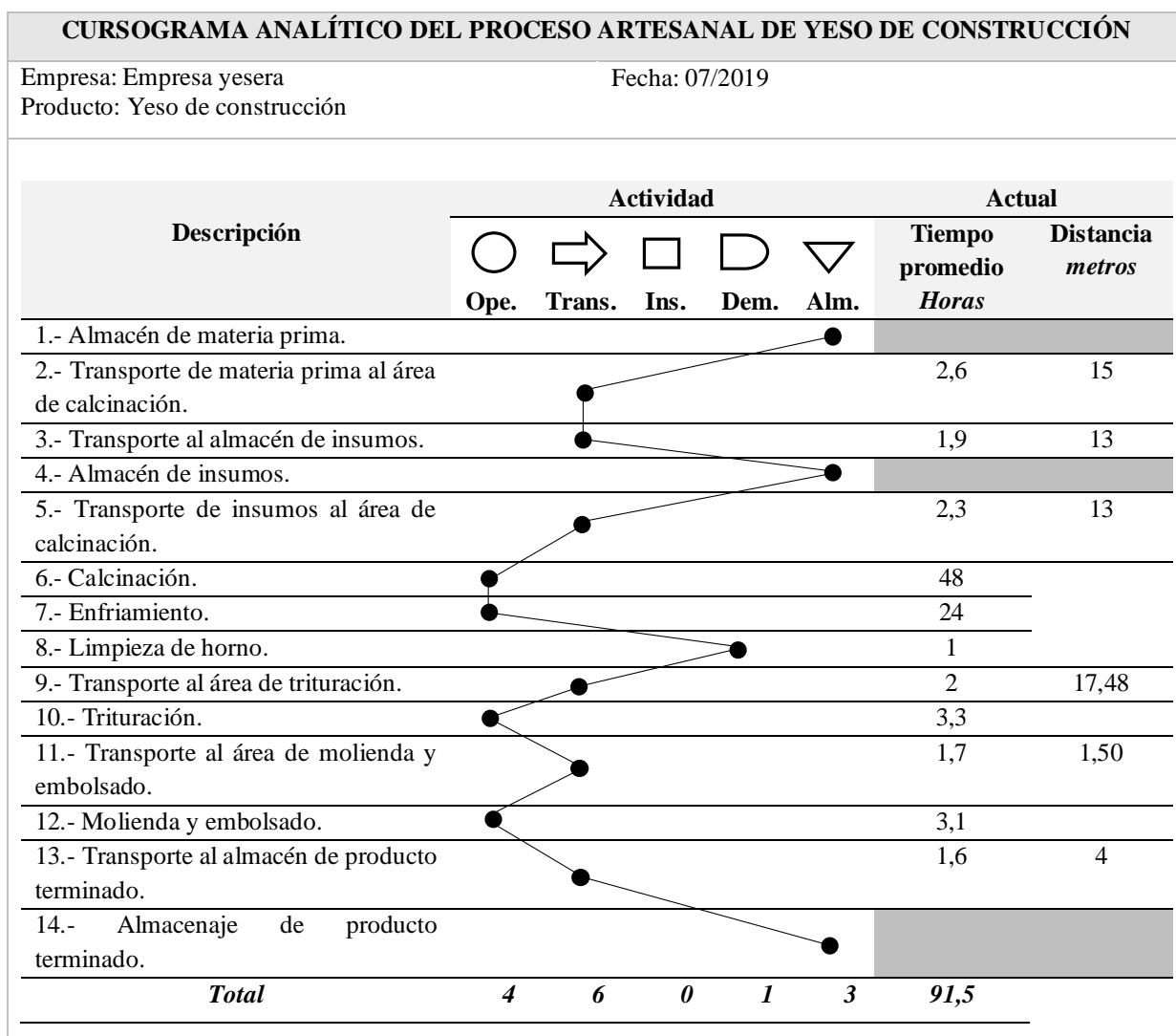


Figura 12. Cursograma analítico del proceso artesanal de yeso de construcción

Fuente: Empresa yesera

3.1.12. Indicadores de producción y productividad

Los indicadores nos permitirán conocer el estado actual de la empresa yesera en cuanto a producción y productividad.

a) Producción

✓ Producción teórica o capacidad de diseño

La producción teórica supone que la empresa trabaja bajo condiciones ideales, con un rendimiento óptimo tanto de las maquinarias como del personal responsable, lo que conlleva a que el proceso productivo realice sus operaciones sin ningún margen para tiempos muertos, o interrupciones.

La empresa yesera cuenta con 4 hornos artesanales disponibles semanalmente, donde se utiliza 20 000 kg de piedra de yeso como materia prima para cada uno, de dicha cantidad produce 15 600 kg de yeso de construcción, laborando 4 semanas por mes.

$$\text{Producción teórica} = 15\,600 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{horno artesanal}} \times 4 \frac{\text{hornos artesanales}}{\text{semana}} \times 4 \frac{\text{semanas}}{\text{mes}}$$

$$\text{Producción teórica} = 249\,600 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{mes}}$$

Por lo tanto, la producción teórica de la empresa es de 249 600 kg de yeso de construcción por mes, trabajando bajo óptimas condiciones.

✓ Producción real

Con respecto a la producción real, es la capacidad real que la empresa ha conseguido producir en un periodo determinado.

Tabla 43. Producción real de yeso de construcción 2019

Mes	Producción real de yeso de construcción <i>kg/mes</i>
Enero	187 635
Febrero	184 870
Marzo	175 425
Abril	191 360
Mayo	181 970
Junio	177 970
Julio	163 710
Agosto	202 670
Septiembre	192 350
Octubre	202 260
Noviembre	194 440
Diciembre	193 460
TOTAL	2 248 120

Fuente: Empresa yesera

Como se puede observar en la **Tabla 43**, la mayor producción real de la empresa yesera fue en el mes de agosto 2019 con 202 670 kg/mes utilizando los 4 hornos artesanales por semana.

Por otro lado, se observa que la menor producción real fue en el mes de julio 2019 con 163 710 kg/mes; sin embargo, en ese mes solo se utilizaron 3 hornos artesanales por semana. Por lo cual, se considerará que la menor producción real fue en el mes de octubre con 202 260 kg/mes, ya que en ese mes se utilizaron 4 hornos artesanales por semana.

$$\text{Mayor producción real} = 202\,670 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{mes}}$$

$$\text{Menor producción real} = 202\,260 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{mes}}$$

A continuación, en la **Tabla 44** se mostrará un cuadro resumen del indicador producción.

Tabla 44. Cuadro resumen del indicador de producción

Indicador	2019
Producción teórica	249 600 kg de yeso de construcción/mes
Producción real (mayor)	202 670 kg de yeso de construcción/mes
Producción real (menor)	202 260 kg de yeso de construcción/mes

Fuente: Empresa yesera

b) Productividad

✓ Productividad de materiales

Es la relación entre las unidades producidas y el material utilizado para dicha producción.

$$\textit{Productividad de materiales} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Insumos empleados}}$$

Con respecto a la empresa yesera, se calculó la productividad de materiales del mes de agosto (mayor producción), para lo cual se utilizó como insumo 320 000 kg de piedra de yeso y como producción se obtuvo 202 670 kg de yeso de construcción.

$$\textit{Productividad de materiales} = \frac{202\,670\text{ kg de yeso de construcción}}{320\,000\text{ kg de piedra de yeso}}$$

$$\textit{Productividad de materiales} = 0,63 \frac{\textit{kg de yeso de construcción}}{\textit{kg de piedra de yeso}}$$

Con el cálculo realizado, se concluye que se produce 0,63 kg de yeso de construcción por cada kg de piedra de yeso utilizado.

✓ Productividad de mano de obra

Es la relación entre las unidades producidas y la mano de obra que interviene para llevar a cabo dicha producción.

$$\textit{Productividad de mano de obra} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{N° de operarios}}$$

Con respecto a la empresa yesera, se halló la productividad de mano de obra del mes de agosto donde se produjo 202 670 kg de yeso de construcción y se cuenta con 5 operarios para la ejecución de las actividades productivas semanalmente.

$$\text{Productividad de mano de obra} = \frac{202\,670 \text{ kg de yeso de construcción}}{5 \text{ operarios}}$$

$$\text{Productividad de mano de obra} = 40\,534 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{operario}}$$

c) Eficiencia

✓ Eficiencia física

Equivalente al porcentaje de la capacidad efectiva que alcanza la actual producción de la empresa yesera.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

Se evaluará la eficiencia física del mes de mayor producción real en el año 2019, la cual es 202 670 kg de yeso de construcción obtenida en el mes de agosto.

Para ello, primero se calculará la capacidad efectiva definida como la capacidad que desea lograr la planta considerando ciertas restricciones; para el caso en estudio de la empresa yesera, se tomará en cuenta un porcentaje de merma aceptable de 5% que se genera por cada transporte del material durante el proceso productivo de yeso de construcción, los cuales son los siguientes:

- Transporte 1: Transporte del yeso desde el área de calcinación hasta el área de trituración.
- Transporte 2: Transporte del yeso desde el área de trituración hasta el área de molienda.

A continuación, primero se calculará la cantidad de merma generada en el transporte 1, en el cual se transportan 249 600 de yeso de construcción desde el área de calcinación hasta el área de trituración.

$$\text{Cantidad de merma del transporte 1} = 249\,600 \text{ kg de yeso de construcción} \times 0.05$$

$$\text{Cantidad de merma del transporte 1} = 12\,480 \text{ kg de yeso de construcción}$$

Por lo tanto, se tiene como entrada al área de trituración 237 120 kg de yeso de construcción.

Ahora se calculará la cantidad de merma generada en el transporte 2, donde se transportarán los 237 120 kg de yeso de construcción desde el área de trituración hasta el área de molienda.

$$\text{Cantidad de merma del transporte 2} = 237\ 120 \text{ kg de yeso de construcción} \times 0.05$$

$$\text{Cantidad de merma del transporte 2} = 11\ 856 \text{ kg de yeso de construcción}$$

Se obtiene como entrada al área de molienda 225 264 kg de yeso de construcción, la cual será la capacidad efectiva de la empresa yesera.

$$\text{Capacidad efectiva} = 225\ 264 \text{ kg de yeso de construcción}$$

Con los datos obtenidos, se calculó la eficiencia física obteniendo un porcentaje de 89%, donde el 11% restante equivale a material que se desaprovecha durante el proceso artesanal.

$$\text{Eficiencia física} = \frac{202\ 670 \text{ kg de yeso de construcción}}{225\ 264 \text{ kg de yeso de construcción}}$$

$$\text{Eficiencia física} = 0,89 \approx 89\%$$

✓ **Eficiencia económica**

Para el cálculo de la eficiencia económica se toma el ingreso por ventas entre los costos de producción.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Ingresos por ventas}}{\text{Costos de producción}}$$

Se evaluará la eficiencia económica del mes que se obtuvo la mayor producción real en el año 2019, por lo tanto, se detallarán los ingresos por ventas y costos de producción del mes de agosto 2019 para una producción de 202 670 kg de yeso de construcción. En la **Tabla 45**, se muestran los costos unitarios por cada recurso utilizado.

Tabla 45. Costo unitario por recurso

	Cantidad	Unidad	Costo	
Materiales directos				
Piedra de yeso	1	Kg	S/	0,07
Paja	1	Kg	S/	2,00
Leña	1	Kg	S/	0,50
Materiales indirectos				
Gasolina	1	Galón	S/	11,86
Amarre	1	paquete	S/	6,00
Bolsas de plástico de 10 kg	1	paquete 10 kg	S/	15,50
Bolsas de plástico de 15 kg	1	paquete 15 kg	S/	25,50
Bolsas de plástico de 12 kg	1	paquete 12 kg	S/	19,50
Bolsas de plástico de 18 kg	1	paquete 18 kg	S/	31,50
Bolsas de plástico de 20 kg	1	paquete 20 kg	S/	35,50
Bolsas de plástico de 5 kg	1	paquete 5 kg	S/	5,50
Bolsas de plástico de 8 kg	1	paquete 8 kg	S/	11,50
Bolsas de plástico de 9 kg	1	paquete 9 kg	S/	13,50
Mano de obra				
Operario de producción	6	persona/horno artesanal	S/	420,00
Operario de mantenimiento	1	persona/semana	S/	90,00

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 46**, se detalla el costo de producción del mes de agosto 2019 el cual abarca los costos de materiales directos, costos de materiales indirectos y costos de mano de obra, obteniendo un total de S/ 46 203,71.

Tabla 46. Costos de producción

	Cantidad	Unidad	Costo
Materiales directos			
Piedra de yeso	320 000	kg	S/ 22 400,00
Paja	640	kg	S/ 1 280,00
Leña	24 000	kg	S/ 12 000,00
Costo total de materiales directos			S/ 35 680,00
Materiales indirectos			
Gasolina	2	galón	S/ 23,71
Amarre	14	paquete	S/ 84,00
Bolsas de plástico de 10 kg	62	paquete 10 kg	S/ 961,00
Bolsas de plástico de 15 kg	33	paquete 15 kg	S/ 841,50
Bolsas de plástico de 12 kg	14	paquete 12 kg	S/ 273,00
Bolsas de plástico de 20 kg	9	paquete 20 kg	S/ 319,50
Bolsas de plástico de 5 kg	20	paquete 5 kg	S/ 110,00
Bolsas de plástico de 8 kg	3	paquete 8 kg	S/ 34,50
Bolsas de plástico de 9 kg	3	paquete 9 kg	S/ 40,50
Bolsas de plástico de 18 kg	24	paquete 18 kg	S/ 756,00
Costo total de materiales indirectos			S/ 3 443,71
Mano de obra			
Operario de producción	16	horno artesanal	S/ 6 720,00
Operario de mantenimiento	4	semana	S/ 360,00
Costo total de mano de obra			S/ 7 080,00
COSTO TOTAL			S/ 46 203,71

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 47**, se muestran los ingresos por ventas del mes de agosto 2019 generando un total de S/ 60 801,00.

Tabla 47. Ingresos por ventas

	Cantidad	Unidad
Producción real	202 670	kg/mes
Precio de venta por kg	0,30	soles
INGRESOS POR VENTAS	S/	60 801,00

Fuente: Empresa yesera

Una vez obtenido dichos datos, se procede a hallar la eficiencia económica del mes de agosto 2019.

$$Eficiencia\ econ\ omica = \frac{60\ 801,00\ soles/mes}{46\ 203,71\ soles/mes}$$

$$Eficiencia\ econ\ omica = 1,31$$

La eficiencia económica del mes de agosto 2019 es de 1,31; es decir, por cada sol invertido la empresa yesera gana S/ 0,31.

d) Otros

✓ Actividades improductivas

Durante el proceso artesanal de yeso de construcción se generan actividades tanto productivas como improductivas, es por ello que se tomó 3 mediciones preliminares como se observa en el estudio de tiempos (ver **Tabla 42**). Esta medición se realiza con el fin de hallar el porcentaje de actividades improductivas generadas en el transcurso del proceso artesanal.

Las actividades improductivas son todas aquellas que no generan un valor al proceso productivo; entre las cuales tenemos a los transportes, demoras y almacenamientos. En la **Tabla 48** se puede observar el resumen del tiempo promedio de cada actividad obtenido del cursoograma analítico del proceso artesanal de yeso de construcción realizado anteriormente (ver **Figura 12**).

Tabla 48. Resumen de tiempos por actividad

Actividad	Tiempo promedio Horas
Operación	78,4
Transporte	12,1
Demora	1

Fuente: Empresa yesera

Con los tiempos promedios se puede obtener el porcentaje de actividades improductivas del proceso productivo artesanal de yeso de construcción.

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{\text{Actividades improductivas}}{\text{Total de actividades}} \times 100$$

$$\% \text{ Actividades improductivas} = \frac{12,1 + 1}{78,4 + 12,1 + 1} \times 100$$

$$\% \text{ Actividades improductivas} = 14\%$$

Como se observa, dentro de las actividades del proceso artesanal de la empresa yesera, los 14% del total son improductivas; es decir, no añaden ningún valor al producto, lo cual desfavorece a la empresa yesera.

✓ Pedidos no atendidos

La producción de la empresa yesera no llega a abastecer a todos los pedidos de sus clientes, generando así pedidos no atendidos por diversas causas, las cuales se muestran en la **Tabla 49**.

Tabla 49. Pedidos no atendidos 2019

Mes	Pedidos no atendidos kg/mes	Causa
Enero	72 865	Generación de mermas
Febrero	79 460	Generación de mermas Falta de combustible
Marzo	80 425	Generación de mermas Falta de combustible
Abril	91 345	Generación de mermas
Mayo	95 375	Generación de mermas
Junio	107 330	Generación de mermas
Julio	96 605	Generación de mermas
Agosto	87 830	Generación de mermas
Septiembre	103 395	Generación de mermas
Octubre	92 315	Falta combustible Generación de mermas
Noviembre	100 800	Falta de materia prima Generación de mermas
Diciembre	76 720	Generación de mermas
TOTAL	1 084 465	

Fuente: Empresa yesera

Como se observa en la **Tabla 49**, la principal causa de estos pedidos no atendidos es la generación de mermas que se produce durante el proceso artesanal de yeso de construcción. A continuación, se determinará el porcentaje de pedidos no atendidos de la empresa yesera.

$$\% \text{ de pedidos no atendidos} = \frac{\text{Pedidos no atendidos}}{\text{Total de pedidos}} \times 100$$

$$\% \text{ Pedidos no atendidos} = \frac{1\,084\,465 \text{ kg de yeso de construcción}}{1\,084\,465 \text{ kg de yeso de cons.} + 2\,248\,120 \text{ kg de yeso de cons.}}$$

% Pedidos no atendidos = 33 %

Se puede observar que el porcentaje de pedidos no atendidos con respecto al total de la producción de yeso de construcción es de 33% equivalente a 1 084 465 kg de yeso de construcción, generando considerables pérdidas económicas para la empresa yesera.

✓ **Generación de mermas**

Como ya se mencionó anteriormente, una de las causas de los pedidos no atendidos es la generación de mermas debido diversos factores.

Para determinar la cantidad de mermas se calculó la diferencia entre el yeso de construcción que se produce en la etapa de calcinación y el yeso de construcción que sale de la etapa de embolsado, dicha diferencia sería la cantidad de mermas. A continuación, se detalla en la **Tabla 50** la cantidad de mermas por mes del año 2019.

Tabla 50. Cantidad de mermas 2019

Mes	Yeso de construcción <i>kg/mes</i>	Producción real <i>kg/mes</i>	Mermas <i>kg/mes</i>
Enero	218 400	187 635	30 765
Febrero	218 400	184 870	33 530
Marzo	218 400	175 425	42 975
Abril	234 000	191 360	42 640
Mayo	218 400	181 970	36 430
Junio	202 800	177 970	24 830
Julio	187 200	163 710	23 490
Agosto	249 600	202 670	46 930
Septiembre	234 000	192 350	41 650
Octubre	249 600	202 260	47 340
Noviembre	234 000	194 440	39 560
Diciembre	234 000	193 460	40 540
TOTAL	2 698 800	2 248 120	450 680

Fuente: Empresa yesera

A continuación, con los datos obtenidos de la cantidad de mermas, se puede calcular el porcentaje de mermas con respecto a la producción total para poder saber en cuanto está afectando a la productividad de la empresa yesera.

$$\% \text{ Mermas} = \frac{\text{kg de yeso de construcción perdidos}}{\text{Total de kg de piedra de yeso}}$$

$$\% \text{ Mermas} = \frac{450\,680 \text{ kg de yeso de construcción}}{2\,698\,800 \text{ kg de yeso de construcción}}$$

$$\% \text{ Mermas} = 17\%$$

Del total de la producción de yeso de construcción del año 2019, un 17% equivale a mermas producidas durante el proceso productivo.

✓ Pérdidas económicas

En la empresa yesera se generan pérdidas económicas por dos factores:

- Mermas generadas durante el proceso artesanal de yeso de construcción.
- Pedidos no atendidos de la empresa yesera.

En la **Tabla 51** se muestran las pérdidas económicas que tiene la empresa yesera por la generación de mermas en el proceso artesanal de yeso de construcción en el año 2019, donde se obtuvo S/ 135 204,00.

Tabla 51. Pérdidas económicas por cantidad de mermas 2019

Mes	Mermas kg/mes	Precio de venta	Pérdidas económicas
Enero	30 765	S/ 0,30	S/ 9 229,50
Febrero	33 530		S/ 10 059,00
Marzo	42 975		S/ 12 892,50
Abril	42 640		S/ 12 792,00
Mayo	36 430		S/ 10 929,00
Junio	24 830		S/ 7 449,00
Julio	23 490		S/ 7 047,00
Agosto	46 930		S/ 14 079,00
Septiembre	41 650		S/ 12 495,00
Octubre	47 340		S/ 14 202,00
Noviembre	39 560		S/ 11 868,00
Diciembre	40 540		S/ 12 162,00
TOTAL	450 680		S/ 135 204,00

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 52** se muestran las pérdidas económicas por pedidos no atendidos durante el año 2019, donde se obtuvo un total de S/ 325 339,50.

Tabla 52. Pérdidas económicas por pedidos no atendidos 2019

Mes	Pedidos no atendidos <i>kg/mes</i>	Precio de venta	Pérdidas económicas
Enero	72 865	S/ 0,30	S/ 21 859,50
Febrero	79 460		S/ 23 838,00
Marzo	80 425		S/ 24 127,50
Abril	91 345		S/ 27 403,50
Mayo	95 375		S/ 28 612,50
Junio	107 330		S/ 32 199,00
Julio	96 605		S/ 28 981,50
Agosto	87 830		S/ 26 349,00
Septiembre	103 395		S/ 31 018,50
Octubre	92 315		S/ 27 694,50
Noviembre	100 800		S/ 30 240,00
Diciembre	76 720		S/ 23 016,00
TOTAL	1 084 465		S/ 325 339,50

Fuente: Empresa yesera

3.1.13. Resumen de indicadores

A continuación, en la **Tabla 53** se muestra el resumen de indicadores de producción y productividad obtenidos en el análisis de la empresa yesera.

Tabla 53. Resumen de indicadores

Indicador		Situación actual	
Producción			
Producción de teórica		249 600	kg/mes
Producción real		202 670	kg/mes
Productividad			
Productividad de materiales		0,63	kg de yeso de construcción/ kg de piedra de yeso
Productividad de mano de obra		40 534	Kg/op.
Eficiencia			
Eficiencia física		89	%
Eficiencia económica		1,31	-
Otros			
Cuello de botella		48	horas
Tiempo promedio de producción		91,5	horas
Actividades improductivas		14	%
Pedidos no atendidos		33	%
Cantidad de mermas		17	%
Pérdidas económicas	Pedidos no atendidos	325 339,50	Soles
	Cantidad de mermas	135 204,00	Soles

Fuente: Empresa yesera

3.1.14. Problemas, causas y propuestas de solución.

Tabla 54. Problemas, causas y propuestas de solución

Problema	Causa	Solución	
		Método	
Generación de mermas.	Inadecuados métodos de trabajo.	Diseño de métodos de trabajo.	Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS)
		Implementación de maquinaria y equipo de acarreo.	Método de factores ponderados. Evaluación y selección de maquinaria y equipo de acarreo.
Alto porcentaje de tiempos improductivos.	Distribución empírica de planta artesanal. Manipulación manual de carga pesada	Redistribución de planta.	Metodología SLP Método Guerchet

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 54** se detallan los problemas identificados en el diagnóstico de la situación actual de la empresa yesera con sus posibles causas las cuales se describirán a continuación.

a) Problema: Generación de mermas**• Causa: Inadecuados métodos de trabajo**

Se aplicó la herramienta 5WH para evaluar el método de trabajo de cada etapa del proceso artesanal de yeso de construcción, mediante una serie de preguntas que permitirán elaborar un plan de acción de forma sistemática y estructurada. Para ello, primero se aplicará el cuestionario y luego se analizará cada pregunta.

1. Aplicación de la herramienta 5WH

Tabla 55. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de llenado y calcinación

ETAPA: LLENADO Y CALCINACIÓN	
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Quién lo realiza?	Los operarios de la etapa de llenado.
¿Están calificados para realizar la etapa?	No están calificados.
¿Tienen el equipo de protección personal?	No cuentan con los EPP's necesarios como se observa en la Figura 13 y Figura 14.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Qué se realiza?	Se llenan los hornos artesanales de piedra de yeso, paja y leña para su respectiva calcinación.
¿Cuál es la finalidad?	Eliminar el porcentaje de agua que contiene la piedra de yeso (22%).
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cuándo se realiza?	Cuando los transportistas ya descargaron la piedra de yeso del camión.
¿Por qué se realiza en ese momento?	Porque la empresa yesera lo estableció en ese orden.
¿El orden de las acciones es el apropiado?	No, según de Villanueva [9] menciona en su artículo que la etapa de calcinación debe realizarse después de la etapa de trituración.
¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	Si, de acuerdo a de Villanueva [9] con la piedra de yeso triturada se logra obtener un mejor rendimiento de la calcinación del material.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Dónde se realiza?	En el área de calcinación.
¿Por qué se realiza ahí?	Porque ahí se encuentran los hornos artesanales donde se lleva a cabo la calcinación de la piedra de yeso.
¿Podría combinarse con otro elemento?	No se podría combinar con otro elemento, es una etapa independiente.
¿Dónde podría realizarse mejor?	En una maquinaria donde se pueda aumentar la capacidad de los hornos para satisfacer los pedidos no atendidos y en condiciones adecuadas.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cómo se realiza?	Traslado Los operarios trasladan manualmente la piedra de yeso, la paja y la leña hasta los hornos artesanales. (Ver Figura 13) Operación La calcinación se realiza en hornos artesanales como se muestra en la Figura 15 , la cual demora 48 horas en calcinar la piedra de yeso.
¿Por qué se realiza así?	Porque la empresa yesera realiza sus operaciones de acuerdo al proceso artesanal establecido como menciona de Villanueva [9] en su artículo.
¿Es obligatorio realizarlo así?	No, existen otros métodos con los cuales se lograría el mismo resultado.
¿Cómo podría realizarse de una forma más adecuada para obtener el mismo resultado?	Traslado Gómez y Correa [6] señalan que para el acarreo del material se utilizan bandas transportadoras, con las cuales se reduce tiempo y mano de obra. Operación ATEDY [10] señala que existen hornos industriales que pueden ser utilizados para la etapa de calcinación de la piedra de yeso según el producto que se quiera obtener, los cuales son más eficientes que un horno artesanal. De acuerdo a Rivero [11], para conseguir yeso de construcción se usan hornos rotativos.

Fuente: Empresa yesera



Figura 13. Llenado del horno artesanal
Fuente: Empresa yesera



Figura 14. Acomodo de materiales
Fuente: Empresa yesera



Figura 15. Calcinación de piedra de yeso
Fuente: Empresa yesera

Tabla 56. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de limpieza de hornos artesanales

ETAPA: LIMPIEZA DE HORNOS ARTESANALES	
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Quién lo realiza?	Los operarios de la etapa de limpieza.
¿Están calificados para realizar la etapa?	No están calificados.
¿Tienen el equipo de protección personal?	No cuentan con los EPP's necesarios.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Qué se realiza?	La limpieza de los hornos artesanales, la cual se basa en retirar los insumos sobrantes utilizados como combustible (la paja y la leña).
¿Cuál es la finalidad?	Retirar el yeso de construcción.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cuándo se realiza?	Cuando el yeso de construcción ha terminado de enfriarse.
¿Por qué se realiza en ese momento?	Porque es necesario, para poder retirar el yeso de construcción.
¿El orden de las acciones es el apropiado?	El orden es necesario y adecuado.
¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No, porque si no se retiran esos materiales, no se podrá quitar el yeso de construcción.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Dónde se realiza?	En el área de calcinación.
¿Por qué se realiza ahí?	Porque ahí se encuentran los hornos artesanales.
¿Podría combinarse con otro elemento?	No se podría combinar con otro elemento, es una etapa independiente.
¿Dónde podría realizarse mejor?	En un lugar con las condiciones adecuadas para realizar la limpieza.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cómo se realiza?	Los operarios retiran manualmente los sobrantes de leña y paja que quedan en los hornos artesanales.
¿Por qué se realiza así?	Porque es la forma empírica establecida por la empresa.
¿Es obligatorio realizarlo así?	No, existen otros métodos con los cuales se lograría el mismo resultado.
¿Cómo podría realizarse de una forma más adecuada?	Con la implementación de un horno industrial, no sería necesaria esta actividad; ya que no se utilizarían estos insumos, eliminando automáticamente la etapa.

Fuente: Empresa yesera

Tabla 57. Aplicación de la herramienta 5WH en la etapa de trituración

ETAPA: TRITURACIÓN	
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Quién lo realiza?	Los operarios de la etapa de trituración.
¿Están calificados para realizar la etapa?	No están calificados.
¿Tienen el equipo de protección personal?	No cuentan con los EPP's necesarios como se observa en la Figura 16, Figura 17 y Figura 18.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Qué se realiza?	La trituración del yeso de construcción de forma manual.
¿Cuál es la finalidad?	Reducir el tamaño del yeso de construcción para facilitar la molienda del material.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cuándo se realiza?	Cuando se ha terminado la limpieza de los hornos artesanales.
¿Por qué se realiza en ese momento?	Porque la empresa yesera lo estableció en ese orden.
¿El orden de las acciones es el apropiado?	No, según de Villanueva [9] menciona en su artículo que la etapa de trituración se debe realizar antes de la etapa de calcinación.
¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	Si, de acuerdo a de Villanueva [9] se obtendría un mejor rendimiento del calcinado con la piedra de yeso triturada.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Dónde se realiza?	En el área de trituración.
¿Por qué se realiza ahí?	Porque la empresa yesera lo estableció en ese espacio.
¿Podría combinarse con otro elemento?	No se podría combinar con otro elemento, es una etapa independiente.
¿Dónde podría realizarse mejor?	En un lugar con las condiciones adecuadas para realizar la molienda.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cómo se realiza?	Traslado Los operarios trasladan el yeso de construcción desde los hornos artesanales hasta el área de trituración mediante carretillas. (Ver Figura 17 y Figura 18) Operación Un operario se encarga de triturar el yeso de construcción con la ayuda de una comba. (Ver Figura 16)
¿Por qué se realiza así?	Porque la empresa yesera realiza sus operaciones de acuerdo al proceso artesanal establecido como menciona de Villanueva [9] en su artículo.
¿Es obligatorio realizarlo así?	No, existen otros métodos con los cuales se lograría el mismo resultado.
¿Cómo podría realizarse de una forma más adecuada?	Traslado Gómez y Correa [6] señalan que para el acarreo del material se utilizan bandas transportadoras, con las cuales se reduce tiempo y mano de obra. Operación ATEDY [10] señala que para la trituración del yeso de construcción se puede realizar mediante trituradoras según el tipo de trituración que se desee realizar. En este caso, se desea realizar una trituración primaria, por lo cual se emplearía una trituradora de mandíbulas.

Fuente: Empresa yesera



Figura 16. Trituración de yeso de construcción
Fuente: Empresa yesera



Figura 17. Carga de yeso de construcción
Fuente: Empresa yesera



Figura 18. Traslado de yeso de construcción
Fuente: Empresa yesera

Tabla 58. Aplicación 5WH de la etapa de molienda

ETAPA: MOLIENDA	
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Quién lo realiza?	Los operarios de la etapa de molienda.
¿Están calificados para realizar la etapa?	No están calificados.
¿Tienen el equipo de protección personal?	No cuentan con los EPP's necesarios como se observa en la Figura 19 y Figura 20.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Qué se realiza?	Se muele el yeso de construcción utilizando un molino de martillos.
¿Cuál es la finalidad?	Reducir el tamaño del yeso de construcción hasta convertirlo en polvo.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cuándo se realiza?	Cuando se ha terminado de triturar el yeso de construcción.
¿Por qué se realiza en ese momento?	De Villanueva [9] en su artículo indica que la molienda es la penúltima etapa del proceso productivo.
¿El orden de las acciones es el apropiado?	Si es el orden correcto.
¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No, ya que según a de Villanueva [9], sería más difícil estar trasladando el material molido que en piedra.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Dónde se realiza?	En el área de molienda.
¿Por qué se realiza ahí?	Porque hay se encuentra el molino de martillos.
¿Podría combinarse con otro elemento?	No se podría combinar con otro elemento, es una etapa independiente.
¿Dónde podría realizarse mejor?	En un lugar con las condiciones adecuadas para realizar la molienda.
<i>Pregunta</i>	<i>Respuesta</i>
¿Cómo se realiza?	Traslado Los operarios llenan baldes con el yeso de construcción triturado con la ayuda de una pala, una vez llenados los trasladan hasta el alimentador del molino, para lo cual usan dos sacos de yeso de construcción como medio para alcanzar el alimentador y depositar el material. (Ver Figura 19 y Figura 20) Operación Cuentan con un molino de martillos para realizar la actividad.
¿Por qué se realiza así?	Porque la empresa yesera realiza sus operaciones de acuerdo al proceso artesanal establecido como menciona de Villanueva [9] en su artículo, que comparando con el proceso industrial se utilizan la misma maquinaria.
¿Es obligatorio realizarlo así?	No existen otros métodos de molienda.
¿Cómo podría realizarse de una forma más adecuada?	Traslado Gómez y Correa [6] señalan que para el acarreo del material se utilizan bandas transportadoras, con las cuales se reduce tiempo y mano de obra.

Fuente: Empresa yesera



Figura 19. Descarga del yeso de construcción en el alimentador del molino

Fuente: Empresa yesera



Figura 20. Carga de los baldes con el yeso de construcción

Fuente: Empresa yesera

Tabla 59. Aplicación 5WH en la etapa de embolsado

ETAPA: EMBOLSADO	
Pregunta	Respuesta
¿Quién lo realiza?	Los operarios de la etapa de embolsado.
¿Están calificados para realizar la etapa?	No están calificados.
¿Tienen el equipo de protección personal?	No cuentan con los EPP's necesarios como se observa en la Figura 21 y Figura 22 .
Pregunta	Respuesta
¿Qué se realiza?	El embolsado del yeso de construcción de forma manual.
¿Cuál es la finalidad?	Proteger el yeso de construcción en un adecuado envase (bolsas de plástico) para su posterior distribución.
Pregunta	Respuesta
¿Cuándo se realiza?	Posteriormente de la molienda del yeso de construcción.
¿Por qué se realiza en ese momento?	De Villanueva [9] en su artículo indica que el embolsado es la última etapa del proceso productivo para poder obtener las bolsas de yeso de construcción, debido al tipo de presentación en polvo.
¿El orden de las acciones es el apropiado?	Si es el orden correcto.
¿Se conseguirán ventajas cambiando el orden?	No, ya que según a de Villanueva [9] es necesario que el material pasé por todas las etapas hasta la molienda antes de ser embolsado.
Pregunta	Respuesta
¿Dónde se realiza?	En el área de molienda y embolsado.
¿Por qué se realiza ahí?	Porque ahí se encuentra el molino.
¿Podría combinarse con otro elemento?	No se podría combinar con otro elemento, es una etapa independiente.
¿Dónde podría realizarse mejor?	En un lugar con las condiciones adecuadas para realizar el embolsado.
Pregunta	Respuesta
¿Cómo se realiza?	Operación Los operarios embolsan inmediatamente el yeso de construcción molido que sale del molino en bolsas de plástico. (Ver Figura 21 y Figura 22) Traslado Los mismos operarios cuando terminan de amarrar las bolsas, las trasladan y las colocan a un lado del molino.
¿Por qué se realiza así?	Porque la empresa yesera realiza sus operaciones de acuerdo al proceso artesanal establecido como menciona de Villanueva [9] en su artículo.
¿Es obligatorio realizarlo así?	No, existen otros métodos con los cuales se lograría el mismo resultado.
¿Cómo podría realizarse de una forma más adecuada?	Traslado Gómez y Correa [6] señalan que para el acarreo del material se utilizan bandas transportadoras, con las cuales se reduce tiempo y mano de obra. Operación ATEDY [10] señala que para la para el envasado del yeso de construcción se necesita de una envasadora automatizada, la cual permitirá realizar un trabajo más rápido y eficiente.

Fuente: Empresa yesera



Figura 21. Llenado de las bolsas de plástico

Fuente: Empresa yesera



Figura 22. Amarre de las bolsas de plástico

Fuente: Empresa yesera

2. Análisis de la aplicación de la herramienta 5WH

A continuación, se realizará un análisis de cada pregunta del cuestionario base realizado en la aplicación de la herramienta 5WH a la empresa yesera, con el fin de determinar cuáles son los problemas con los que cuenta.

✓ PREGUNTA: ¿QUÉ?

Las respuestas de esta pregunta indicaron cual es la finalidad de cada etapa.

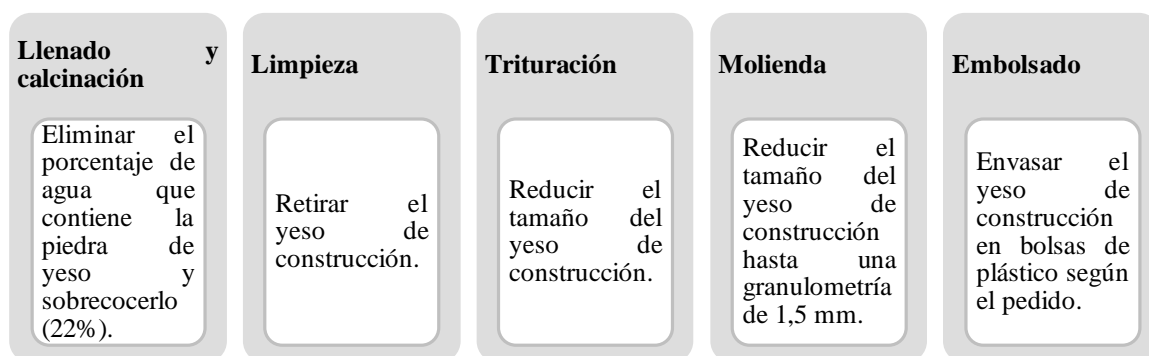


Figura 23. Resultados de la pregunta ¿Qué?

Fuente: Empresa yesera

En la **Figura 23** se observan los resultados de la pregunta ¿Qué?, en la etapa de trituración se menciona que la finalidad es reducir la piedra de yeso en diferentes tamaños. Según de Villanueva [9], la granulometría del yeso de construcción que entra al molino no debe ser mayor a 40 mm; sin embargo, la granulometría del yeso de construcción que se obtiene en la etapa de trituración en la empresa yesera no siempre es menor a ese valor debido a que el método que utilizan es mecánico donde solo interviene el trabajo del operario con la ayuda de una comba, de manera que no se tiene control de la granulometría.

Conclusión:

Realizar una modificación en el método de trabajo de la etapa de trituración para obtener la granulometría deseada, la cual debe ser mayor a 40 mm.

✓ PREGUNTA: ¿CÓMO?

Las respuestas de esta pregunta indicaron cual es el método que se realiza en cada etapa, para ello se evaluaron las operaciones y los transportes que se llevan a cabo en cada una.

▪ Transportes

Primero se analizaron los transportes realizados durante cada etapa, dentro de los cuales se identificaron los siguientes:

- ✓ Transporte de la piedra de yeso a los hornos artesanales.
- ✓ Transporte del yeso de construcción al área de trituración.
- ✓ Transporte del yeso de construcción al área de molienda.
- ✓ Transporte de las bolsas del yeso de construcción al almacén de producto terminado.

El operario en cada transporte realiza manipulación manual del material lo cual puede ocasionar problemas en su salud. Por ello, se empleó el Método GINSHT donde se evalúan los riesgos dorsolumbares que puede tener el operario como producto de la manipulación manual de cargas (mayores a 3 kg), identificando el nivel del riesgo de cada transporte; y con ello, tomar medidas para la mejora del puesto de trabajo.

A continuación, se mostrará la aplicación del método GINSHT aplicado a los transportes identificados anteriormente.

Aplicación del método GINSHT

1. Comprobar si el método se ajusta al caso en estudio, teniendo en cuenta ciertas consideraciones.

Como se observa en la **Tabla 60**, se obtuvo que el caso a evaluar si aplicaba al método, ya que las cargas a manipular superan los 3 kg y los operarios realizan todas las actividades “a pie”.

Tabla 60. Consideraciones a evaluar para la aplicación del método GINSHT

Consideración	Aplica	No aplica
Se aplica cuando el peso de la carga es mayor a 3 kg, ya que manipular cargas a partir de ese peso en condiciones ergonómicas desfavorables genera lesiones de tipo dorsolumbar.	X	
Se aplica a toda evaluación de puesto donde el trabajador realice su tarea “de pie”	X	

Fuente: Empresa yesera

2. Se recopilaron los datos de la manipulación manual de carga, los cuales se observan en la **Tabla 61**.

Tabla 61. Datos de la manipulación manual de carga

Actividad	Datos de la manipulación de la carga							
	Peso real de la carga	Duración de la actividad	Posición con respecto al cuerpo	Desplazamiento vertical de la carga	Giro del tronco	Tipo de agarre de la carga	Duración de la manipulación promedio	Distancia de transporte de la carga
Transporte de la piedra de yeso a los hornos artesanales.	11 kg	156 min	- Debajo del codo - Cerca del cuerpo	Hasta 100 cm	0°	Regular	0,25 min	15 m
Transporte del yeso de construcción al área de trituración.	43 kg	120 min	- Altura del muslo - Cerca del cuerpo	Hasta 50 cm	60°	Bueno	0,29 min	17,48 m
Transporte del yeso de construcción triturada al molino.	35 kg	102 min	- Altura del muslo - Cerca del cuerpo	Hasta 50 cm	90°	Bueno	0,11 min	2 m
Transporte de las bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado.	20 kg	✓ min	- Debajo del codo - Cerca del cuerpo	Hasta 100 cm	0°	Regular	0,17 min	4 m

Fuente: Empresa yesera

3. Se registraron los datos ergonómicos de las condiciones de trabajo como se observa en la **Tabla 62**, **Tabla 63**, **Tabla 64** y **Tabla 65**.

Tabla 62. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de llenado y calcinación

DATOS ERGONÓMICOS			
Etapa	Llenado y calcinación	Fecha: 05/2020	
Actividad	Transporte de la piedra de yeso a los hornos artesanales.		
Producto	Bolsas de yeso de construcción		
Responsable	Operario 1, operario 2 y operario 3		
Ítem		Sí	No
¿Se inclina el tronco al manipular la carga?		X	
¿Se ejercen fuerzas de empuje o tracción elevadas?			X
¿El tamaño de la carga es mayor de 60 x 50 x 60 cm?			X
¿Puede ser peligrosa la superficie de la carga?		X	
¿Se puede desplazar el centro de gravedad?			X
¿Se pueden mover las cargas de forma brusca o inesperada?		X	
¿Son insuficientes las pausas?		X	
¿Carece el trabajador de autonomía para regular su ritmo de trabajo?			X
¿Se realiza la tarea con el cuerpo en posición inestable?			X
¿Son los suelos irregulares o resbaladizos para el calzado del trabajador?		X	
¿Es insuficiente el espacio de trabajo para una manipulación correcta?			X
¿Hay que salvar desniveles del suelo durante la manipulación?			X
¿Se realiza la manipulación en condiciones termo higrométricas extremas?		X	
¿Existen corrientes de aire o ráfagas de viento que puedan desequilibrar la carga?		X	
¿Es deficiente la iluminación para la manipulación?		X	
¿Está expuesto el trabajador a vibraciones?			X

Fuente: Empresa yesera

De acuerdo a la información recolectada en la **Tabla 62**, se identificaron ciertas condiciones ergonómicas del transporte de la piedra de yeso hacia los hornos artesanales, dentro de las cuales se pudo observar que la superficie de la carga es peligrosa y se puede mover de manera brusca debido a que se trasladan rocas, hay insuficientes pausas, los suelos son irregulares debido a que la empresa cuenta con un piso rocoso, la manipulación se lleva

a cabo en inadecuadas condiciones de temperatura y ventilación ya que no cuentan con una infraestructura y los operarios no cuenta con los EPP's necesarios.

Tabla 63. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de trituración

DATOS ERGONÓMICOS			
Etapa	Trituración	Fecha: 05/2020	
Actividad	Transporte del yeso de construcción al área de trituración.		
Producto	Bolsas de yeso de construcción		
Responsable	Operario 1, operario 2, operario 3		
Ítem		Sí	No
¿Se inclina el tronco al manipular la carga?		X	
¿Se ejercen fuerzas de empuje o tracción elevadas?			X
¿El tamaño de la carga es mayor de 60 x 50 x 60 cm?		X	
¿Puede ser peligrosa la superficie de la carga?			X
¿Se puede desplazar el centro de gravedad?			X
¿Se pueden mover las cargas de forma brusca o inesperada?		X	
¿Son insuficientes las pausas?		X	
¿Carece el trabajador de autonomía para regular su ritmo de trabajo?			X
¿Se realiza la tarea con el cuerpo en posición inestable?			X
¿Son los suelos irregulares o resbaladizos para el calzado del trabajador?		X	
¿Es insuficiente el espacio de trabajo para una manipulación correcta?			X
¿Hay que salvar desniveles del suelo durante la manipulación?			X
¿Se realiza la manipulación en condiciones termo higrométricas extremas?		X	
¿Existen corrientes de aire o ráfagas de viento que puedan desequilibrar la carga?		X	
¿Es deficiente la iluminación para la manipulación?		X	
¿Está expuesto el trabajador a vibraciones?			X

Fuente: Empresa yesera

De acuerdo a la información recolectada en la **Tabla 63**, se identificaron ciertas condiciones ergonómicas del transporte del yeso de construcción al área de trituración, dentro de las cuales se observó que la carga se puede mover de manera brusca o inesperada debido a que se traslada por medio de carretillas las cuales son herramientas inestables ante cualquier descuido, hay insuficientes pausas, los suelos son irregulares debido a que la

empresa cuenta con un piso rocoso, la manipulación se lleva a cabo en inadecuadas condiciones de temperatura y ventilación ya que no cuentan con una infraestructura y los operarios con cuenta con los EPP's necesarios.

Tabla 64. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de molienda

DATOS ERGONÓMICOS			
Etapa	Molienda	Fecha: 05/2020	
Actividad	Transporte del yeso de construcción triturado al molino.		
Producto	Bolsas de yeso de construcción		
Responsable	Operario 4, operario 5, operario 1		
Ítem		Sí	No
¿Se inclina el tronco al manipular la carga?		X	
¿Se ejercen fuerzas de empuje o tracción elevadas?		X	
¿El tamaño de la carga es mayor de 60 x 50 x 60 cm?		X	
¿Puede ser peligrosa la superficie de la carga?			X
¿Se puede desplazar el centro de gravedad?			X
¿Se pueden mover las cargas de forma brusca o inesperada?			X
¿Son insuficientes las pausas?		X	
¿Carece el trabajador de autonomía para regular su ritmo de trabajo?			X
¿Se realiza la tarea con el cuerpo en posición inestable?			X
¿Son los suelos irregulares o resbaladizos para el calzado del trabajador?		X	
¿Es insuficiente el espacio de trabajo para una manipulación correcta?			X
¿Hay que salvar desniveles del suelo durante la manipulación?			X
¿Se realiza la manipulación en condiciones termo higrométricas extremas?		X	
¿Existen corrientes de aire o ráfagas de viento que puedan desequilibrar la carga?		X	
¿Es deficiente la iluminación para la manipulación?		X	
¿Está expuesto el trabajador a vibraciones?			X

Fuente: Empresa yesera

De acuerdo a la información recolectada en la **Tabla 64**, se identificaron ciertas condiciones ergonómicas del transporte del yeso de construcción triturado al molino, dentro de las cuales se observó que el operario realiza fuerzas de empuje elevadas, hay insuficientes pausas, los suelos son irregulares debido a que la empresa cuenta con un piso rocoso, la

manipulación se lleva a cabo en inadecuadas condiciones de temperatura y ventilación ya que no cuentan con una infraestructura y los operarios con cuenta con los EPP's necesarios.

Tabla 65. Ficha de datos ergonómicos de la etapa de embolsado

DATOS ERGONÓMICOS			
Etapa	Embolsado	Fecha: 05/2020	
Actividad	Transporte de las bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado.		
Producto	Bolsas de yeso de construcción		
Responsable	Operario 2 y operario 3		
Ítem		Sí	No
¿Se inclina el tronco al manipular la carga?		X	
¿Se ejercen fuerzas de empuje o tracción elevadas?			X
¿El tamaño de la carga es mayor de 60 x 50 x 60 cm?			X
¿Puede ser peligrosa la superficie de la carga?			X
¿Se puede desplazar el centro de gravedad?			X
¿Se pueden mover las cargas de forma brusca o inesperada?			X
¿Son insuficientes las pausas?		X	
¿Carece el trabajador de autonomía para regular su ritmo de trabajo?			X
¿Se realiza la tarea con el cuerpo en posición inestable?			X
¿Son los suelos irregulares o resbaladizos para el calzado del trabajador?		X	
¿Es insuficiente el espacio de trabajo para una manipulación correcta?			X
¿Hay que salvar desniveles del suelo durante la manipulación?			X
¿Se realiza la manipulación en condiciones termo higrométricas extremas?		X	
¿Existen corrientes de aire o ráfagas de viento que puedan desequilibrar la carga?		X	
¿Es deficiente la iluminación para la manipulación?		X	
¿Está expuesto el trabajador a vibraciones?			X

Fuente: Empresa yesera

De acuerdo a la información recolectada en la **Tabla 65**, se identificaron ciertas condiciones ergonómicas del transporte de las bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado, dentro de las cuales se observó insuficientes pausas, los suelos son irregulares debido a que la empresa cuenta con un piso rocoso, la manipulación se lleva a

cabo en inadecuadas condiciones de temperatura y ventilación ya que no cuentan con una infraestructura y los operarios con cuenta con los EPP's necesarios.

4. Se calculó el peso aceptable de la carga que se manipula en los traslados mencionados, en la **Tabla 66**, **Tabla 67**, **Tabla 68** y **Tabla 69** se detalla el cálculo realizado en cada etapa.

Tabla 66. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de llenado y calcinación


CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
Etapa	Llenado y calcinación	Fecha: 05/2020																															
Actividad	Transporte de la piedra de yeso a los hornos artesanales.																																
Producto	Bolsas de yeso de construcción																																
Responsable	Operario 1, operario 2 y operario 3																																
CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
➤ Peso teórico recomendado en función de la posición de la carga con respecto al cuerpo del trabajador.																																	
 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cerca del cuerpo</th> <th>Lejos del cuerpo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura de la vista</td> <td>13 Kg</td> <td>7 Kg</td> </tr> <tr> <td>Encima del codo</td> <td>19 Kg</td> <td>11 Kg</td> </tr> <tr> <td>Debajo del codo</td> <td>23 Kg</td> <td>13 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura del muslo</td> <td>20 Kg</td> <td>12 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura de la pantorrilla</td> <td>14 Kg</td> <td>8 Kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso Teórico Recomendado</p>				Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo	Altura de la vista	13 Kg	7 Kg	Encima del codo	19 Kg	11 Kg	Debajo del codo	23 Kg	13 Kg	Altura del muslo	20 Kg	12 Kg	Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg													
	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo																															
Altura de la vista	13 Kg	7 Kg																															
Encima del codo	19 Kg	11 Kg																															
Debajo del codo	23 Kg	13 Kg																															
Altura del muslo	20 Kg	12 Kg																															
Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg																															
➤ Factor de Población protegida (FP)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso máximo</th> <th>% de población protegida</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En general</td> <td>25 kg</td> <td>85%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mayor protección</td> <td>15 kg</td> <td>95%</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Trabajadores entrenados</td> <td>40 kg</td> <td>Datos no disponibles</td> <td>1,6</td> </tr> </tbody> </table>		Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección	En general	25 kg	85%	1	Mayor protección	15 kg	95%	0,6	Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6	1															
	Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección																														
En general	25 kg	85%	1																														
Mayor protección	15 kg	95%	0,6																														
Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6																														
➤ Factor de Distancia vertical (FD)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desplazamiento vertical de la carga</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 25 cm</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 50 cm</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td>Hasta 100 cm</td> <td>0,87</td> </tr> <tr> <td>Hasta 175 cm</td> <td>0,84</td> </tr> <tr> <td>Más de 175 cm</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección	Hasta 25 cm	1	Hasta 50 cm	0,91	Hasta 100 cm	0,87	Hasta 175 cm	0,84	Más de 175 cm	0	0,87																			
Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección																																
Hasta 25 cm	1																																
Hasta 50 cm	0,91																																
Hasta 100 cm	0,87																																
Hasta 175 cm	0,84																																
Más de 175 cm	0																																
➤ Factor de Giro (FG)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Giro de tronco</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 30°</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Hasta 60°</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Hasta 90°</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Giro de tronco	Factor de corrección	0°	1	Hasta 30°	0,9	Hasta 60°	0,8	Hasta 90°	0,7	1																					
Giro de tronco	Factor de corrección																																
0°	1																																
Hasta 30°	0,9																																
Hasta 60°	0,8																																
Hasta 90°	0,7																																
➤ Factor de Agarre (FA)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de agarre</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de agarre	Factor de corrección	Bueno	1	Regular	0,95	Malo	0,9	0,95																							
Tipo de agarre	Factor de corrección																																
Bueno	1																																
Regular	0,95																																
Malo	0,9																																
➤ Factor de Frecuencia (FF)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Frecuencia</th> <th colspan="3">Duración de la manipulación</th> </tr> <tr> <th>≤ 1 h/día</th> <th>> 1 h/día y ≤ 2 h/día</th> <th>> 2 h/día y ≤ 8 h/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 vez cada 5 min</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>1 vez por min</td> <td>0,94</td> <td>0,88</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>4 veces por min</td> <td>0,84</td> <td>0,72</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>9 veces por min</td> <td>0,52</td> <td>0,30</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>12 veces por min</td> <td>0,37</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Más de 15 veces por min</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Duración de la manipulación			≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día	1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85	1 vez por min	0,94	0,88	0,75	4 veces por min	0,84	0,72	0,45	9 veces por min	0,52	0,30	0,00	12 veces por min	0,37	0,00	0,00	Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00	0,45
Frecuencia	Duración de la manipulación																																
	≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día																														
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85																														
1 vez por min	0,94	0,88	0,75																														
4 veces por min	0,84	0,72	0,45																														
9 veces por min	0,52	0,30	0,00																														
12 veces por min	0,37	0,00	0,00																														
Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Peso teórico</th> <th>FP</th> <th>FD</th> <th>FG</th> <th>FA</th> <th>FF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>1</td> <td>0,87</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,45</td> </tr> </tbody> </table>			Peso teórico	FP	FD	FG	FA	FF	25	1	0,87	1	0,95	0,45																			
Peso teórico	FP	FD	FG	FA	FF																												
25	1	0,87	1	0,95	0,45																												
Peso aceptable = 25 x 1 x 0,87 x 1 x 0,95 x 0,45 = 20,66 kg																																	

Tabla 67. Ficha de cálculo de peso aceptable de la etapa de trituración

CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
Etapa	Trituración	Fecha: 05/2020																															
Actividad	Transporte del yeso de construcción al área de trituración																																
Producto	Bolsas de yeso de construcción																																
Responsable	Operario 1, operario 2, operario 3																																
CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
➤ Peso teórico recomendado en función de la posición de la carga con respecto al cuerpo del trabajador.																																	
➤ Factor de Población protegida (FP)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso máximo</th> <th>% de población protegida</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En general</td> <td>25 kg</td> <td>85%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mayor protección</td> <td>15 kg</td> <td>95%</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Trabajadores entrenados</td> <td>40 kg</td> <td>Datos no disponibles</td> <td>1,6</td> </tr> </tbody> </table>		Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección	En general	25 kg	85%	1	Mayor protección	15 kg	95%	0,6	Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6	1															
	Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección																														
En general	25 kg	85%	1																														
Mayor protección	15 kg	95%	0,6																														
Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6																														
➤ Factor de Distancia vertical (FD)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desplazamiento vertical de la carga</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 25 cm</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 50 cm</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td>Hasta 100 cm</td> <td>0,87</td> </tr> <tr> <td>Hasta 175 cm</td> <td>0,84</td> </tr> <tr> <td>Más de 175 cm</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección	Hasta 25 cm	1	Hasta 50 cm	0,91	Hasta 100 cm	0,87	Hasta 175 cm	0,84	Más de 175 cm	0	0,91																			
Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección																																
Hasta 25 cm	1																																
Hasta 50 cm	0,91																																
Hasta 100 cm	0,87																																
Hasta 175 cm	0,84																																
Más de 175 cm	0																																
➤ Factor de Giro (FG)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Giro de tronco</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 30°</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Hasta 60°</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Hasta 90°</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Giro de tronco	Factor de corrección	0°	1	Hasta 30°	0,9	Hasta 60°	0,8	Hasta 90°	0,7	0,8																					
Giro de tronco	Factor de corrección																																
0°	1																																
Hasta 30°	0,9																																
Hasta 60°	0,8																																
Hasta 90°	0,7																																
➤ Factor de Agarre (FA)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de agarre</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de agarre	Factor de corrección	Bueno	1	Regular	0,95	Malo	0,9	1																							
Tipo de agarre	Factor de corrección																																
Bueno	1																																
Regular	0,95																																
Malo	0,9																																
➤ Factor de Frecuencia (FF)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Frecuencia</th> <th colspan="3">Duración de la manipulación</th> </tr> <tr> <th>≤ 1 h/día</th> <th>> 1 h/día y ≤ 2 h/día</th> <th>> 2 h/día y ≤ 8 h/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 vez cada 5 min</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>1 vez por min</td> <td>0,94</td> <td>0,88</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>4 veces por min</td> <td>0,84</td> <td>0,72</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>9 veces por min</td> <td>0,52</td> <td>0,30</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>12 veces por min</td> <td>0,37</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Más de 15 veces por min</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Duración de la manipulación			≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día	1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85	1 vez por min	0,94	0,88	0,75	4 veces por min	0,84	0,72	0,45	9 veces por min	0,52	0,30	0,00	12 veces por min	0,37	0,00	0,00	Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00	0,72
Frecuencia	Duración de la manipulación																																
	≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día																														
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85																														
1 vez por min	0,94	0,88	0,75																														
4 veces por min	0,84	0,72	0,45																														
9 veces por min	0,52	0,30	0,00																														
12 veces por min	0,37	0,00	0,00																														
Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00																														
<p>Peso aceptable = 20 x 1 x 0,91 x 0,8 x 1 x 0,72 = 10,48 kg</p>																																	

Tabla 68. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de molienda


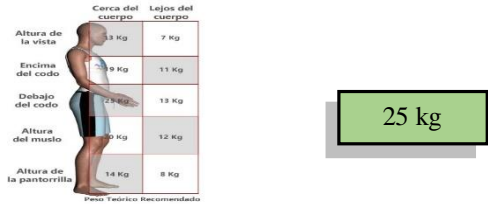
CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
Etapa	Molienda	Fecha: 05/2020																															
Actividad	Transporte del yeso de construcción triturada al molino																																
Producto	Bolsas de yeso de construcción																																
Responsable	Operario 4, operario 5, operario 1																																
CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
➤ Peso teórico recomendado en función de la posición de la carga con respecto al cuerpo del trabajador.																																	
 <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Altura de la vista</th> <th>Cerca del cuerpo</th> <th>Lejos del cuerpo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 Kg</td> <td>7 Kg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9 Kg</td> <td>11 Kg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13 Kg</td> <td>13 Kg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14 Kg</td> <td>12 Kg</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14 Kg</td> <td>8 Kg</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin-left: 20px;">20 kg</div>			Altura de la vista	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo	3 Kg	7 Kg		9 Kg	11 Kg		13 Kg	13 Kg		14 Kg	12 Kg		14 Kg	8 Kg														
Altura de la vista	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo																															
3 Kg	7 Kg																																
9 Kg	11 Kg																																
13 Kg	13 Kg																																
14 Kg	12 Kg																																
14 Kg	8 Kg																																
➤ Factor de Población protegida (FP)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso máximo</th> <th>% de población protegida</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En general</td> <td>25 kg</td> <td>85%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mayor protección</td> <td>15 kg</td> <td>95%</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Trabajadores entrenados</td> <td>40 kg</td> <td>Datos no disponibles</td> <td>1,6</td> </tr> </tbody> </table>		Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección	En general	25 kg	85%	1	Mayor protección	15 kg	95%	0,6	Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6	1															
	Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección																														
En general	25 kg	85%	1																														
Mayor protección	15 kg	95%	0,6																														
Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6																														
➤ Factor de Distancia vertical (FD)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desplazamiento vertical de la carga</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 25 cm</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 50 cm</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td>Hasta 100 cm</td> <td>0,87</td> </tr> <tr> <td>Hasta 175 cm</td> <td>0,84</td> </tr> <tr> <td>Más de 175 cm</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección	Hasta 25 cm	1	Hasta 50 cm	0,91	Hasta 100 cm	0,87	Hasta 175 cm	0,84	Más de 175 cm	0	0,91																			
Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección																																
Hasta 25 cm	1																																
Hasta 50 cm	0,91																																
Hasta 100 cm	0,87																																
Hasta 175 cm	0,84																																
Más de 175 cm	0																																
➤ Factor de Giro (FG)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Giro de tronco</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 30°</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Hasta 60°</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Hasta 90°</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Giro de tronco	Factor de corrección	0°	1	Hasta 30°	0,9	Hasta 60°	0,8	Hasta 90°	0,7	0,7																					
Giro de tronco	Factor de corrección																																
0°	1																																
Hasta 30°	0,9																																
Hasta 60°	0,8																																
Hasta 90°	0,7																																
➤ Factor de Agarre (FA)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de agarre</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de agarre	Factor de corrección	Bueno	1	Regular	0,95	Malo	0,9	1																							
Tipo de agarre	Factor de corrección																																
Bueno	1																																
Regular	0,95																																
Malo	0,9																																
➤ Factor de Frecuencia (FF)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Frecuencia</th> <th colspan="3">Duración de la manipulación</th> </tr> <tr> <th>≤ 1 h/día</th> <th>> 1 h/día y ≤ 2 h/día</th> <th>> 2 h/día y ≤ 8 h/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 vez cada 5 min</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>1 vez por min</td> <td>0,94</td> <td>0,88</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>4 veces por min</td> <td>0,84</td> <td>0,72</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>9 veces por min</td> <td>0,52</td> <td>0,30</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>12 veces por min</td> <td>0,37</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Más de 15 veces por min</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Duración de la manipulación			≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día	1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85	1 vez por min	0,94	0,88	0,75	4 veces por min	0,84	0,72	0,45	9 veces por min	0,52	0,30	0,00	12 veces por min	0,37	0,00	0,00	Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00	0,30
Frecuencia	Duración de la manipulación																																
	≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día																														
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85																														
1 vez por min	0,94	0,88	0,75																														
4 veces por min	0,84	0,72	0,45																														
9 veces por min	0,52	0,30	0,00																														
12 veces por min	0,37	0,00	0,00																														
Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00																														
<p>Peso aceptable = 20 x 1 x 0,91 x 0,7 x 1 x 0,30 = 3,82 kg</p>																																	

Tabla 69. Ficha de cálculo del peso aceptable de la etapa de embolsado

CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
Etapa	Embolsado	Fecha: 05/2020																															
Actividad	Transporte de las bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado																																
Producto	Bolsas de yeso de construcción																																
Responsable	Operario 2 y operario 3																																
CÁLCULO DEL PESO ACEPTABLE																																	
➤ Peso teórico recomendado en función de la posición de la carga con respecto al cuerpo del trabajador.																																	
 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cerca del cuerpo</th> <th>Lejos del cuerpo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura de la vista</td> <td>13 Kg</td> <td>7 Kg</td> </tr> <tr> <td>Encima del codo</td> <td>19 Kg</td> <td>11 Kg</td> </tr> <tr> <td>Debajo del codo</td> <td>23 Kg</td> <td>13 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura del muslo</td> <td>19 Kg</td> <td>12 Kg</td> </tr> <tr> <td>Altura de la pantorrilla</td> <td>14 Kg</td> <td>8 Kg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso Teórico Recomendado</p>				Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo	Altura de la vista	13 Kg	7 Kg	Encima del codo	19 Kg	11 Kg	Debajo del codo	23 Kg	13 Kg	Altura del muslo	19 Kg	12 Kg	Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg													
	Cerca del cuerpo	Lejos del cuerpo																															
Altura de la vista	13 Kg	7 Kg																															
Encima del codo	19 Kg	11 Kg																															
Debajo del codo	23 Kg	13 Kg																															
Altura del muslo	19 Kg	12 Kg																															
Altura de la pantorrilla	14 Kg	8 Kg																															
➤ Factor de Población protegida (FP)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Peso máximo</th> <th>% de población protegida</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En general</td> <td>25 kg</td> <td>85%</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mayor protección</td> <td>15 kg</td> <td>95%</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Trabajadores entrenados</td> <td>40 kg</td> <td>Datos no disponibles</td> <td>1,6</td> </tr> </tbody> </table>		Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección	En general	25 kg	85%	1	Mayor protección	15 kg	95%	0,6	Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6	1															
	Peso máximo	% de población protegida	Factor de corrección																														
En general	25 kg	85%	1																														
Mayor protección	15 kg	95%	0,6																														
Trabajadores entrenados	40 kg	Datos no disponibles	1,6																														
➤ Factor de Distancia vertical (FD)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Desplazamiento vertical de la carga</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hasta 25 cm</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 50 cm</td> <td>0,91</td> </tr> <tr> <td>Hasta 100 cm</td> <td>0,87</td> </tr> <tr> <td>Hasta 175 cm</td> <td>0,84</td> </tr> <tr> <td>Más de 175 cm</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección	Hasta 25 cm	1	Hasta 50 cm	0,91	Hasta 100 cm	0,87	Hasta 175 cm	0,84	Más de 175 cm	0	0,87																			
Desplazamiento vertical de la carga	Factor de corrección																																
Hasta 25 cm	1																																
Hasta 50 cm	0,91																																
Hasta 100 cm	0,87																																
Hasta 175 cm	0,84																																
Más de 175 cm	0																																
➤ Factor de Giro (FG)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Giro de tronco</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hasta 30°</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Hasta 60°</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Hasta 90°</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table>	Giro de tronco	Factor de corrección	0°	1	Hasta 30°	0,9	Hasta 60°	0,8	Hasta 90°	0,7	1																					
Giro de tronco	Factor de corrección																																
0°	1																																
Hasta 30°	0,9																																
Hasta 60°	0,8																																
Hasta 90°	0,7																																
➤ Factor de Agarre (FA)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de agarre</th> <th>Factor de corrección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bueno</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>0,95</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>0,9</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de agarre	Factor de corrección	Bueno	1	Regular	0,95	Malo	0,9	0,95																							
Tipo de agarre	Factor de corrección																																
Bueno	1																																
Regular	0,95																																
Malo	0,9																																
➤ Factor de Frecuencia (FF)																																	
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Frecuencia</th> <th colspan="3">Duración de la manipulación</th> </tr> <tr> <th>≤ 1 h/día</th> <th>> 1 h/día y ≤ 2 h/día</th> <th>> 2 h/día y ≤ 8 h/día</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 vez cada 5 min</td> <td>1</td> <td>0,95</td> <td>0,85</td> </tr> <tr> <td>1 vez por min</td> <td>0,94</td> <td>0,88</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>4 veces por min</td> <td>0,84</td> <td>0,72</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>9 veces por min</td> <td>0,52</td> <td>0,30</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>12 veces por min</td> <td>0,37</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Más de 15 veces por min</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Duración de la manipulación			≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día	1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85	1 vez por min	0,94	0,88	0,75	4 veces por min	0,84	0,72	0,45	9 veces por min	0,52	0,30	0,00	12 veces por min	0,37	0,00	0,00	Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00	0,72
Frecuencia	Duración de la manipulación																																
	≤ 1 h/día	> 1 h/día y ≤ 2 h/día	> 2 h/día y ≤ 8 h/día																														
1 vez cada 5 min	1	0,95	0,85																														
1 vez por min	0,94	0,88	0,75																														
4 veces por min	0,84	0,72	0,45																														
9 veces por min	0,52	0,30	0,00																														
12 veces por min	0,37	0,00	0,00																														
Más de 15 veces por min	0,00	0,00	0,00																														
<p>Peso aceptable = 25 x 1 x 0,87 x 1 x 0,95 x 0,72 = 14,87 kg</p>																																	

En la **Tabla 70** se presentan el peso aceptable obtenido por actividad.

Tabla 70. Peso aceptable de las actividades

Actividad	Peso aceptable
Transporte de la piedra de yeso a los hornos artesanales.	20,66 kg
Transporte de yeso de construcción al área de trituración	14,56 kg
Transporte de yeso de construcción triturada al molino	3,82 kg
Transporte de bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado	14,87 kg

Fuente: Empresa yesera

5. Se realizó la evaluación de riesgo de cada traslado como se observa en la **Tabla 71**, **Tabla 72**, **Tabla 73** y **Tabla 74**.

En la **Tabla 71** se observa la evaluación de riesgo de la etapa de llenado y calcinación donde:

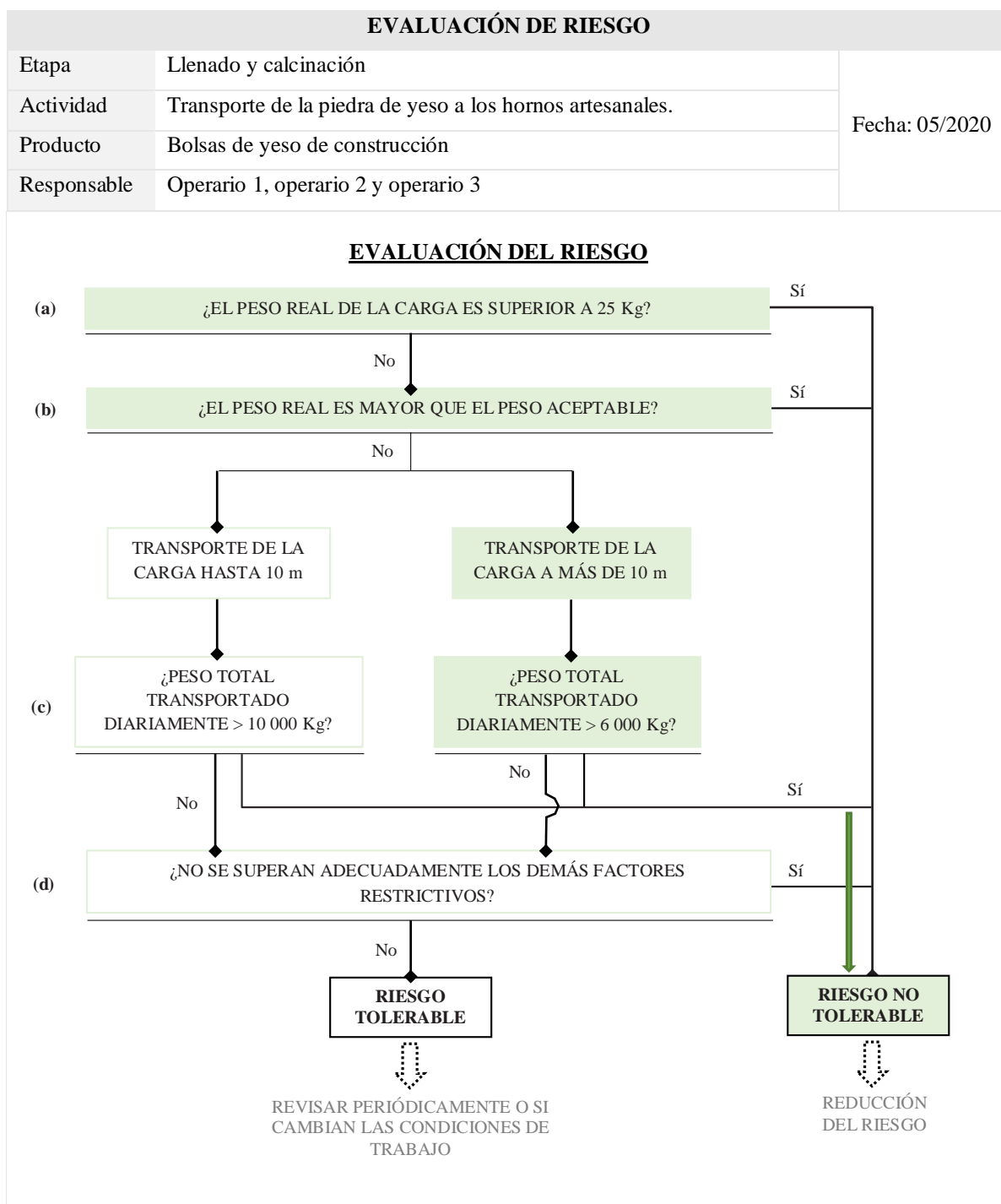
a) En el primer inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 11 kg no supera el peso teórico de 25 kg obteniendo un *riesgo tolerable*.

b) En el segundo inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 11 kg no supera el peso aceptable de 20,66 kg obteniendo un *riesgo tolerable*.

c) En el tercer inciso, primero se calculó el peso total transportado al día el cual fue de 6 600 kg diarios.

$$PTTD = \frac{11 \text{ kg}}{\text{traslado}} \times \frac{4 \text{ traslados}}{\text{min}} \times \frac{150 \text{ min}}{\text{día}} = \frac{6\,600 \text{ kg}}{\text{día}}$$

De acuerdo al plano actual de la empresa yesera (**Figura 10**), la distancia recorrida del transporte a evaluar es de 15 m. Con dichos datos, de acuerdo a la **Tabla 15** se obtuvo un *riesgo no tolerable* debido a que el peso total transportado al día (6 600 kg/día) supera el límite máximo recomendado (6 000 kg/día) para una distancia mayor a 10 m.

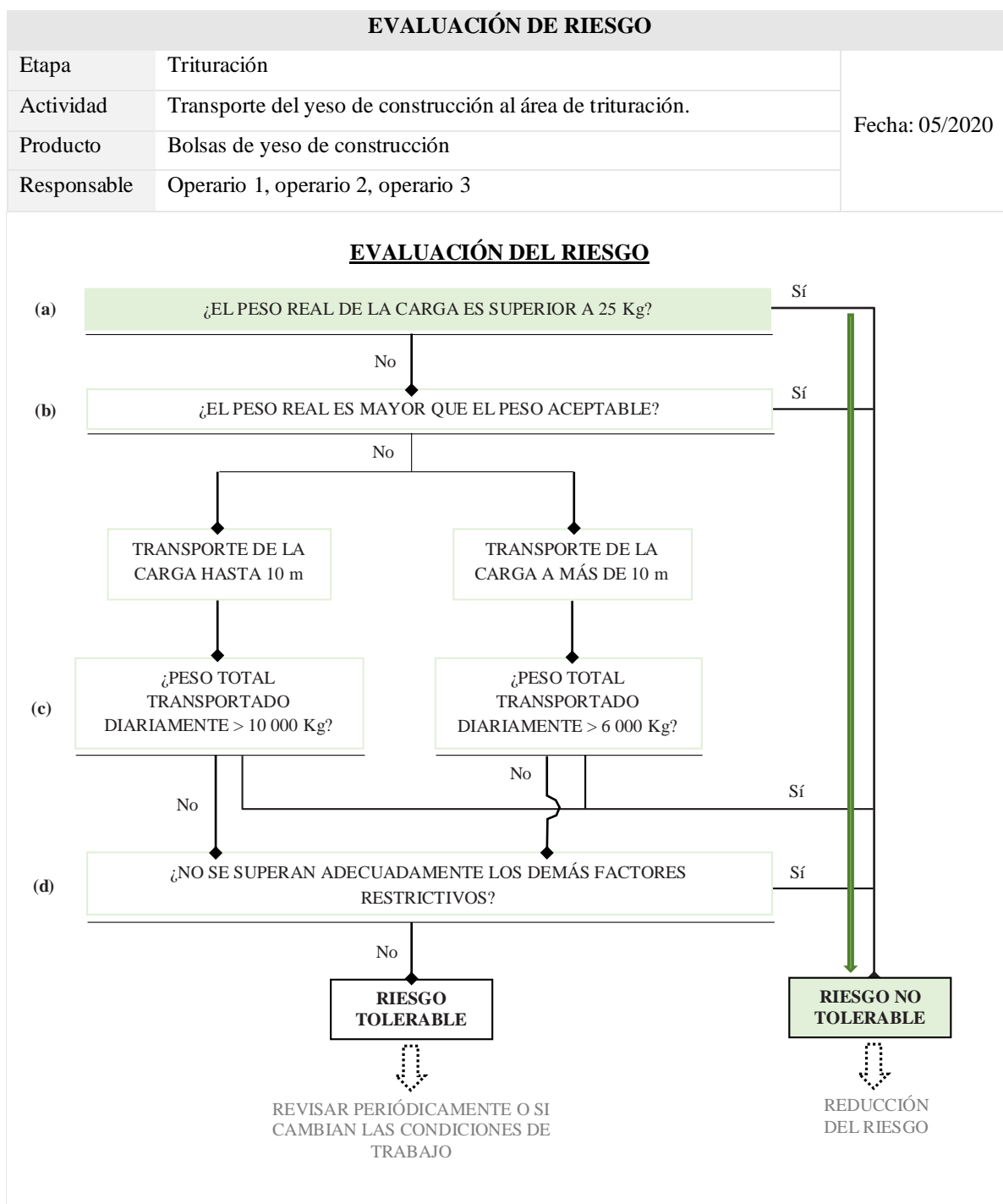
Tabla 71. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de llenado y calcinación

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 72** se observa la evaluación de riesgo de la etapa de trituración donde:

a) En el primer inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 43 kg supera el peso teórico de 25 kg obteniendo inmediatamente un *riesgo no tolerable*.

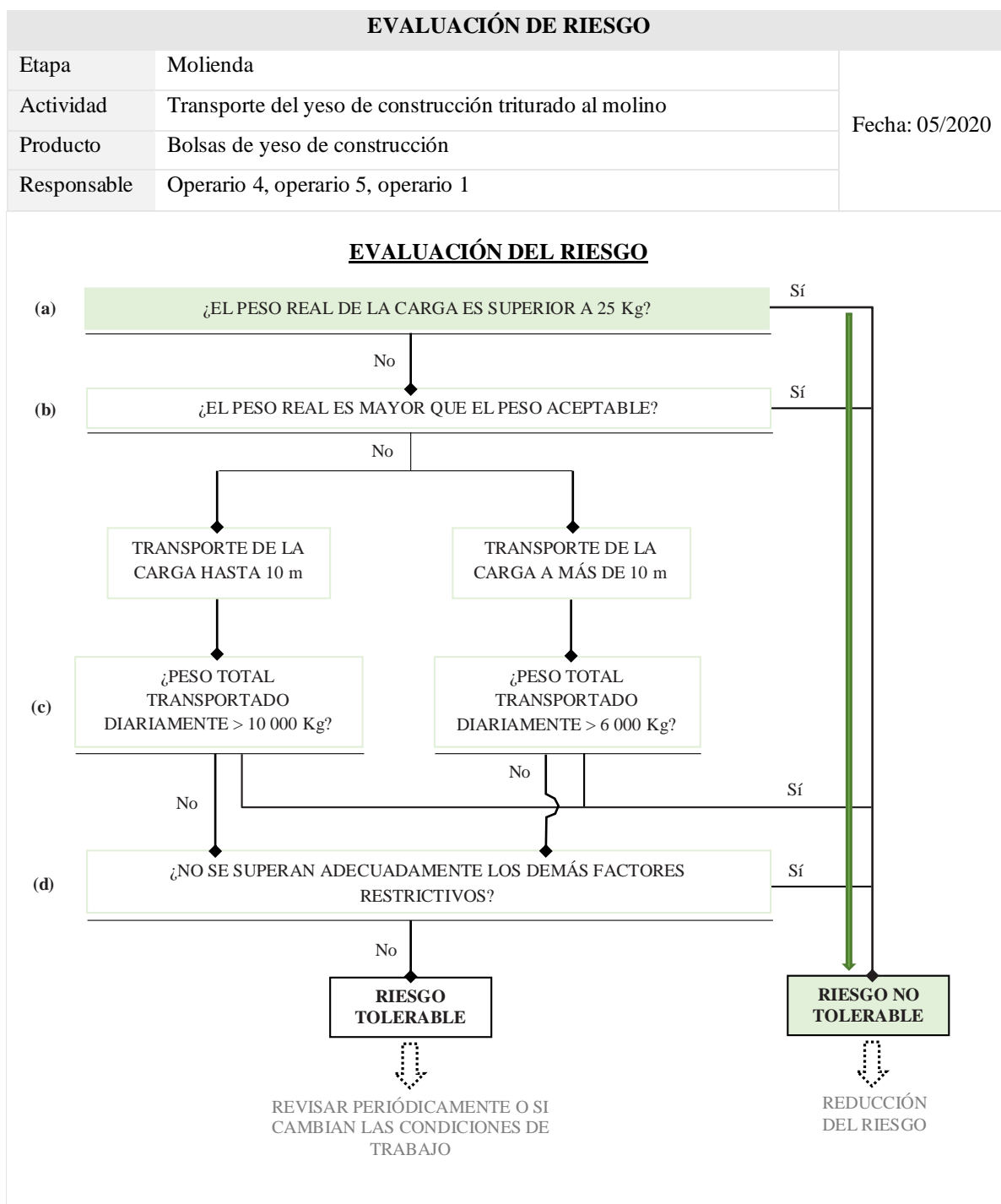
Tabla 72. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de trituración



Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 73** se observa la evaluación de riesgo de la etapa de molienda donde:

a) En el primer inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 35 kg supera el peso teórico de 25 kg obteniendo inmediatamente un *riesgo no tolerable*.

Tabla 73. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de molienda

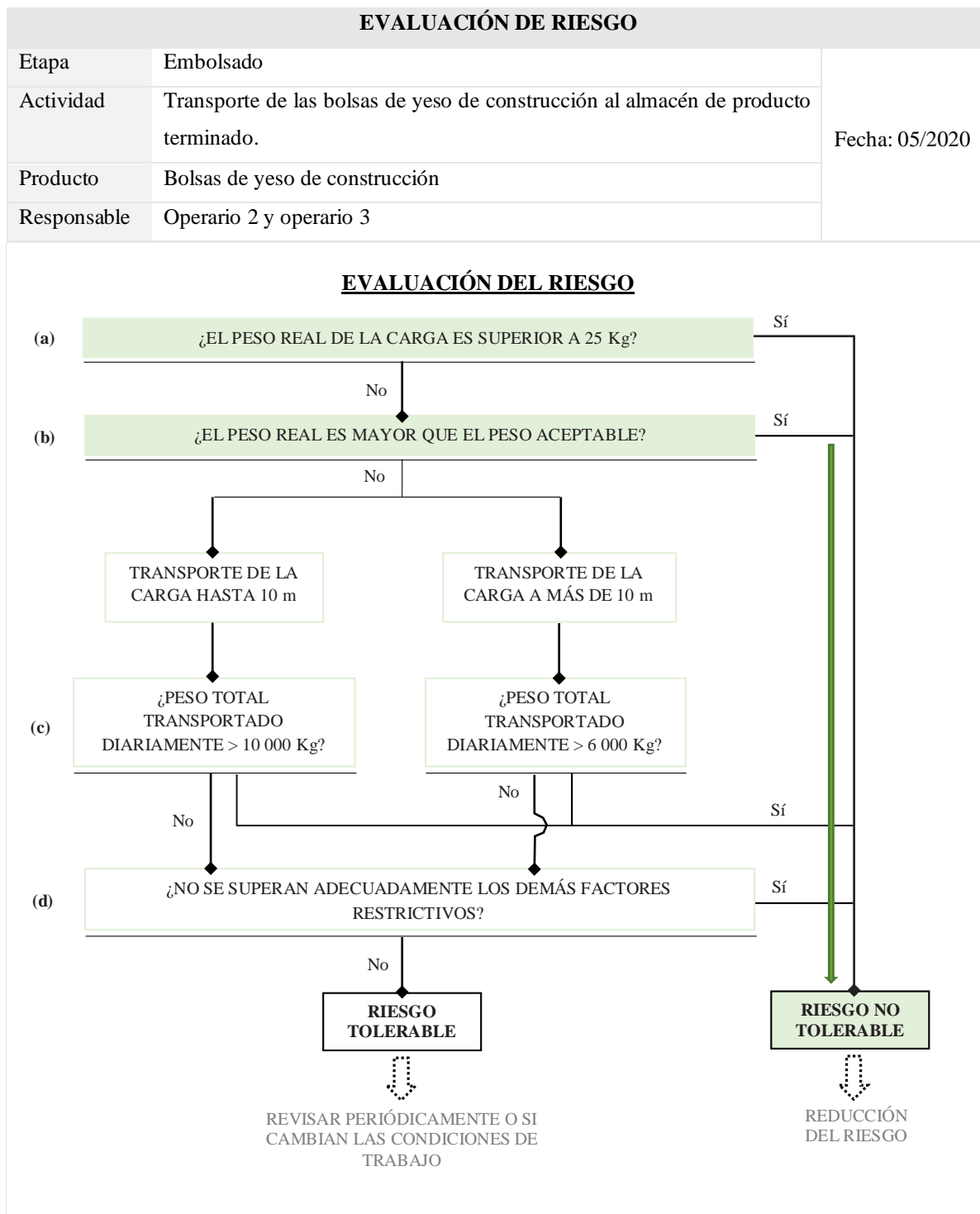
Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 74** se observa la evaluación de riesgo de la etapa de embolsado donde:

a) En el primer inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 20 kg no supera el peso teórico de 25 kg obteniendo un *riesgo tolerable*.

b) En el segundo inciso, se obtuvo que el peso real de la carga de 20 kg supera el peso aceptable de 14,88 kg obteniendo un *riesgo no tolerable*.

Tabla 74. Ficha de evaluación de riesgo de la etapa de embolsado



Fuente: Empresa yesera

Como se observa en la **Tabla 75**, todos los transportes del proceso artesanal de yeso de construcción generan un riesgo no tolerable; por lo cual se deben aplicar ciertas medidas correctivas que permitan reducir el riesgo a tolerable.

Tabla 75. Tipo de riesgo por actividad

Actividad	Tipo de riesgo	
Transporte de la piedra de yeso hacia los hornos artesanales.	Tolerable	No tolerable
Transporte del yeso de construcción al área de trituración.	Tolerable	No tolerable
Transporte del yeso de construcción triturada al molino.	Tolerable	No tolerable
Transporte de las bolsas de yeso de construcción al almacén de producto terminado.	Tolerable	No tolerable

Fuente: Empresa yesera

6. Establecer medidas correctivas

Dentro de las medidas correctivas a emplear se eligió reemplazar la manipulación manual de la carga con la sustitución de bandas transportadoras con el fin de eliminar todo tipo de riesgo a los trabajadores. Además, de acuerdo a Gómez y Correa [6], las bandas transportadoras son un equipo de acarreo eficiente con el cuál no se generan mermas y se reducen tiempos de transporte.

▪ Operaciones

Posteriormente, se analizaron las operaciones que se realizan en el proceso artesanal del yeso de construcción, donde se identificaron las siguientes operaciones:

- ✓ Calcinación de la piedra de yeso
- ✓ Trituración del yeso de construcción
- ✓ Molienda del yeso de construcción
- ✓ Embolsado del yeso de construcción

Dentro de los datos obtenidos, se detectó lo siguiente:

- La actividad de calcinación se realiza de manera artesanal, lo cual genera un cuello de botella de 48 horas. De acuerdo a Vicenzina [24], indica que los hornos rotativos son adecuados para calcinar y obtener el yeso de construcción adecuado.
- Las actividades de trituración y embolsado de yeso de construcción se ejecutan manualmente donde el operario realiza movimientos repetitivos. Para determinar el riesgo

que generan estas actividades se empleó el método Check List OCRA con el fin de evaluar el riesgo generado por el trabajo repetitivo en función de la presencia de trastornos músculo esqueléticos de la parte superior del cuerpo del trabajador; de acuerdo los resultados, el método sugiere ciertas acciones correctivas.

A continuación, se presentará la aplicación del método Check List OCRA aplicado a las actividades de trituración y embolsado del yeso de construcción.

Aplicación del método Check List OCRA

1. Primero se calculó el Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) de cada actividad repetitiva con la siguiente fórmula:

$$TNTR = DT - (TNR + P + A)$$

A continuación, se procederá a determinar el puntaje del TNTR para cada actividad repetitiva.

Tabla 76. Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) de las actividades repetitivas

Actividad repetitiva	DT	TNR	P	A	TNTR
Trituración de yeso de construcción	198 min	33 min	0 min	0 min	165 min
Embolsado del yeso de construcción	186 min	56 min	0 min	0 min	130 min

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 76** se puede observar el puntaje de cada actividad repetitiva, donde:

- La duración del tiempo (DT) que ocupa el trabajador en el puesto de trabajo de trituración de yeso de construcción es de 3,3 horas y del embolsado de yeso de construcción es de 3,1 horas que, convertidos a minutos, obtenemos 198 minutos y 186 minutos, respectivamente.
- El valor del tiempo donde no realiza actividades repetitivas (TNR) del puesto de trabajo de trituración de yeso de construcción es de 33 minutos, considerando el tiempo de limpieza y recarga de yeso de construcción para ser triturado.
- El valor del tiempo donde no realiza actividades repetitivas (TNR) del puesto de trabajo de embolsado de yeso de construcción es de 56 minutos, considerando el tiempo de espera para proceder a llenar la bolsa debido a que otro trabajador no culmina su actividad de embolsado.

➤ El valor de pausas (P) es de 0 minutos debido a que no existen pausas programadas ni pausas no oficiales.

➤ El valor de duración del tiempo para almorzar (A) es de 0 minutos debido a que su jornada laboral culmina a la 1 p.m., antes del almuerzo.

Luego se calculó el tiempo neto de ciclo (TNC) de cada actividad repetitiva con la siguiente fórmula:

$$TNC: \frac{60 \times TNTR}{NC}$$

Tabla 77. Puntaje del Tiempo neto de ciclo (TNC)

Actividad repetitiva	TNTR	NC	TNC
Trituración de yeso de construcción	165 min	4 950 acciones	2 s/acción
Embolsado del yeso de construcción	130 min	1 116 acciones	7 s/acción

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 77** se detalló el cálculo del puntaje del tiempo neto de ciclo por cada actividad repetitiva, donde:

➤ Para el número de ciclos de la actividad de trituración de yeso de construcción se determinó que el operario realiza 4 950 acciones durante el tiempo que permanece en el puesto de trabajo.

➤ Para el número de ciclos de la actividad de embolsado del yeso de construcción se determinó que cada operario realiza 1 116 acciones durante el tiempo que permanece en el puesto de trabajo.

2. Luego se procedió a calcular los factores y el multiplicador que componen la ecuación del Índice Check List OCRA (ICKL) para cada actividad repetitiva.

- **Cálculo del Factor de Recuperación (FR)**

En la **Tabla 78** se puede observar el puntaje obtenido para el Factor de Recuperación de cada actividad repetitiva de acuerdo a la **Tabla 17**.

Tabla 78. Puntaje del Factor de Recuperación (FR) de las actividades repetitivas

Actividad repetitiva	Situación de los periodos de recuperación	FR
Trituración de yeso de construcción	- Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno).	0
Embolsado del yeso de construcción	- Existe una interrupción de al menos 8 minutos cada hora de trabajo (contando el descanso del almuerzo). - El periodo de recuperación está incluido en el ciclo de trabajo (al menos 10 segundos consecutivos de cada 60, en todos los ciclos de todo el turno).	0

Fuente: Empresa yesera

Como se observa en la **Tabla 78**, se describió el puntaje de cada actividad repetitiva, donde:

- La actividad de trituración de yeso de construcción se calificó con puntaje 0, debido a que se realizan interrupciones de aproximadamente 10 segundos por cada 50 segundos, donde se limpia y carga nuevo material para ser triturado.
- La actividad de embolsado del yeso de construcción se calificó con puntaje 0 debido a que el operario espera aproximadamente 3 segundos para volver a llenar la bolsa mientras que otro operario culmina de realizar su actividad.

- **Cálculo del Factor Frecuencia (FF)**

Para el cálculo de este factor, primero se identificó las acciones técnicas estáticas y dinámicas realizadas sea el caso para cada actividad repetitiva como se muestra en la **Tabla 79**.

Tabla 79. Identificación de las acciones técnicas dinámicas y estáticas de cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Acción técnica dinámica	Acción técnica estática
Trituración del yeso de construcción	Triturar el yeso de construcción	-
Embolsado del yeso de construcción	Amarrar las bolsas	Llenar las bolsas

Fuente: Empresa yesera

Posteriormente se determinó el puntaje de las acciones técnicas dinámicas identificadas de acuerdo a la

Tabla 18 y el puntaje de las acciones técnicas estáticas identificadas de acuerdo a la **Tabla 19** para cada actividad repetitiva.

Tabla 80. Puntaje de las acciones técnicas dinámicas de cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Acción técnica dinámica identificada	Descripción	ATD
Trituración del yeso de construcción	Triturar el yeso de construcción	Los movimientos del brazo no son demasiado rápidos (30 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas.	1
Embolsado del yeso de construcción	Amarrar la bolsa de yeso de construcción	Los movimientos del brazo son lentos (20 acciones/minuto). Se permiten pequeñas pausas frecuentes.	0

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 80** se clasificaron las acciones técnicas dinámicas de cada actividad repetitiva, donde:

- La acción de triturar el yeso de construcción se calificó con el puntaje de 1, ya que el operario realiza entre 25 acciones por minuto.
- La acción de amarrar la bolsa de yeso de construcción se calificó con el puntaje de 0, ya que el operario realiza entre 6 acciones por minuto.

Tabla 81. Puntaje de las acciones técnicas estáticas de cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Acción técnica estática identificada	Descripción	ATE
Trituración del yeso de construcción	-	-	0
Embolsado del yeso de construcción	Llenar la bolsa de yeso de construcción	Se sostiene un objeto durante al menos 5 segundos consecutivos realizándose una o más acciones estáticas durante 2/3 del tiempo de ciclo (o de observación).	2,5

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 81** se clasificaron las acciones técnicas estáticas de cada actividad repetitiva, donde:

- La acción de llenar la bolsa de yeso de construcción se calificó con el puntaje de 2,5; ya que el operario sostiene aproximadamente 3 segundos la bolsa hasta ser llenada, acción que ocupa mas de la mitad del tiempo de ciclo que es de 7 segundos.

Obtenidos los puntajes de cada tipo de acción, se procedió a calcular el puntaje del Factor de Frecuencia (FF) el cual será el máximo valor de ambos puntajes.

Tabla 82. Puntaje del Factor de Frecuencia (FF) para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	ATD	ATE	FF
Trituración del yeso de construcción	1	0	1
Embolsado del yeso de construcción	0	2,5	2,5

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 82** se puede observar que el puntaje del Factor de Frecuencia (FF) para la actividad de trituración del yeso de construcción es de 1 y para la actividad de embolsado del yeso de construcción es de 2,5.

- **Cálculo del Factor de Fuerza (FFz)**

Para el cálculo del valor del Factor de Fuerza, primero se identificó la intensidad de cada acción técnica identificada anteriormente donde se requiere de fuerza (ver **Tabla 79**) empleando la escala CR-10 de Borg (ver **Tabla 20**), donde:

✓ La acción de triturar el yeso de construcción se calificó como fuerza intensa, debido al esfuerzo que realiza el operario al cargar la comba para triturar el yeso, el cual estando en forma de piedra es un material difícil de triturar.

✓ La acción de amarrar la bolsa de yeso de construcción se calificó como fuerza débil, ya que el operario ejerce un esfuerzo leve para realizar la acción.

✓ La acción de llenar la bolsa de yeso de construcción se calificó como fuerza moderada, debido a que el operario demanda de un esfuerzo estático al tener cargada la bolsa mientras se llena durante cierto tiempo.

Determinado el nivel de intensidad de cada acción técnica, se procedió a determinar el puntaje del Factor de Fuerza (FFz) tomando en cuenta el porcentaje del tiempo del ciclo de trabajo que se ejerce el esfuerzo, para lo cual se empleó la **Tabla 21**.

Tabla 83. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz) de cada acción técnica

Actividad repetitiva	Acción técnica	Intensidad del esfuerzo (FFz OCRA)	Duración	FFz
Trituración del yeso de construcción	Triturar el yeso de construcción	Fuerza intensa	>10% del tiempo	24
Embolsado del yeso de construcción	Amarrar las bolsas de yeso de construcción	Débil	-	0

Llenar las bolsas de yeso de construcción	Fuerza moderada	50% del tiempo	4
---	-----------------	----------------	---

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 83** se puede observar el puntaje de Factor de Fuerza (FFz) para cada acción técnica, donde:

✓ La acción de triturar el yeso de construcción se clasificó con el puntaje de 24, considerando que su nivel de intensidad de esfuerzo es de fuerza intensa y el porcentaje de tiempo de ciclo de trabajo que genera el esfuerzo para triturar el material es mayor al 10%, ya que durante los 2 segundos que dura el tiempo de ciclo el operario ejerce fuerza.

✓ La acción de amarrar la bolsa de yeso de construcción se clasificó con el puntaje de 0, debido a que nivel de intensidad de esfuerzo es débil, no se considera.

✓ La acción de llenar la bolsa de yeso de construcción se clasificó con el puntaje de 4, debido a que el tiempo de ciclo de la acción es de 7 segundos (considerando que se realizan 6 acciones por minuto), del cual se utiliza un aproximado de 3 segundos para realizar el llenado de la bolsa con el yeso de construcción, equivalente al 43% del total del tiempo del ciclo, más de 1/3 del tiempo.

En la **Tabla 84** se determinó el puntaje por cada actividad repetitiva, donde el resultado es la suma del puntaje de las acciones técnicas identificadas y evaluadas.

Tabla 84. Puntaje del Factor de Fuerza (FFz) para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	FFz
Trituración del yeso de construcción	24
Embolsado del yeso de construcción	4

Fuente: Empresa yesera

- **Cálculo de Factor de Posturas y Movimientos (FP)**

Para el cálculo del valor del Factor de Posturas y Movimientos, primero se determinó el puntaje de la postura y movimiento de cada articulación a evaluar:

- ✓ **Postura y movimiento del hombro (PHo)**

En la **Tabla 85** se determinó el puntaje de postura y movimiento de cada actividad repetitiva, donde:

➤ La actividad de trituración del yeso de construcción se calificó con 6 debido a que el operario mantiene el brazo a la altura de los hombros aproximadamente 1 segundo, donde el

tiempo de ciclo de la actividad es de 2 segundos; por lo cual, el brazo se mantiene más de 1/3 del tiempo levantado.

➤ La actividad de embolsado del yeso de construcción se calificó con 1 debido a que el operario no eleva el brazo hasta la altura de los hombros y permanece elevado ligeramente durante todo el tiempo.

Tabla 85. Puntaje de Postura y Movimientos del hombro (PHo)

Actividad repetitiva	Postura y movimiento del hombro	PHo
Trituración del yeso de construcción	El brazo se mantiene a la altura de los hombros y sin soporte (o en otra postura extrema) más o menos el 1/3 del tiempo	6
Embolsado del yeso de construcción	El brazo/s no posee apoyo y permanece ligeramente elevado algo más de la mitad el tiempo.	1

Fuente: Empresa yesera

✓ Postura y movimiento del codo (PCo)

En la **Tabla 86** se determinó el puntaje de postura y movimiento del codo de cada actividad repetitiva, donde:

➤ La actividad de trituración del yeso de construcción se calificó con 8 debido a que el operario realiza golpes para triturar el material la mayor parte del tiempo de ciclo.

➤ La actividad del embolsado del yeso de construcción se calificó con 2 debido a que el operario ejerce tirones leves al momento de colocar las bolsas en su sitio.

Tabla 86. Puntaje de postura y movimiento del codo (PCo)

Actividad repetitiva	Postura y movimiento del codo	PCo
Trituración del yeso de construcción	El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) casi todo el tiempo.	8
Embolsado del yeso de construcción	El codo realiza movimientos repentinos (flexión-extensión o prono-supinación extrema, tirones, golpes) al menos un tercio del tiempo.	2

Fuente: Empresa yesera

✓ Postura y movimiento de la muñeca (PMu)

En la **Tabla 87** se determinó el puntaje de la postura y movimiento de la muñeca de cada actividad repetitiva, donde se calificó a ambas con puntaje de 2 debido a que no se ejerce mucha flexión en la muñeca durante el tiempo de ciclo.

Tabla 87. Puntaje de la postura y movimiento de la muñeca (PMu)

Actividad repetitiva	Postura y movimiento de la muñeca	PMu
Trituración del yeso de construcción	La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo.	2
Embolsado del yeso de construcción	La muñeca permanece doblada en una posición extrema o adopta posturas forzadas (alto grado de flexión-extensión o desviación lateral) al menos 1/3 del tiempo.	2

Fuente: Empresa yesera

✓ Postura y movimiento de la mano (PMa)

En la **Tabla 88** se determinó el puntaje de la postura y movimiento de la mano de cada actividad repetitiva, donde:

- La actividad de la trituración del yeso de construcción se calificó con 8 debido a que el agarre de la comba que realiza la mano se realiza durante la mayoría del tiempo de ciclo.
- La actividad del embolsado del yeso de construcción se calificó con 4 debido a que el agarre de la bolsa que realiza la mano se realiza más de la mitad del tiempo de ciclo, específicamente en el llenado de la bolsa.

Tabla 88. Puntaje de postura y movimiento de la mano (PMa)

Actividad repetitiva	Postura y movimiento de la mano	PMa
Trituración del yeso de construcción	Casi todo el tiempo.	8
Embolsado del yeso de construcción	Más de la mitad del tiempo.	4

Fuente: Empresa yesera

Una vez determinados el puntaje de postura y movimiento de cada articulación, se procedió a calcular el valor de la presencia de movimientos estereotipados (PEs) de cada actividad repetitiva.

En la **Tabla 89** se determinó el puntaje de los movimientos estereotipados de cada actividad repetitiva, donde a cada una se calificó con 3 ya que el tiempo de ciclo de la actividad de trituración del yeso de construcción es de a 2 segundos aproximadamente, y el tiempo de ciclo de la actividad del embolsado de yeso de construcción es de 7 segundos aproximadamente; ambos valores inferiores a 8 segundos.

Tabla 89. Puntaje de los movimientos estereotipados (PEs)

Actividad repetitiva	Movimientos estereotipados	PEs
Trituración del yeso de construcción	-Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo - O bien el tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos	3
Embolsado del yeso de construcción	-Existe repetición de movimientos idénticos del hombro, codo, muñeca o dedos, casi todo el tiempo - O bien el tiempo de ciclo es inferior a 8 segundos	3

Fuente: Empresa yesera

Ya obtenidos los puntajes de postura y movimiento de cada articulación y de los movimientos estereotipados por actividad repetitiva, se calculó el valor del factor de posturas y movimientos (FP) con la siguiente fórmula:

$$FP = \text{Max} (PHo; PCo; PMu; PMa) + PEs$$

En la **Tabla 90** se determinó el valor del factor de posturas y movimientos de cada actividad repetitiva aplicando la fórmula, donde el puntaje de la actividad de trituración del yeso de construcción fue de 11 y el puntaje de la actividad de embolsado del yeso de construcción fue de 7.

Tabla 90. Puntaje del Factor de Posturas y movimientos (FP) de cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Fórmula aplicada	FP
Trituración del yeso de construcción	$FP = \text{Max} (6; 8; 2; 8) + 3$	11
Embolsado del yeso de construcción	$FP = \text{Max} (1; 2; 2; 4) + 3$	7

Fuente: Empresa yesera

- **Cálculo del Factor de Riesgos Adicionales (FC)**

Para el cálculo de este factor, se evalúan los factores de riesgo clasificados como factores físico mecánicos (Ffm) y factores socio organizativos (Fso).

Para determinar el valor de los factores físico mecánicos de cada actividad repetitiva se tomó en cuenta la **Tabla 27**. En la **Tabla 91** se detalló el puntaje de cada actividad de acuerdo a los factores identificados, donde se obtuvo lo siguiente:

➤ El puntaje de la actividad de trituración del yeso de construcción se calificó con 3 debido a que se identificaron dos factores adicionales que ocurren durante toda la actividad:

El golpe que realiza el operario con la comba con una frecuencia de 25 veces por minutos y la compresión que ocasiona la comba en la mano del operario al ser usada.

➤ El puntaje de la actividad de embolsado del yeso de construcción se calificó con 2, ya que se identificó que el operario al sostener la bolsa por 3 minutos aproximadamente para que se llene del material no utiliza apoyo, lo cual genera que la bolsa al estar llenándose cause cierta compresión en la piel.

Tabla 91. Puntaje de los Factores físico mecánicos (Ffm) para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Factor físico mecánico	Ffm
Trituración del yeso de construcción	La actividad implica golpear (con un martillo, golpear con un pico sobre superficies duras, etc.) con una frecuencia de 2 veces por minuto o más. Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.) Existen varios factores adicionales concurrentes, y en total ocupan todo el tiempo.	3
Embolsado del yeso de construcción	Las herramientas utilizadas causan compresiones en la piel (enrojecimiento, callosidades, ampollas, etc.)	2

Fuente: Empresa yesera

Por otro lado, para determinar el valor de los factores socio organizativos de cada actividad repetitiva se tomó en cuenta la **Tabla 28**. Sin embargo, se calificó con puntaje 0 a ambas actividades ya que en ninguna interviene maquinaria alguna, el trabajo es netamente manual.

Obtenidos los valores de los factores identificados para cada actividad operativa, se procedió a calcular el valor del Factor de Riesgos Adicionales (FC) con la siguiente fórmula:

$$Fc = Ffm + Fso$$

Tabla 92. Puntaje del Factor de Riesgos Adicionales (FC) para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Fórmula aplicada	FC
Trituración del yeso de construcción	FC = 3 + 0	3
Embolsado del yeso de construcción	FC = 2 + 0	2

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 92** se determinó el valor del Factor de Riesgos Adicionales (Fc) para cada actividad, donde el puntaje de la actividad de trituración del yeso de construcción es de 3 y el puntaje de la actividad de embolsado del yeso de construcción es de 2.

- **Cálculo del Multiplicador de Duración (MD)**

Para calcular el valor de este factor el cual evalúa el tiempo de exposición del riesgo, dependerá del Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR); para ello, se empleó la **Tabla 29**.

En la **Tabla 93** se determinó el valor del Multiplicador de Duración para cada actividad repetitiva, donde se obtuvo un puntaje de 0,65 para ambas debido a que el Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo de la actividad de trituración del yeso de construcción es de 166 minutos y de la actividad de embolsado del yeso de construcción es de 131 minutos, ambos tiempos están dentro del rango indicado.

Tabla 93. Puntaje del Multiplicador de Duración (MD) para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Tiempo Neto de Trabajo Repetitivo (TNTR) en minutos	MD
Trituración del yeso de construcción	121- 180	0,65
Embolsado del yeso de construcción	121- 180	0,65

Fuente: Empresa yesera

Finalmente, una vez obtenido el valor de los factores de cada articulación y del multiplicador de duración, se procedió a calcular el valor del Índice Check List OCRA (ICKL) con la siguiente fórmula:

$$ICKL = (FR + FF + FFz + FP + FC) \times MC$$

En la **Tabla 94** se calculó el valor del Índice Check List OCRA de cada actividad repetitiva y de acuerdo al resultado se indicó la acción recomendada, donde se obtuvo un puntaje de 25,35 para la actividad de trituración del yeso de construcción y un puntaje de 8,45 para la actividad de embolsado del yeso de construcción.

Tabla 94. Puntaje del Índice Check List OCRA (ICKL) de cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	Fórmula aplicada	ICKL
Trituración del yeso de construcción	$ICKL = (0 + 1 + 24 + 11 + 3) \times 0,65$	25,35
Embolsado del yeso de construcción	$ICKL = (0 + 2,5 + 4 + 7 + 2) \times 0,65$	8,45

Fuente: Empresa yesera

De acuerdo al valor del Índice Check List OCRA obtenido, se procedió a determinar el nivel de riesgo de cada actividad repetitiva con su respectiva acción recomendada por el propio método.

Tabla 95. Nivel de riesgo y acción recomendada para cada actividad repetitiva

Actividad repetitiva	ICKL	Rango	Nivel de riesgo	Acción recomendada
Trituración del yeso de construcción	25,35	>22,5	Inaceptable Alto	Mejora de puesto, supervisión médica y entrenamiento.
Embolsado del yeso de construcción	8,45	7,6 – 11	Incierto	Nuevo análisis o mejora de puesto

Fuente: Empresa yesera

En la **Tabla 95** se obtuvieron los siguientes datos:

- La actividad de trituración del yeso de construcción con su ICKL de 25,35 obtuvo un nivel de riesgo Inaceptable Alto; para lo cual, el método recomienda realizar una mejora del puesto de trabajo, realizar una supervisión médica del operario responsable y un entrenamiento para una debida ejecución de la actividad.
- La actividad de embolsado del yeso de construcción con su ICKL de 8,45 obtuvo un nivel de riesgo Incierto; para lo cual, el método recomienda realizar un nuevo análisis para manejar con más precisión los datos o realizar una mejora del puesto de trabajo.

Conclusión:

- Reemplazar los hornos artesanales por un horno industrial, con el cual se obtendrá un mejor rendimiento y se disminuirá el cuello de botella.
- Reemplazar la manipulación manual de carga que se realiza en los transportes del proceso artesanal del yeso de construcción por bandas transportadoras con el fin de eliminar el riesgo identificado en la aplicación del método GINSHT.
- Realizar una mejora en los puestos de trabajo de trituración y embolsado del yeso de construcción, para lo cual se reemplazará el trabajo manual por maquinaria automatizada, con el fin de disminuir o eliminar el riesgo identificado en la aplicación del método Check List OCRA.
- Así también, implementar Procedimientos Estándar de Trabajo Seguro (PETS) donde se detallará la manera correcta y clara de realizar el nuevo método de llevar a cabo las actividades con la implementación de las maquinarias.

Según ATEDY [10], en su publicación detalla el proceso industrial de yeso de construcción, donde se señala la maquinaria adecuada para cada etapa. A continuación, se mostrarán en la **Tabla 96** las maquinarias industriales requeridas para cada etapa.

Tabla 96. Maquinaria según el tipo de proceso

Etapa	Proceso artesanal	Proceso industrial
Calcinación	Trabajo artesanal - Hornos artesanales	Horno rotativo
Trituración	Trabajo mecánico	Trituradora de mandíbulas
Embolsado	Trabajo manual	Envasadora automatizada

Fuente: ATEDY 2017

✓ PREGUNTA: ¿QUIÉN?

Con la información recolectada de esta pregunta se pudo identificar que los operarios no contaban con los equipos de protección personal adecuado para la actividad a realizar de acuerdo al Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería.

En la **Tabla 97** se detalla el equipo de protección personal (EPP) requerido para cada actividad.

Tabla 97. Listado de EPP's

Equipo de protección personal	Llenado y calcinación	Limpieza	Trituración	Molienda	Embolsado
Respiradores			X	X	X
Anteojos especiales			X	X	X
Viseras de protección de nuca y orejas	X	X			
Guantes de seguridad	X	X	X		
Indumentaria adecuada	X	X	X	X	X
Zapatos de seguridad	X	X	X	X	X

Fuente: Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería

Conclusión:

Implementar el equipo de protección personal requerido de acuerdo a la actividad que realice el operario.

✓ PREGUNTA: ¿CUÁNDO?

Con la información recolectada de esta pregunta se identificó que el orden de las etapas del proceso artesanal de yeso de construcción que emplea la empresa yesera no era el más óptimo, ya que de acuerdo a De Villanueva [9], el proceso de yeso de construcción tiene el orden que se muestra en la **Figura 24**, donde primero se realiza la trituración de la piedra de yeso para que al ingresar a calcinarse tenga un mejor rendimiento.

Sin embargo, la empresa yesera realiza primero la calcinación de la piedra de yeso y luego se tritura, impidiendo que se logre una adecuada eficiencia del calcinado.

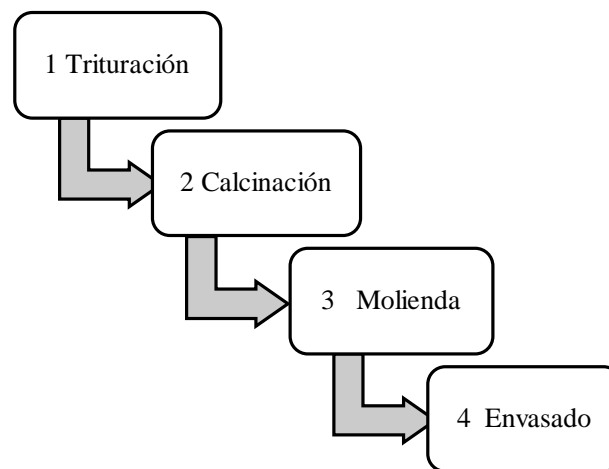


Figura 24. Orden de las etapas del proceso de yeso de construcción
Fuente: De Villanueva 2004

Conclusión:

Corregir el orden de las etapas del proceso productivo del yeso de construcción para un mejor rendimiento.

✓ **PREGUNTA: ¿DÓNDE?**

Para la evaluación de esta pregunta, se realizó una lista de verificación de los ambientes de trabajo con el fin de revisar y comprobar si su estado es apto para que el operario realice sus actividades de manera que no afecte a su seguridad y salud. En la **Tabla 98** se puede observar la lista de verificación aplicada.

Tabla 98. Lista de verificación del ambiente de trabajo

Iluminación	Sí	No
1. ¿Es el nivel de iluminación correcto para el ambiente de trabajo según el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería?		X
2. ¿Existe la iluminación general como la complementaria?		X
3. ¿Se debe diseñar el lugar de trabajo y la iluminación de manera que se evite el reflejo?	X	
Condiciones térmicas: Calor	Sí	No
1. ¿Se encuentra el trabajador dentro de su zona de control térmico?		X
2. ¿Las condiciones térmicas cumplen con el límite de referencia para estrés térmico según el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería?		X
3. ¿Se establecen procedimientos de control de las condiciones de estrés por calor?		X
4. ¿Se proporciona ventilación?		X
5. ¿Se proporciona aire acondicionado?		X
Condiciones térmicas: Frío	Sí	No
1. ¿Cuenta el trabajador con la indumentaria adecuada para soportar temperaturas bajas?		X
2. ¿Se proporcionan calentadores?		X
3. ¿Se proporcionan guantes?		X
Ventilación	Sí	No
1. ¿Son aceptables los niveles de ventilación de acuerdo al Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería?		X
2. ¿Se proporcionan ventiladores cercanos a los trabajadores en caso de ser necesario?		X
3. ¿Se proporciona enfriamiento en la fuente de salida?		X
Niveles de ruido	Sí	No
1. ¿Está por debajo el nivel de ruido según el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería?		X
2. ¿Se proporcionan medidas para el control de ruido?		X
3. Como último recurso, ¿Se utilizan audífonos u orejeras?		X

Fuente: Empresa yesera

Los resultados obtenidos demostraron que las condiciones de los ambientes de trabajo no son adecuadas ya que:

✓ No existe un control del nivel de iluminación, ya que la empresa yesera no cuenta con la luminaria ni la infraestructura necesaria.

✓ No existe un control térmico ya que no cuentan con ventilación ni aire acondicionado.

✓ No se proporciona ningún tipo de enfriamiento por el calor que emiten los hornos artesanales.

✓ No existe un control de ruido ya que no se proporcionan los audífonos ni orejeras necesarias.

✓ Además existe desorden en todos los espacios como se observa en la **Figura 25**, **Figura 26** y **Figura 27**.



Figura 25. Espacio del área del almacén de insumos desordenado
Fuente: Empresa yesera



Figura 26. Espacio del área de molienda y embolsado desordenado
Fuente: Empresa yesera



Figura 27. Neumático y materiales mal ubicados
Fuente: Empresa yesera

- **Problema 2: Altos tiempos improductivos.**

Causa: Distribución empírica de la planta artesanal.

La distribución de la empresa yesera se ha realizado de manera empírica, sin emplear ningún método que permita evidenciar la adecuada distribución de las áreas, sin tener en cuenta ningún criterio. Por ende, de acuerdo al plano de la empresa yesera, la distribución de la planta no es la más óptima ya que se cuenta con largas distancias de transporte de material como se observa en la **Figura 28**, considerando que se realizan manualmente y se manipulan cargas pesadas, lo cual genera tiempos improductivos, abarcando un alto porcentaje de 14%.

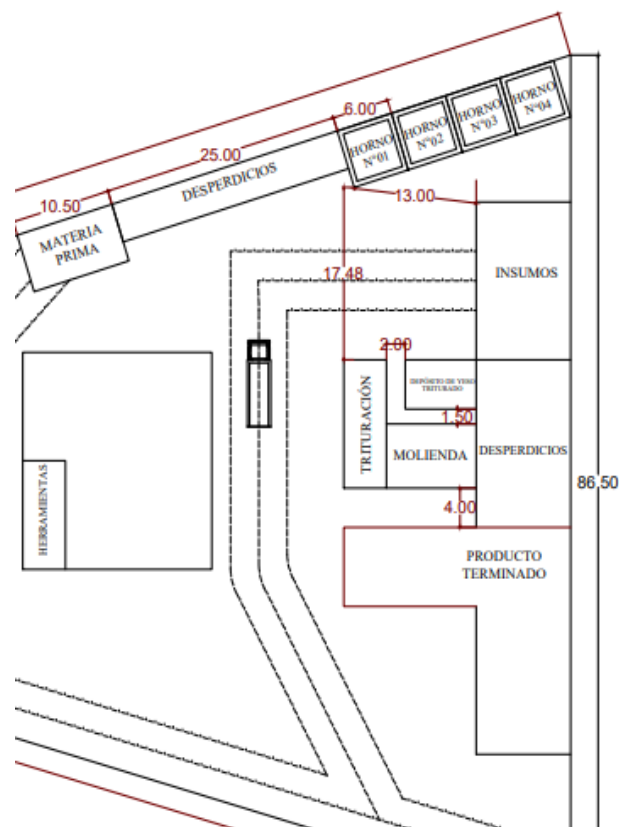


Figura 28. Distancias de transportes
Fuente: Empresa yesera

Analizada la situación actual de la empresa yesera, se evidenció que cuentan con pedidos no atendidos debido a la generación de mermas como consecuencia de inadecuados métodos de trabajo debido a que no cuentan con maquinaria y equipo de acarreo eficiente, las condiciones de los ambientes de trabajo no son las óptimas para que los operarios realicen

sus actividades; así también existen altos tiempos improductivos que se identificaron en el proceso artesanal debido a la distribución empírica en planta artesanal y no contar con equipo de acarreo adecuado. Es por ello, se optó proponer un rediseño de planta yesera con el fin de incrementar su productividad.

3.2. OBJETIVO 2. ESTABLECER LAS HERRAMIENTAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO.

Para poder evaluar la importancia de cada propuesta de solución a implementar, se utilizará el método de factores ponderados donde primero se llevará a cabo una matriz de priorización la cual permitirá evaluar cada causa del problema en base a una ponderación bajo ciertos criterios de utilidad objetiva facilitando la toma de decisión, evaluando el grado de importancia que tiene la primera causa del eje vertical a comparación de las causas del eje horizontal.

Tabla 99. Escala de importancia

Importancia	Valor
Importante / Igual de importante	1
No importante	0

Fuente: Heizer y Render 2009

Tabla 100. Matriz de priorización de causas

CAUSAS	Inadecuado método de trabajo	Distribución empírica de planta artesanal	Manipulación manual de carga pesada	TOTAL	TOTAL (%)
Inadecuado método de trabajo		1	1	2	33%
Distribución empírica de planta artesanal	1		1	2	33%
Manipulación manual de carga pesada	1	1		2	33%
TOTAL				6	100%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido los porcentajes en la **Tabla 100**, podemos observar que las 3 causas tienen la misma importancia entre ellas, debido a que se realizará un rediseño de la planta todas las causas influyen de manera parcial a la generación del problema ya que su solución depende unos de otros.

Posteriormente, se evaluarán las herramientas de mejora y las causas del problema mediante la matriz de enfrentamiento (**Tabla 102**) para determinar del orden de

implementación de las mejoras. Para ello, se toma en cuenta la escala de valoración (ver **Tabla 101**) con la cual se prioriza mediante ciertos valores las mejoras con respecto a las causas del problema que puedan solucionar.

Tabla 101. Escala de valoración

Descripción	Valor
Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	2

Fuente: Heizer y Render 2009

Tabla 102. Matriz de enfrentamiento de causas

CAUSAS	PORCENTAJE	Diseño de métodos de trabajo		Implementación de maquinaria y equipo de acarreo		Redistribución de planta	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Inadecuado método de trabajo	33%	10	3,33	2	0,67	2	0,67
Distribución empírica en planta artesanal	33%	8	2,67	8	2,67	10	3,33
Manipulación manual de carga pesada	33%	8	2,67	10	3,33	2	0,67
TOTAL	100%		8,67		6,67		4,67

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 102** se observa los puntajes respectivos de cada herramienta de mejora obtenidos a través de la matriz de enfrentamiento, donde el mayor puntaje obtenido corresponde al diseño de métodos de trabajo con 8,67 puntos, lo cual nos dice que es la herramienta de mejora más adecuada para solucionar las causas que generan los problemas de la empresa yesera; como segunda herramienta de mejora tenemos la implementación de maquinaria y equipo de acarreo, y finalmente la redistribución de planta.

3.3. ELABORAR UNA PROPUESTA DE REDISEÑO DEL SISTEMA ARTESANAL DE LA EMPRESA YESERA PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD

3.3.1. Mejora 1: Diseño de métodos de trabajo

Para el desarrollo del diseño del método de trabajo se tomó en cuenta el análisis del método 5WH, donde se determinó como método implementar el Procedimiento Estándar del Trabajo Seguro (PETS) para cada actividad a realizar tomando en cuenta la implementación de la maquinaria que se llevará a cabo. Dicho método permitirá estandarizar procesos, minimizar tiempos y costos, mejorar la calidad de los productos y la salud y seguridad de los trabajadores.

La estructura del método está conformada por los siguientes puntos:

- Descripción: Se detalla el fin del proceso.
- Personal: Personas involucradas en la ejecución del proceso.
- Equipo de protección personal: Equipo necesario según la actividad a realizar tomando en cuenta lo establecido en el Reglamento de Salud y Seguridad ocupacional en Minería.
- Equipo / herramientas / materiales: Los objetos necesarios para la ejecución del proceso.
- Procedimientos: Se detallan las actividades para llevar a cabo un proceso estandarizado.
- Restricciones: Limitaciones que se deben tener en cuenta durante la ejecución del proceso.

A continuación, se presentarán los PETS de las etapas del proceso del yeso de construcción.

Tabla 103. PETS de la etapa de pesado y descarga

LOGO DE EMPRESA YESERA	PESADO Y DESCARGA		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Producción	Versión: 01	
	Código: PETS-PRO-01	Página: 01	

1. Descripción

Pesar la piedra de yeso que ingresa a la planta yesera en el área de pesado y descargarla en el almacén de materia prima.

2. Personal

Operario de pesado.

3. Equipo de protección personal

Estándar de pesado.

Casco, botas de seguridad, chaleco reflectivo, protectores auditivos, lentes de seguridad.

4. Equipos/ herramientas/ materiales

Piedra de yeso

Balanza camionera

Volquete

5. Procedimiento

- a) Verificar y mantener en buenas condiciones las zonas de acceso al área de pesado.
- b) Inspeccionar y verificar del funcionamiento de la balanza camionera.
- c) Verificar la buena calibración de la balanza camionera.
- d) Ingresar el volquete al área de pesado, siguiendo la señalización correspondiente.
- e) Iniciar el pesado de la piedra de yeso.
- f) Verificar el cumplimiento del requerimiento de piedra de yeso con la cantidad pesada.
- g) Una vez verificado el requerimiento, se procede a descargar la piedra de yeso en el almacén de materia prima.
- h) Terminada la descarga, el volquete se ubica en el lugar de estacionamiento.

6. Restricciones

El camión solo debe usar el espacio señalado para su tránsito, siguiendo la señalización indicada.

No realizar el procedimiento si la balanza camionera está descalibrada.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de producción	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general

Tabla 104. PETS de la etapa de trituración

LOGO DE EMPRESA YESERA	TRITURACIÓN		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Producción	Versión: 01	
	Código: PETS-PRO-02	Página: 01	

1. Descripción

Triturar la piedra de yeso recepcionada hasta obtener una granulometría máxima de 40 mm.

2. Personal

Operario de trituración.

Operarios de carga.

3. Equipo de protección personal

Estándar de trituración.

Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, visera de protección de nuca y orejas, protectores auditivos, guantes de seguridad.

4. Equipos/ herramientas/ materiales

Piedra de yeso.

Trituradora de mandíbula.

Faja transportadora 01 y 02.

Silo de almacenamiento 01.

5. Procedimiento

- a) Verificar y mantener en buenas condiciones las zonas de acceso al área de trituración.
- b) Inspeccionar y verificar el funcionamiento de la trituradora de mandíbula, la faja transportadora 01 y 02.
- c) Encender la trituradora de mandíbula, faja transportadora 01 y 02.
- d) Colocar las piedras de yeso en la faja transportadora 01 para trasladarlas hasta la trituradora de mandíbula.
- e) Iniciar el triturado de la piedra de yeso.
- f) Si la piedra de yeso triturada tiene una granulometría no adecuada (> 40 mm), se procede a parar la maquinaria.
- g) Revisar la trituradora de mandíbula y realizar los ajustes necesarios, inmediatamente reiniciar el proceso.
- h) Trasladar la piedra de yeso (gran. ≤ 40 mm) mediante la faja transportadora 02 hasta el silo de almacenamiento 01.

6. Restricciones

Nunca alimentar directamente con la mano la trituradora de mandíbula.

No debe ingresar otro tipo de objetos a la trituradora de mandíbula.

Avisar cuando escuchen sonidos extraños.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de producción	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general

Tabla 105. PETS de la etapa de calcinación

LOGO DE EMPRESA YESERA	CALCINACIÓN		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Producción	Versión: 01	
	Código: PETS-PRO-03	Página: 01	

1. Descripción

Calcinar la piedra de yeso (gran. ≤ 40 mm) obtenida de la etapa de trituración a una temperatura de 200°C hasta obtener un porcentaje de humedad de 0%.

2. Personal

Operario de calcinación.

3. Equipo de protección personal

Estándar de calcinación.

Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, guantes de seguridad, protectores auditivos.

4. Equipos/ herramientas/ materiales

Piedra de yeso (gran. ≤ 40 mm).

Horno rotatorio.

Faja transportadora 03 y 04.

Silo de almacenamiento 01 y 02.

5. Procedimiento

- Verificar y mantener en buenas condiciones las zonas de acceso al área de calcinación.
- Inspeccionar y verificar del funcionamiento del horno rotatorio a una temperatura de 200°C, la faja transportadora 03 y 04.
- Encender el horno rotatorio, la faja transportadora 03 y 04
- Abrir el dosificador del silo de almacenamiento 01.
- Trasladar la piedra de yeso (gran. ≤ 40 mm) mediante la banda transportadora 03 hasta el horno rotatorio.
- Iniciar el calcinado de la piedra de yeso (gran. ≤ 40 mm).
- Si el porcentaje de humedad obtenido no es el adecuado (0%), de acuerdo al análisis de humedad realizado por el área de calidad, se procede a parar la maquinaria.
- Revisar el horno rotatorio y realizar los ajustes necesarios, inmediatamente reiniciar el proceso.
- Trasladar el yeso de construcción (gran. ≤ 40 mm) mediante la banda transportadora 04 hasta el silo de almacenamiento 02.

6. Restricciones

Nunca alimentar directamente con la mano el horno rotatorio.

No debe ingresar otro tipo de objetos al horno rotatorio.

Avisar cuando escuchen sonidos extraños.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de producción	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general

Tabla 106. PETS de la etapa de molienda

LOGO DE EMPRESA YESERA	MOLIENDA		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Producción	Versión: 01	
	Código: PETS-PRO-04	Página: 01	
1. Descripción			
Moler el yeso de construcción (gran. ≤ 40 mm) obtenido de la etapa de calcinación hasta obtener una granulometría máxima de 0,2 mm.			
2. Personal			
Operario de molienda.			
3. Equipo de protección personal			
Estándar de molienda.			
Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, guantes de seguridad, respirador, protectores auditivos.			
4. Equipos/ herramientas/ materiales			
Yeso de construcción (gran. ≤ 40 mm).			
Molino.			
Faja transportadora 05 y 06.			
Silo de almacenamiento 02.			
5. Procedimiento			
a) Verificar y mantener en buenas condiciones las zonas de acceso al área de molienda.			
b) Inspeccionar y verificar del funcionamiento del molino, la faja transportadora 05 y 06.			
c) Encender el molino, la faja transportadora 05 y 06.			
d) Abrir el dosificador del silo de almacenamiento 02.			
e) Trasladar el yeso de construcción (gran. ≤ 40 mm) mediante la banda transportadora 05 hasta el molino.			
f) Iniciar la molienda de yeso de construcción (gran. ≤ 40 mm).			
g) Si el porcentaje de masa retenida en tamiz de 0,2 mm obtenido no es el adecuado (ser $\leq 10\%$), de acuerdo al análisis de granulometría realizado por el área de calidad, se procede a parar la maquinaria.			
h) Revisar el molino y realizar los ajustes necesarios, inmediatamente reiniciar el proceso.			
i) Trasladar el yeso de construcción (gran. $\leq 0,2$ mm) mediante la banda transportadora 06 hasta la tolva de la envasadora.			
6. Restricciones			
Nunca alimentar directamente con la mano el molino.			
No debe ingresar otro tipo de objetos al molino.			
Avisar cuando escuchen sonidos extraños.			
Preparado por:			Aprobado por:
Revisado por:			
Jefe de producción	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general	

Tabla 107. PETS de la etapa de envasado

LOGO DE EMPRESA YESERA	ENVASADO		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Producción	Versión: 01	
	Código: PETS-PRO-05	Página: 01	
1. Descripción			
Envasar el yeso de construcción (gran. $\leq 0,2$ mm) obtenido de la etapa de molienda en bolsas de plástico de acuerdo a la presentación requerida por el cliente.			
2. Personal			
Operarios de envasado.			
3. Equipo de protección personal			
Estándar de operario de embolsado.			
Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, respirador, protectores auditivos.			
4. Equipos/ herramientas/ materiales			
Yeso de construcción (gran. $\leq 0,2$ mm).			
Envasadora automatizada.			
Faja transportadora 07.			
Pallet.			
Bolsas de plástico.			
5. Procedimiento			
a) Verificar y mantener en buenas condiciones las zonas de acceso al área de envasado.			
b) Inspeccionar y verificar del funcionamiento de la envasadora automatizada.			
c) Encender la envasadora automatizada y la faja transportadora 07.			
d) Abrir la tolva de la envasadora automatizada.			
e) Iniciar el envasado de yeso de construcción (gran. $\leq 0,2$ mm).			
f) Si se detectan bolsas de yeso de construcción defectuosas, se procede a parar la maquinaria.			
g) Revisar la envasadora automatizada y realizar los ajustes necesarios, inmediatamente reiniciar el proceso.			
h) Trasladar las bolsas de yeso de construcción por medio de la faja transportadora 07 hasta el lugar del pallet.			
i) Colocar las bolsas de yeso de construcción en el pallet.			
6. Restricciones			
Nunca alimentar directamente con la mano la envasadora.			
No debe ingresar otro tipo de objetos a la tolva de la envasadora automatizada.			
Avisar cuando escuchen sonidos extraños.			
Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Jefe de producción	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general	

Así también, se realizó los PETS para llevar a cabo el control de calidad del yeso de construcción durante el proceso industrial, específicamente en la etapa de calcinación y molienda con el fin de cumplir con las especificaciones técnicas del material según la normativa vigente, las cuales se pueden observar en la **Tabla 108**.

Tabla 108. Especificaciones técnicas del yeso de construcción

Especificaciones técnicas	
Agua combinada	$\leq 6\%$
Índice de pureza	$>75\%$
Resistencia mecánica a compresión	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$
Finura de molido (retención máxima en tamiz de 0,2 mm)	$\leq 10\%$
PH	>6
Relación A/Y	1-1,5 litros/kilogramo

En la etapa de calcinación se realizará un control de calidad del yeso de construcción obtenido, en el cual se determinará el cumplimiento del porcentaje del agua (0%) mediante un análisis de humedad. En la **Tabla 109** se muestra el PETS del análisis de humedad.

Tabla 109. PETS del análisis de humedad

LOGO DE EMPRESA YESERA	ANÁLISIS DE HUMEDAD		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Calidad	Versión: 01	
	Código: PETS-CA-02	Página: 01	

1. Descripción

Medir el porcentaje de humedad del yeso de construcción calcinado, el cual es la expresión numérica de la cantidad de agua que existe en el mineral y verificar que dicho porcentaje sea 0% de acuerdo a las especificaciones técnicas.

2. Personal

Jefe de calidad

3. Equipo de protección personal

Estándar de análisis de humedad.

Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, protectores auditivos, guantes de seguridad.

4. Equipos/ herramientas/ materiales

Muestra de yeso de construcción calcinado.

Balanza electrónica.

Recipientes.

Formato de hoja de cálculo de análisis de humedad (F-HEH-01).

5. Procedimiento

- Verificar que el laboratorio este limpio, ordenado e iluminado.
- Verificar la disposición de la balanza electrónica.
- Tarar la balanza electrónica (peso tara).
- Extraer muestra de yeso de construcción triturado.
- Pesar 100 gramos de la muestra extraída (peso bruto húmedo).
- Calcinar la muestra en el horno rotatorio a una temperatura de 200°C.
- Llevar la muestra calcinada a laboratorio.
- Pesar la muestra calcinada en la balanza electrónica (peso bruto seco) y registrar los datos en el formato de la hoja de cálculo de ensayo de humedad (**F-HEH-01**).
- Calcular el porcentaje de humedad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso bruto húmedo} - (\text{Peso tara} + \text{Peso bruto seco})}{\text{Peso bruto húmedo} - \text{Peso tara}} \times 100$$

- Registrar los datos obtenidos en el formato de la hoja de cálculo de ensayo de humedad (**F-HEG-01**).
- Verificar el cumplimiento del porcentaje de humedad, el cual debe ser 0%.

6. Restricciones

Prohibido el ingreso de personal no autorizado al laboratorio.

No introducir otro tipo de materiales al laboratorio.

Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de calidad	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general

Tabla 110. Formato de la hoja de cálculo de ensayo de humedad

HOJA DE CÁLCULO DE ENSAYO DE HUMEDAD							
Producto	Yeso de construcción					Código	F-HEH-01
Tipo	Fino						
Lugar de recogida	Área de calcinación						
Fecha de recogida							
Área responsable	Calidad						
Nº de muestra	Peso tara <i>g</i>	Peso bruto húmedo <i>G</i>	Peso bruto seco <i>G</i>	% mínimo de humedad	% de humedad	Observación	
				0%			
Realizado por:							
	Jefe de calidad						

En la etapa de molienda se realizará un control de calidad de del yeso de construcción obtenido de los molinos, en el cual se determinará el cumplimiento de la finura del molido; para ello, se llevará a cabo un análisis granulométrico. En la **Tabla 111** se muestra el PETS del análisis granulométrico.

Tabla 111. PETS del análisis granulométrico

LOGO DE EMPRESA YESERA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		UNIDAD CONCENTRADORA
	Área: Calidad	Versión: 01	
	Código: PETS-CA-01	Página: 01	
1. Descripción			
Medir el porcentaje de masa retenida por tamizado utilizando un tamiz de 0,2 mm y verificar que dicho porcentaje sea $\leq 10\%$ de acuerdo a las especificaciones técnicas.			
2. Personal			
Jefe de calidad			
3. Equipo de protección personal			
Estándar de análisis granulométrico.			
Indumentaria adecuada, botas de seguridad, lentes de seguridad, protectores auditivos, respirador.			
4. Equipos/ herramientas/ materiales			
Muestra de yeso de construcción molido.			
Balanza electrónica.			
Tamiz de 0,2 mm.			
Recipiente.			
Formato de hoja de cálculo de ensayo granulométrico (F-HEF-01).			
5. Procedimiento			
a) Verificar que el laboratorio este limpio, ordenado e iluminado.			
b) Verificar la disposición de la balanza electrónica, el tamiz de 0,2 mm y el recipiente.			
c) Extraer muestra de yeso de construcción molido.			
d) Tarar la balanza electrónica (peso tara).			
e) Pesar 500 gramos de la muestra extraída (peso bruto) en la balanza electrónica.			
f) Tamizar la muestra de 500 gramos en el tamiz de 0,2 mm.			
g) Pesar la masa retenida en tamiz de 0,2 mm en la balanza electrónica y registrar los datos en el formato de la hoja de cálculo de ensayo granulométrico (F-HEG-01).			
h) Calcular el porcentaje de la masa retenida en tamiz 0,2 mm con la siguiente fórmula:			
$\% \text{ de la masa retenida en tamiz de } 0,2 \text{ mm} = \frac{\text{Peso de masa retenida en tamiz } 0,2 \text{ m} - \text{Peso tara}}{\text{Peso bruto} - \text{Peso tara}} \times 100$			
Registrar los datos obtenidos en el formato de la hoja de cálculo de ensayo granulométrico (F-HEG-01).			
i) Verificar el cumplimiento del porcentaje de la masa retenida de la muestra, el cual debe ser $\leq 10\%$.			
6. Restricciones			
Prohibido el ingreso de personal no autorizado al laboratorio.			
No introducir otro tipo de materiales al laboratorio.			
Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:	
Jefe de calidad	Jefe de salud y seguridad ocupacional	Gerente general	

Tabla 112. Formato de hoja de cálculo de ensayo granulométrico

HOJA DE CÁLCULO DE ENSAYO GRANULOMÉTRICO							
Producto	Yeso de construcción					Código	F-HEG-01
Tipo	Fino						
Lugar de recogida	Área de molienda						
Fecha de recogida							
Área responsable	Calidad						
N° de muestra	Peso tara g	Peso bruto g	Peso de masa retenida en tamiz de 0,2 mm g	% máximo de masa retenida en tamiz de 0,2 mm	% masa retenida en tamiz de 0,2 mm	Observación	
				≤ 10%			
Realizado por:							
	Jefe de calidad						

3.3.2. Mejora 2: Implementación de maquinaria y equipo de acarreo

Para llevar a cabo la mejora de implementación de maquinaria y equipo de acarreo, primero se debe calcular la proyección de la demanda para los próximos 5 años y así obtener la máxima capacidad de planta que debe tener la empresa yesera con el fin de abastecer a todos sus pedidos y posteriormente, se procede a evaluar diferentes opciones de maquinarias y equipos requeridos en las etapas del proceso industrial de yeso de construcción de acuerdo a los Procedimientos Estándar de Trabajo Seguro (PETS) mediante el método de factores ponderados para seleccionar la opción adecuada.

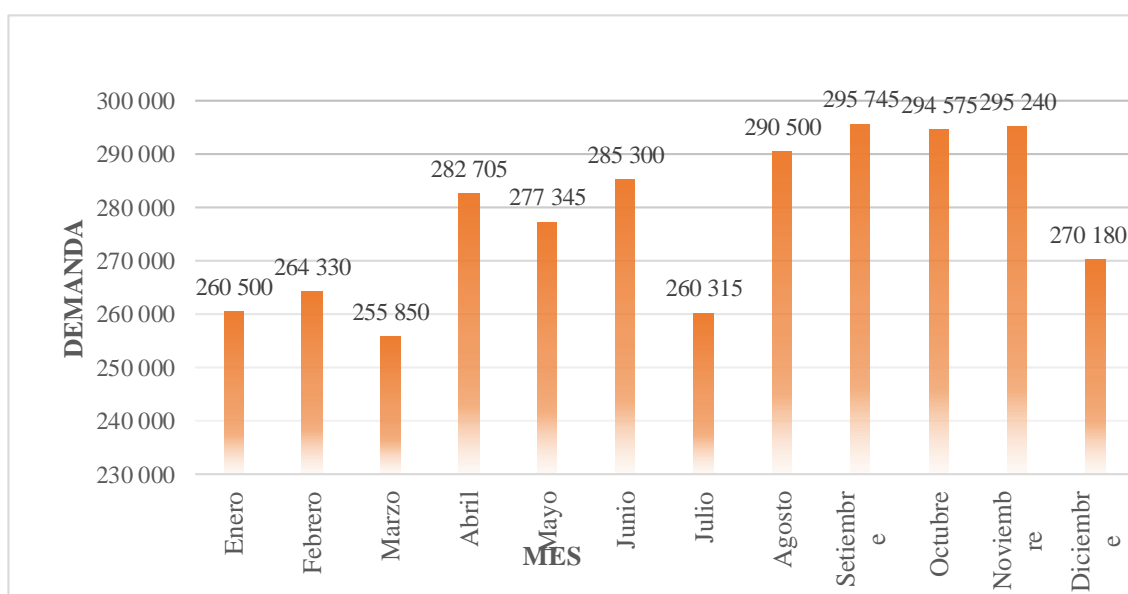
✓ Capacidad de planta

Para calcular la proyección de la demanda, se tomará como data histórica la demanda del año 2019, la cual está constituida por los pedidos atendidos y los pedidos no atendidos como se observa en la **Tabla 113**.

Tabla 113. Demanda 2019

Mes	Pedidos atendidos <i>kg/mes</i>	Pedidos no atendidos <i>kg/mes</i>	Demanda <i>kg/mes</i>
Enero	187 635	72 865	260 500
Febrero	184 870	79 460	264 330
Marzo	175 425	80 425	255 850
Abril	191 360	91 345	282 705
Mayo	181 970	95 375	277 345
Junio	177 970	107 330	285 300
Julio	163 710	96 605	260 315
Agosto	202 670	87 830	290 500
Setiembre	192 350	103 395	295 745
Octubre	202 260	92 315	294 575
Noviembre	194 440	100 800	295 240
Diciembre	193 460	76 720	270 180
TOTAL	2 248 120	1 084 465	3 332 585

Fuente: Empresa yesera

**Figura 29. Demanda 2019**

Fuente: Empresa yesera

Con la demanda 2019 se procede a calcular la proyección de la demanda de yeso de construcción para los próximos 5 años, considerando desde el año 2021. En la **Tabla 114** se muestra la proyección de la demanda.

Tabla 114. Proyección de la demanda

Año	Demanda Kg
2021	3 692 016
2022	3 801 625
2023	3 884 597
2024	3 947 407
2025	3 994 961

Fuente: Elaboración propia

Se elige la mayor demanda proyectada de los 5 años para poder determinar la capacidad de la maquinaria con el fin de abastecer a todos sus pedidos en un futuro. La mayor demanda es del año 2025 con 3 994 961 kg de yeso de construcción.

Para hallar la demanda por hora, primero se procede a calcular la demanda mensual del año 2015 la cual es de 332 913 kg de yeso de construcción por mes.

$$Demanda\ mensual = \frac{3\ 994\ 961 \frac{kg\ de\ yeso\ de\ construcción}{año}}{12 \frac{meses}{año}} = 332\ 913 \frac{kg\ de\ yeso\ de\ construcción}{mes}$$

Luego, se procede a calcular el tiempo disponible mensual de la empresa yesera, el cual es de 168 horas/mes.

$$Tiempo\ disponible = 7 \frac{horas}{día} \times 6 \frac{días}{semana} \times 4 \frac{semanas}{mes} = 168 \frac{horas}{mes}$$

Finalmente, teniendo la producción mensual y el tiempo disponible mensual, se puede calcular la mayor demanda por hora que la empresa yesera debe abastecer la cual es 1,9816 toneladas por hora.

$$Demanda\ por\ hora = \frac{332\ 913 \frac{kg\ de\ yeso\ de\ construcción}{mes}}{168 \frac{horas}{mes}} = 1\ 9816 \frac{kg}{h} = 1,9816 \frac{t}{h}$$

Para poder abastecer dicha demanda, se debe realizar un balance de materia con el cual se determinará la capacidad que debe tener cada maquinaria y equipo para poder producir lo demandado.

Balance de materia

• Pesado

Para producir 1,9816 toneladas de yeso de construcción por hora, se requiere una entrada de materia prima de 2,5696 toneladas de piedra de yeso. Sin embargo, la comunidad campesina San Pedro puede abastecer de piedra de yeso a la empresa yesera para una producción de 2 días lo cual equivale a un requerimiento de piedra de yeso de 35,9744 toneladas.

$$\text{Requerimiento de piedra de yeso} = 2,5696 \frac{\text{toneladas}}{\text{hora}} \times 7 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ días}$$

$$\text{Requerimiento de piedra de yeso} = 35,9744 \text{ toneladas}$$

Por lo tanto, en la etapa de pesado se tendrá como entrada 35,9744 toneladas.

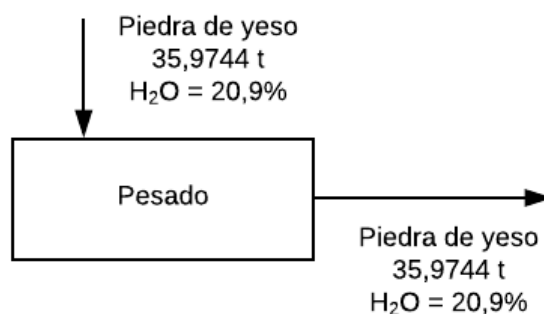


Figura 30. Balance de materia de la etapa de pesado

• Descarga

En la etapa de descarga, entran 35,9744 toneladas de piedra de yeso para ser descargadas en el almacén de materia prima y salen 2,5696 toneladas por hora.

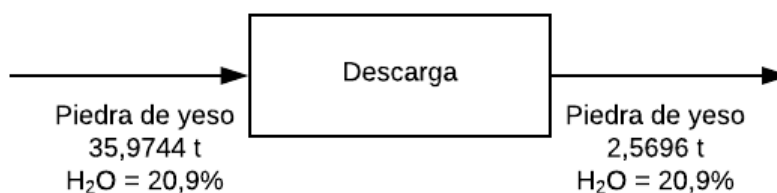


Figura 31. Balance de materia de la etapa de descarga

• Trituración

La etapa de trituración consta de 3 actividades:

- ✓ La primera actividad es el traslado de la piedra de yeso desde el almacén de materia prima hasta la trituradora de mandíbulas donde se trasladan 2,5696 toneladas del mineral.

✓ La segunda actividad es la operación de trituración donde trituran 2,5696 toneladas de piedra de yeso.

✓ La tercera actividad es el traslado de la piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm) desde la trituradora de mandíbulas hasta el silo de almacenamiento 01 donde se trasladan 2,5696 toneladas del mineral; sin embargo, se considera una merma de traslado de 0,5% perdiendo 0,0128 toneladas obteniendo una salida de 2,5567 toneladas.

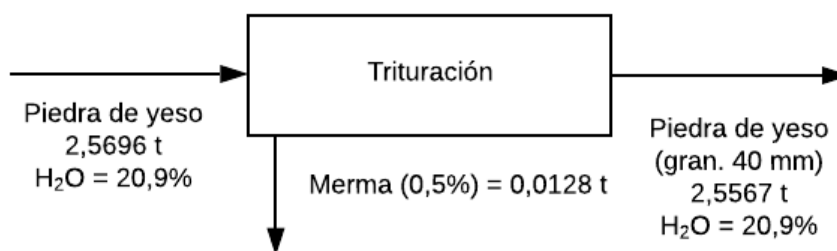


Figura 32. Balance de materia de la etapa de trituración

• Calcinación

La etapa de calcinación consta de 4 actividades:

✓ La primera actividad es el traslado de la piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm) desde el silo de almacenamiento 01 hasta el horno rotatorio donde se trasladan 2,5567 toneladas del mineral, sin embargo, se considera una merma de traslado de 0,5% perdiendo 0,0128 toneladas obteniendo una salida de 2,5439 toneladas.

✓ La segunda actividad es la operación de calcinación donde calcinan 2,5439 toneladas de piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm) produciendo una pérdida del mineral de 0,5317 toneladas debido al porcentaje de agua que contiene en su composición química equivalente al 20,9%, obteniendo como salida 2,0123 toneladas de yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm).

✓ La tercera actividad es la inspección del porcentaje de humedad donde se extrae una muestra de 0,0001 toneladas de yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm) para el análisis de humedad, teniendo una salida de 2,0122 toneladas.

✓ La cuarta actividad es el traslado del yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm) desde el horno rotatorio hasta el silo de almacenamiento 02 donde se trasladan 2,0122 toneladas del mineral; sin embargo, se considera una merma de traslado de 0,5% perdiendo 0,0101 toneladas obteniendo una salida de 2,0021 toneladas.

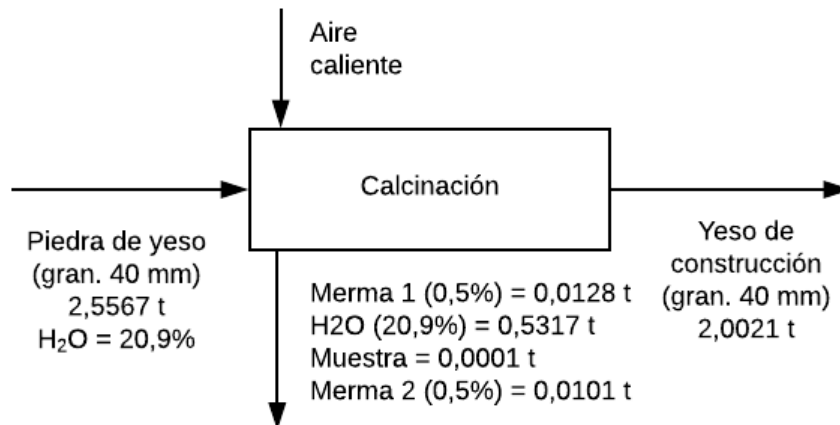


Figura 33. Balance de materia de la etapa de calcinación

• Molienda

La etapa de molienda consta de 3 actividades:

✓ La primera actividad es el traslado del yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm) desde el silo de almacenamiento 02 hasta el molino donde se trasladan 2,0021 toneladas del mineral, sin embargo, se considera una merma de traslado de 0,5% perdiendo 0,0100 toneladas obteniendo una salida de 1,9921 toneladas.

✓ La segunda actividad es la operación de molienda donde muelen 1,9921 toneladas de yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm).

✓ La tercera actividad es la inspección del porcentaje de material retenido en tamiz de 0,2 mm donde se extrae una muestra de 0,0005 toneladas de yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm) para el análisis granulométrico, teniendo una salida de 1,9916 toneladas.

✓ La cuarta actividad es el traslado del yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm) desde el molino la tolva de alimentación de la envasadora automática donde se trasladan 1,9916 toneladas del mineral; sin embargo, se considera una merma de traslado de 0,5% perdiendo 0,0100 toneladas obteniendo una salida de 1,9816 toneladas.

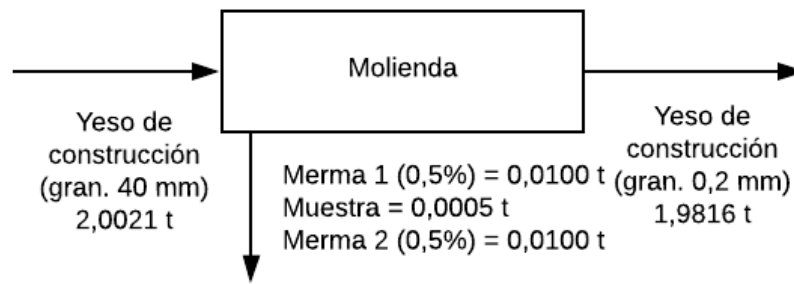


Figura 34. Balance de materia de la etapa de molienda

- **Envasado**

En la etapa de envasado entran 1,9816 toneladas de yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm) y se obtiene como salida bolsas de yeso de construcción de diferentes presentaciones, la cantidad de dichas bolsas dependerá de los pedidos que se requieran en el mes de producción.

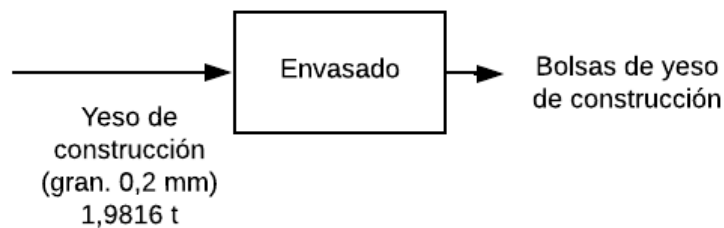


Figura 35. Balance de materia de la etapa de envasado

En la **Figura 36** se presenta el balance de materia del proceso industrial de yeso de construcción.

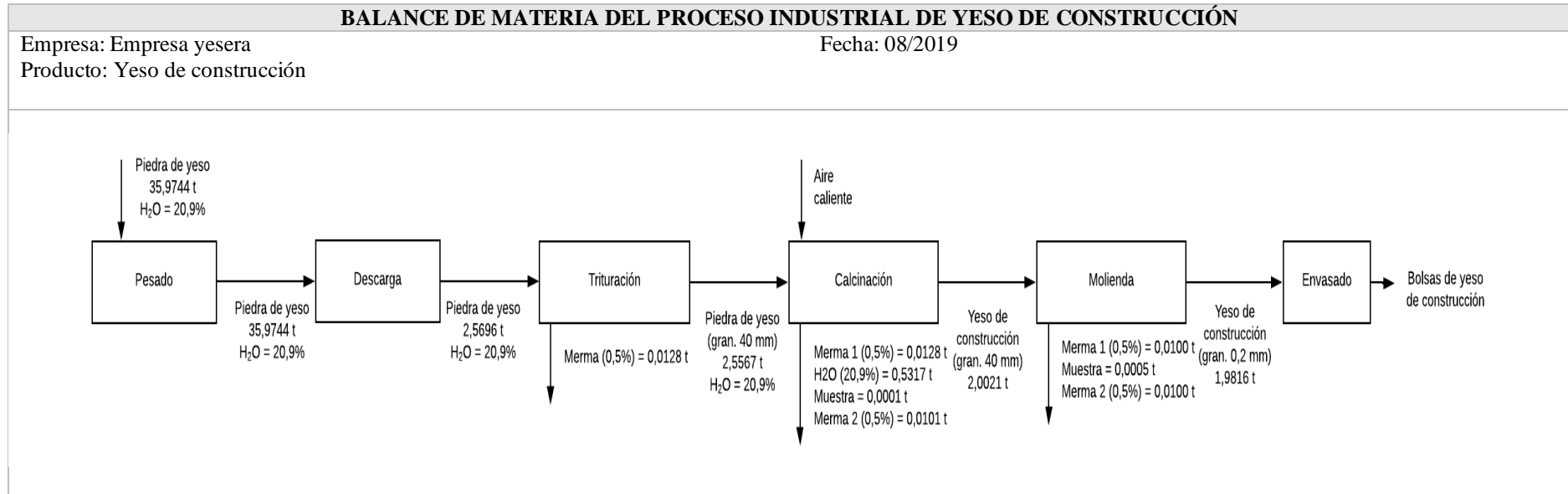


Figura 36. Balance de materia del proceso industrial de yeso de construcción

De acuerdo al balance de materia del proceso industrial de yeso de construcción presentado, se determina la capacidad de las maquinarias como se observa en la **Tabla 115**.

Tabla 115. Capacidad requerida por maquinaria

Maquinaria	Material procesado	Cantidad <i>t</i>
Balanza camionera	Piedra de yeso	35.9744
Trituradora de mandíbula	Piedra de yeso	2.5696
Horno rotatorio	Piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm)	2.5439
Molino	Yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm)	1.9921
Envasadora automatizada	Yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm)	1.9816

Así también, se determina la capacidad de los equipos como las fajas transportadoras y silos de almacenamientos de acuerdo al volumen del material a transportador y almacenar como se observa en la **Tabla 116** y **Tabla 117**.

Tabla 116. Capacidad requerida de las fajas transportadoras

Equipo	Material transportado	Masa <i>T</i>	Densidad <i>t/m³</i>	Volumen <i>m³</i>
Faja transportadora 01	Piedra de yeso	2.5696	2.3	1.1172
Faja transportadora 02	Piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm)	2.5696	1.7	1.5115
Faja transportadora 03	Piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm)	2.5567	1.7	1.5040
Faja transportadora 04	Yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm)	2.0122	1.7	1.1836
Faja transportadora 05	Yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm)	2.0021	1.7	1.1777
Faja transportadora 06	Yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm)	1.9916	0.9	2.2129

Tabla 117. Capacidad requerida de los silos de almacenamiento

Equipo	Material almacenado	Masa <i>t</i>	Densidad <i>t/m³</i>	Volumen <i>m³</i>
Silo de almacenamiento 01	Piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm)	2.5567	1.7	1.5040
Silo de almacenamiento 02	Yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm)	2.0021	1.7	1.1777

✓ Método de factores ponderados

Para evaluar y seleccionar la maquinaria y equipo correcto se utilizará el método de factores ponderados, donde se debe determinar ciertos criterios de selección que permitirán evaluar de manera parcial cada maquinaria y equipo, con el fin de seleccionar la opción

adecuada. Según el Manual de evaluación técnico-económico de Proyectos mineros de inversión [24], los criterios de selección que se deberían de tomar en cuenta son la capacidad, el precio de venta, la disponibilidad de repuestos y el servicio técnico.

Para poder evaluar la importancia de cada criterio, se debe llevar a cabo una matriz de priorización de criterios (ver .

Tabla 118) la cual permite realizar la evaluación en base a una ponderación de acuerdo a una escala de importancia (ver **Tabla 99**), de manera que facilite la toma de decisión final.

Tabla 118. Matriz de priorización de criterios

CRITERIO	Capacidad	Precio de venta	Disponibilidad de repuestos	Servicio técnico	Total	Total (%)
Capacidad	X	1	1	1	3	43%
Precio de venta	0	X	1	1	2	29%
Disponibilidad de repuestos	0	0	X	1	1	14%
Servicio técnico	0	0	1	X	1	14%
Total					7	100%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se debe evaluar los criterios establecidos con respecto a la maquinaria y equipo requerido mediante la matriz de enfrentamiento, en la cual se establecerá un puntaje a cada criterio de acuerdo a la escala de valoración (ver **Tabla 101**).

A continuación, se evaluará cada opción de maquinaria y equipo necesario, y se elegirá la mejor opción de acuerdo a los puntajes obtenidos en la matriz de enfrentamiento en cada caso.

- **Balanza camionera**

Dicho equipo se utilizará para pesar la piedra de yeso que ingresa a la etapa de pesado que, como ya se explicó en el balance de materia (ver **Figura 36**), entran 35,9744 toneladas de piedra de yeso, con el cual se determina la capacidad de la balanza camionera. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el peso del volquete, el cual es de 10 toneladas; por ello, la capacidad de la balanza camionera no debe ser menor a 45,9744 toneladas.

Tabla 119. Capacidad de la balanza camionera

Factor	Cantidad
Piedra de yeso (2 días)	35,9744 t
Peso de Volquete	10 t
Total	45,9744 t

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 120** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 120. Comparación de balanzas camioneras


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	40 t	50 t	50 t
Precio de venta	7 580 dólares	15 520 dólares	15 670 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Nacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	No incluye

Tabla 121. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	2	0,86	8	3,43	8	3,43
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	8	1,14	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Total	100%		5,43		8,00		6,29

Como se observa en la **Tabla 121**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,00 puntos. En la **Tabla 122** se presenta la ficha técnica de la balanza camionera seleccionada.

Tabla 122. Ficha técnica de la balanza camionera

Nombre	BALANZA DIGITAL PARA PESAR CAMIONES	
Marca	VEGASYSTEMS – PRECIA	
Modelo	I35-MC-9	
Procedencia	Perú	
Capacidad	50 t	
Sistema	Digital – Computarizado	
Dimensiones	Estructural modular	
	9 m x 3 m x 0,5 m	
Plataforma	Metálica – Concreto	
Instalación	Ras de piso o sobre piso	

Fuente: VEGASYSTEMS

- **Trituradora de mandíbula**

Esta maquinaria se utilizará para triturar la piedra de yeso. Se eligió la trituradora de mandíbula, ya que se utiliza para la trituración primaria la cual procesa la piedra de yeso hasta obtener una granulometría ≤ 40 mm.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 123** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 123. Comparación de trituradoras de mandíbula


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	5 t/h	3 t/h	3 t/h
Precio de venta	6 360 dólares	2 100 dólares	4 000 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	Incluye

Tabla 124. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	6	2,57	8	3,43	8	3,43
Precio de venta	29%	6	1,71	10	2,86	8	2,29
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	8	1,14
Total	100%		6,00		8,00		7,43

Como se observa en la **Tabla 124**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,00 puntos. En la **Tabla 125** se presenta la ficha técnica de la trituradora de mandíbula seleccionada.

Tabla 125. Ficha técnica de trituradora de mandíbula

Nombre	PE 200 x 300 Jaw crusher	
Marca	Hengchang Mining Machinery Manufacturing	
Procedencia	China	
Capacidad	3 t/h	
Dimensiones	0,75 m x 0,91 m x 2 m	
Garantía	1 año	
Tamaño de alimentación máx.	180 mm	
Tamaño de salida	15 mm – 50 mm	
Potencia	7,5 Kw	
Peso	1 240 kg	

Fuente: Hengchang Mining Machinery Manufacturing CO.

- **Horno rotatorio**

Esta maquinaria se utilizará para calcinar la piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm) en la etapa de calcinación. Como se observa en **Tabla 1**, el horno rotatorio es la maquinaria indicada para producir sulfato de calcio anhidro, compuesto del yeso de construcción, producto final requerido.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 126** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 126. Comparación de hornos rotatorios

CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	1,8 t/h	3 t/h	5 t/h
Precio de venta	23 900 dólares	24 001 dólares	26 050 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	No incluye	Incluye	Incluye

Tabla 127. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	2	0,86	8	3,43	6	2,57
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	4	0,57	8	1,14	8	1,14
Total	100%		4,86		7,43		6,00

Como se observa en la **Tabla 127**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 7,43 puntos. En la **Tabla 128** se presenta la ficha técnica del horno rotatorio seleccionado.

Tabla 128. Ficha técnica de horno rotatorio

Nombre	Horno rotatorio	
Empresa	ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY CO.	
Procedencia	China	
Capacidad	3 t/h	
Diámetro de cilindro	1,5 m	
Longitud de cilindro	10 m	
Garantía	1 año	
Potencia	7,5 kW	
Velocidad	1,5 rpm/min	

Fuente: ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY

- **Molino de pitones**

Tal maquinaria se utilizará para realizar la molienda del yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm). Debido al producto final que se desea obtener, se consideró evaluar molinos de pitones debido a que muelen el yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm) hasta obtener la granulometría requerida de 0,2 mm.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 129** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 129. Comparación de molino de pitones


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	3 t/h	3 t/h	5 t/h
Precio de venta	3 300 euros	3 500 euros	6 000 euros
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	No incluye	Incluye

Tabla 130. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	8	3,43	6	2,57
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	4	1,14
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	4	0,57	8	1,14
<i>Total</i>	<i>100%</i>		<i>8,00</i>		<i>6,86</i>		<i>5,43</i>

Como se observa en la **Tabla 130**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 1 con 8,00 puntos. En la **Tabla 131** se presenta la ficha técnica del molino de pitones seleccionado.

Tabla 131. Ficha técnica de molino de pitones

Nombre	Molino de pitones	
Marca	ROYAL TRIUMPH 39	
Procedencia	España	
Capacidad	3 t/h	
Dimensiones	0,83 m x 0,9 m x 1,5 m	
Tamaño de entrada	235 mm x 235 mm	
Tamaño máximo de alimentación	< 50 mm	
Tamaño de la partícula	< 3 mm	
Otros	Potencia: 4,1 kW	
	Material: Acero al carbono	

Fuente: FIMMA S.R.L.

- **Banda transportadora 1**

Este equipo de acarreo permitirá transportar el material obtenido de una etapa hacia otra.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 132** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 132. Comparación de bandas transportadoras 1

CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	2 m ³ /h	2 m ³ /h	4 m ³ /h
Precio de venta	2 300 dólares	1 539 dólares	2 500 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	No incluye	Incluye	Incluye

Tabla 133. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	8	3,43	6	2,57
Precio de venta	29%	8	2,29	10	2,86	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	4	0,57	8	1,14	8	1,14
Total	100%		6,86		8,00		6,00

Como se observa en la **Tabla 133**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,00 puntos. En la **Tabla 134** se presenta la ficha técnica de la faja transportadora seleccionada.

Tabla 134. Ficha técnica de la faja transportadora 1

Nombre	Transportador
Empresa	ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY CO.
Procedencia	China
Capacidad	2 m ³ /h
Dimensiones	0,5 m x 5 m x 0,014 m
Garantía	3 años
Potencia	3 Kw
Otros	Angulo máximo: 17°
	Velocidad: 1,25 m/s

Fuente: ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY

- **Banda transportadora 2**

Este equipo de acarreo permitirá transportar el yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm) desde el horno rotatorio hasta el silo de almacenamiento 02, el cual debe tener la característica de soportar la temperatura de salida del mineral.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 135** se describen las características de cada equipo de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 135. Comparación de banda transportadoras 2

CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	2 m ³ /h	3 m ³ /h	1,5 m ³ /h
Precio de venta	2 308 dólares	1 500 dólares	1 870 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	No incluye

Tabla 136. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	6	2,57	2	0,86
Precio de venta	29%	6	1,71	8	2,29	10	2,86
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Total	100%		6,86		6,57		4,86

Como se observa en la **Tabla 136**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 1 con 6,86 puntos. En la **Tabla 137** se presenta la ficha técnica de la faja transportadora seleccionada.

Tabla 137. Ficha técnica de la faja transportadora 2

Nombre	Transportador
Empresa	ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY CO.
Procedencia	China
Capacidad	2 m ³ /h
Dimensiones	0,5 m x 5 m x 0,014 m
Garantía	3 años
Potencia	4 kW
Otros	Angulo máximo: 17°
	Velocidad: 1,25 m/s

Fuente: ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY

- **Banda transportadora 3**

Esta maquinaria se utilizará para transportar el yeso de construcción (granulometría $\leq 0,2$ mm) obtenido de la etapa de molienda.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 138** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo con los criterios requeridos.

Tabla 138. Comparación de bandas transportadoras 3


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	4 m ³ /h	4 m ³ /h	6 m ³ /h
Precio de venta	3 700 dólares	4 100 dólares	4 200 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	No incluye

Tabla 139. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	8	3,43	6	2,57
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Total	100%		8,00		7,43		5,43

Como se observa en la **Tabla 139**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 1 con 8,00 puntos. En la **Tabla 140** se presenta la ficha técnica de la faja transportadora seleccionada.

Tabla 140. Ficha técnica de la faja transportadora 3

Nombre	Cinta transportadora	
Marca	Green Eco-Equipment	
Procedencia	China	
Capacidad	4 m ³ /h	
Dimensiones	0,5 m x 4 m x 0,01 m	
Garantía	2 años	
Material	Acero inoxidable	
Potencia	7 kW	
Peso	18 kg	

Fuente: Green Eco-Equipment

- **Silos de almacenamiento**

Estos depósitos serán utilizados para almacenar la piedra de yeso (granulometría ≤ 40 mm) y el yeso de construcción (granulometría ≤ 40 mm).

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 141** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 141. Comparación de silos de almacenamiento

CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	12 m ³	10 m ³	10 m ³
Precio de venta	2 500 dólares	2 308 dólares	2 445 dólares
Disponibilidad de repuestos	Nacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	Incluye

Tabla 142. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	6	2,57	8	3,43	8	3,43
Precio de venta	29%	6	1,71	10	2,86	8	2,29
Disponibilidad de repuestos	14%	8	1,14	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	8	1,14
Total	100%		6,57		8,00		7,43

Como se observa en la

Tabla 142, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,00 puntos. En la **Tabla 143** se presenta la ficha técnica del silo de almacenamiento seleccionado.

Tabla 143. Ficha técnica de silo de almacenamiento

Nombre	Silo de almacenamiento
Marca	ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY CO.
Procedencia	China
Capacidad	10 m ³
Material	Soldadura de placa de acero Q235.
Garantía	2 años
Material	Acero
Dimensiones	2,2 m x 2 m x 3,2 m
Peso	1 500 kg

Fuente: ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY

- **Envasadora automatizada**

Dicha maquinaria ayudará a embolsar la escayola de construcción automáticamente, de acuerdo a los pedidos de los clientes, dichas bolsas de plástico varían en un rango de 5 – 20 kg.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 144** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 144. Comparación de las envasadoras automatizadas


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad de embolsado	5 kg-25 kg	5 kg-25 kg	5 kg-30 kg
Precio de venta	25 199 dólares	26 030 dólares	29 050 dólares
Disponibilidad de repuestos	Nacional	Nacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	No incluye

Tabla 145. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	8	3,43	8	3,43
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Total	100%		8,57		8,00		6,29

Como se observa en la **Tabla 145**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 1 con 8,57 puntos. En la **Tabla 146** se presenta la ficha técnica de la envasadora automatizada seleccionada.

Tabla 146. Ficha técnica de la envasadora automatizada

Nombre	Máquina de envasado multifunción	
Marca	KEMIQUE	
Procedencia	China	
Capacidad de embolsado	5 kg - 25 kg	
Dimensiones	1,89 m x 3,77 m x 3,37 m	
Garantía	1 año	
Material de embalaje	Plástico, papel	
Función	Llenado y cosido	
Otros	Peso: 1 350 kg	
	Potencia: 4 kW	
	Precisiones: $\pm 0,2\%$	

Fuente: KEMIQUE

- **Carretilla elevadora**

Este equipo permitirá movilizar las bolsas de yeso de construcción obtenidas en la etapa de envasado.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 147** se describen las características de cada equipo de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 147. Comparación de carretilla elevadora


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	2 500 kg	2 000 kg	2 300 kg
Precio de venta	180 dólares	139 dólares	148 dólares
Disponibilidad de repuestos	Nacional	Nacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	Incluye

Tabla 148. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	4	1,71	8	3,43	6	2,57
Precio de venta	29%	6	1,71	10	2,86	8	2,29
Disponibilidad de repuestos	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	8	1,14
Total	100%		5,71		8,57		6,57

Como se observa en la **Tabla 148**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,57 puntos. En la **Tabla 149** se presenta la ficha técnica de la carretilla elevadora seleccionada.

Tabla 149. Ficha técnica de carretilla elevadora

Nombre	Carretilla elevadora hidráulica	
Marca	Xilin	
Procedencia	China	
Capacidad	2 000 kg	
Altura de elevación	200 mm	
Garantía	1 año	
Neumático	Nylon/rueda de la PU	
Dimensiones	1,603 m x 1 m x 1,5 m	
Longitud de la bifurcación	1 220 mm	
Anchura de la bifurcación	685 mm	
Otros	Modo de control: manual	
	Peso: 85 kg	

Fuente: Xilin

- **Pallet**

Esta herramienta permitirá el movimiento de carga de las bolsas de yeso construcción facilitando el levantamiento y manejo con carretillas elevadoras; estos pallets pueden ser de material de madera, plástico u otro. En este caso, se utilizarán pallets de plástico.

Para evaluar las opciones, en la **Tabla 150** se describen las características de cada herramienta de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 150. Comparación de pallets


CRITERIO		Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	Estática	5 t	4 t	4 t
	Dinámica	2 t	2 t	2 t
Precio de venta		6,5 dólares	5 dólares	5,5 dólares
Disponibilidad de repuestos		0	0	0
Servicio técnico		0	0	0

Tabla 151. Matriz de enfrentamiento

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3		
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	
Capacidad	Estática	15%	6	0,90	8	1,20	8	1,20
	Dinámica	27%	8	2,16	8	2,16	8	2,16
Precio de venta		29%	6	1,74	10	2,90	8	2,32
Disponibilidad de repuestos		14%	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Servicio técnico		14%	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total		100%		4,80		6,26		5,68

Como se observa en la **Tabla 151**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 6,26 puntos. En la **Tabla 152**, se presenta la ficha técnica del pallet seleccionado.

Tabla 152. Ficha técnica del pallet

Nombre		Pallet de plástico duradero HDPE PP estándar europeo	
Modelo		Oreja-1208	
Marca		Earee	
Procedencia		China	
Capacidad	Estática	4 t	
	Dinámica	2 t	
Dimensiones		1 m x 1,2 m x 1,5 m	
Material		HDPE PP	
Tipo		Euro palé	
Otros		Color: Azul	
		Peso: 13,5 kg	

Fuente: Earee

Así también, de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones [25], la empresa yesera debe implementar sistemas depuradores debido a que en su proceso productivo cuenta con actividades que emiten ciertos gases y material particulado. A continuación, se detallará el equipo y maquinaria que permitirán reducir los niveles de emisiones en las actividades correspondientes.

- **Filtro de mangas y captador de gases de combustión**

Para la selección del equipo que minimizará las partículas las partículas emitidas por el horno rotatorio se optó por implementar un filtro de mangas, tomando como referencia el artículo realizado por E. S. Castillo y S. Seijas [22], donde usaron un filtro de mangas para la minimización del material particulado en un proceso de clinkerización, obteniendo una eficiencia de 98%. Para ello, primero se utilizó un equipo de captación de material particulado “Equipo HIGH VOL PM 10”, el cual fue colocado cerca del horno de Clinker para captar el material particulado a la salida de los gases de combustión por la chimenea.

En la empresa yesera, el filtro de mangas se posicionará en la chimenea del horno rotatorio donde se emiten los gases de combustión, todo ello con la finalidad de retener el material particulado por medio de mallas, y así minimizar el impacto ambiental y los peligros contra la salud de las personas que trabajan en la empresa y los aledaños a la localidad.

Primero se evaluarán las opciones del equipo de captación de gases de combustión, en la **Tabla 153** se describen las características de cada equipo de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 153. Comparación de los equipos de captación de gases de combustión


CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	1.13 m ³ /min	1.13 m ³ /min	1.13 m ³ /min
Precio de venta	8 000 dólares	8 500 dólares	10 000 dólares
Disponibilidad de repuestos	Nacional	Nacional	Nacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	Incluye

Tabla 154. Matriz de confrontación

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	8	3,43	8	3,43	8	3,43
Precio de venta	29%	10	2,86	8	2,29	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	8	1,14	8	1,14	8	1,14
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	8	1,14
Total	100%		8,57		8,00		7,43

Como se observa en la **Tabla 154**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 1 con 8,57 puntos. En la **Tabla 155**, se presenta la ficha técnica del equipo de captación de gases de combustión seleccionado.

Tabla 155. Ficha técnica del captador de gases de combustión

Nombre	Muestreador de partículas HI-VOL TISCH	
Marca	GREENGROUP	
Procedencia	Perú	
Filtro	Filtro de vidrio 8" x 10" para PM10	
Indicador de caudal	Registro en continuo de caudal/presión	
Garantía	1 año	
Temperatura ambiente	-30°C - +50°C	
Dimensiones	54 cm x 59 cm x 117 cm	
Peso	50 kg	

Fuente: GREEN GROUP

Posteriormente, se evaluarán las opciones del filtro de mangas, en la **Tabla 156** se describen las características de cada maquinaria de acuerdo a los criterios requeridos.

Tabla 156. Comparación de los filtros de manga

CRITERIO	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Capacidad	1 m/s	0,8 m/s	2 m/s
Precio de venta	12 035 dólares	10 769 dólares	13 000 dólares
Disponibilidad de repuestos	Internacional	Internacional	Internacional
Servicio técnico	Incluye	Incluye	No incluye

Tabla 157. Matriz de confrontación

CRITERIO	Porcentaje	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Valor	Puntaje	Valor	Puntaje	Valor	Puntaje
Capacidad	43%	6	2,57	8	3,43	4	1,71
Precio de venta	29%	8	2,29	10	2,86	6	1,71
Disponibilidad de repuestos	14%	4	0,57	4	0,57	4	0,57
Servicio técnico	14%	8	1,14	8	1,14	4	0,57
Total	100%		6,57		8,00		4,57

Como se observa en la **Tabla 157**, se realizó el enfrentamiento entre los criterios requeridos y las opciones ofertadas, obteniendo mayor puntaje la opción 2 con 8,00 puntos. En la **Tabla 158**, se presenta la ficha técnica del filtro de mangas seleccionado.

Tabla 158. Ficha técnica del filtro de mangas

Nombre	Filtro de bolsas
Empresa	ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY CO.
Procedencia	China
Capacidad	0,8 m/s
Garantía	1 año
Volumen de aire de manipulación	6 690 m ³ /h
Dimensiones	1 m x 4 m x 2,8 m
Material	Acero Q235
Otros	Peso: 3 900 kg
	Número de bolsas: 96 bolsas
	Área de filtro: 936 m ²

Fuente: ZHENGZHOU YUFENG HEAVY MACHINERY

Requerimiento de mano de obra

La mano de obra es uno de los recursos más importantes dentro de una organización, ya que de ellos depende su buen funcionamiento con el fin de obtener un determinado producto

final, que cumpla con los requerimientos establecidos. Es por ello que los operarios deben estar capacitados de acuerdo a las funciones que desarrollen durante el proceso productivo y el control de calidad del producto; así también, el personal administrativo y de vigilancia. En la **Tabla 159** se muestra el requerimiento de mano de obra de la empresa yesera tanto del personal administrativo como de producción, obteniendo un total de 17 personas.

Tabla 159. Requerimiento de mano de obra

Área de trabajo	Cantidad de personal
Pesado y descarga	1
Trituración	2
Calcinación	1
Molienda	1
Envasado	2
Almacén de producto terminado	1
Personal administrativo	8
Vigilante	1
<i>Total</i>	<i>17</i>

3.3.3. Mejora 3: redistribución de planta

Para realizar la distribución de planta primero se debe determinar el área de cada departamento con los que contará la empresa yesera a través del método Guerchet; una vez determinada el área, se procede a determinar la ubicación de cada una con la aplicación de la metodología SLP. Las áreas de la empresa yesera serán las siguientes:

- Caseta de vigilancia
- Oficinas de producción, mantenimiento y laboratorio.
- Oficinas administrativas
- Patio de maniobras
- Almacén de producto terminado
- Pesado
- Almacén de materia prima
- Producción
- Servicios higiénicos y vestidores mujeres
- Servicios higiénicos y vestidores hombres
- Comedor

✓ **Método Guerchet**

Con el método Guerchet se calcularán las áreas de cada departamento, donde se identificarán cuáles son los elementos estáticos y fijos en cada caso.

a) Área del patio de maniobras

Este espacio está designado para la entrega de materia prima e insumos, la dimensión necesaria para esta área se determinará de acuerdo con las medidas del Volquete las cuales son 5,2 m de largo y 2,3 m de ancho obteniendo un área de 11,96 m², considerando también que el camión tiene un radio de giro de 3 veces sus dimensiones, quedando finalmente un área de total de 35,88 m².

b) Área de pesado

Esta área estará constituida por el espacio que ocupa la balanza camionera considerado como elemento estático y el operario responsable del control del pesado de la piedra de yeso a recepcionar considerado como elemento móvil. Como se puede ver en la **Tabla 160**, el área de pesado tiene 86,62 m².

Tabla 160. Área de pesado

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>M</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Balanza camionera	1	6	3	1,4	2	0,59	18	36	31,82	85,82
Operario	1			1,65	0	0,59	0,5	0	0,29	0,79
Total										86,62

c) Área de almacén de materia prima

Para determinar el área del almacén de la piedra de yeso, se necesita saber la densidad y la masa del material para obtener el volumen respectivo como se puede observar en la **Tabla 161**, obteniendo un volumen de la piedra de yeso de 15.64 m³.

Tabla 161. Volumen de piedra de yeso

Masa de piedra de yeso <i>T</i>	Densidad de piedra de yeso <i>t/m³</i>	Volumen de piedra de yeso <i>m³</i>
35,9744	2,3	15,64

Para determinar el área final se debe saber la altura de apelación del material, la cual no debe ser mayor a 3 metros de acuerdo a la Ley de Salud y Seguridad en Minería. En la **Tabla 162**, se puede observar el área requerida del depósito la cual es de 31 m²

Tabla 162. Área del almacén de materia prima

Volumen de piedra de yeso <i>m</i> ³	Altura de la pila <i>M</i>	Área del almacén de piedra de yeso <i>m</i> ²
15,64	0,50	31

d) Área de producción

En el área de producción, se debe tomar en cuenta las maquinarias y equipos seleccionados para llevar a cabo el proceso industrial de yeso de construcción, considerando como elementos estáticos a las bandas transportadoras, la trituradora de mandíbula, los silos de almacenamiento, el horno rotatorio, filtro de mangas, el molino y la envasadora automatizada; por otro lado, como elemento móvil a la carretilla elevadora. En la **Tabla 163**, se puede observar que el área de producción es de 233,15 m².

Tabla 163. Área de producción

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		m	m	m			m ²	m ²	m ²	m ²
Faja transportadora 1	5	5	0,5	0,014	2	0,41	2,50	5,00	3,06	52,80
Faja transportadora 2	1	5	0,5	0,014	2	0,41	2,50	5,00	3,06	10,56
Trituradora de mandíbula	1	0,91	0,75	2	3	0,41	0,68	2,05	1,11	3,84
Silo de almacenamiento	2	2	2,2	3,2	1	0,41	4,40	4,40	3,59	24,78
Horno rotatorio y filtro de mangas	1	10	1,5	4,6	3	0,41	15,00	45,00	24,48	84,48
Molino	1	0,9	0,83	1,5	3	0,41	0,75	2,24	1,22	4,21
Envasadora automatizada	1	3,76	1,88	3,37	3	0,41	7,07	21,21	11,53	39,81
Faja transportadora 3	1	4	0,5	0,01	2	0,41	2,00	4,00	2,45	8,45
Carretilla elevadora	1	1	1,5	1,5	1	0,41	1,50	1,50	1,22	4,22
Total										233,15

e) Área de oficinas de producción

Dentro de las oficinas de producción consideradas, se encuentra la oficina de producción, el laboratorio y la oficina de mantenimiento; donde, como elemento estático tenemos al escritorio, la silla, el bote de basura, el archivero, estante de laboratorio, mesa de laboratorio

y estante de EPP's; mientras que, como elemento móvil solo se consideró a los trabajadores. Como se observa en **Tabla 164**, el área de las oficinas de producción es de 29,31 m².

Tabla 164. Área de las oficinas de producción

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Oficina de producción										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	1,20	0,58	0,58	1,40	2,56
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	1,20	0,37	0,37	0,88	1,62
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	1,20	0,17	0,17	0,40	0,73
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Operario	1			1,65	0	1,20	0,5	0	0,60	1,10
Total										6,01
Laboratorio										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	0,91	0,58	0,58	1,06	2,22
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	0,91	0,37	0,37	0,67	1,41
Mesa de laboratorio	1	1	1,8	0,9	2	0,91	1,80	3,60	4,90	10,30
Estante de laboratorio	1	0,45	0,9	1,8	1	0,91	0,41	0,41	0,73	1,54
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	0,91	0,17	0,17	0,30	0,63
Operario	1			1,65	0	0,91	0,5	0	0,45	0,95
Total										17,06
Oficina de mantenimiento										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	0,91	0,58	0,58	1,06	2,22
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	0,91	0,37	0,37	0,67	1,41
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	0,91	0,17	0,17	0,30	0,63
Estante para EPP's	1	0,3	0,9	1,8	1	0,91	0,27	0,27	0,49	1,03
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00
Operario	1			1,65	0	0,91	0,5	0	0,45	0,95
Total										6,24
TOTAL										29,31

f) Área de oficinas administrativas

Con respecto a las oficinas administrativas, se tomó en cuenta como elemento estático es el escritorio, silla, bote de basura y estante; mientras que, como elemento móvil solo se consideró a los trabajadores. Como se observa en **Tabla 165**, el área de las oficinas administrativas es de 37,10 m².

Tabla 165. Área de las oficinas administrativas

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		M	m	m			m ²	m ²	m ²	m ²
Gerencia										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	1,17	0,58	0,58	1,37	2,53
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	1,17	0,37	0,37	0,87	1,60
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	1,17	0,17	0,17	0,39	0,72
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	1,17	0,00	0,00	0,00	0,00
Sillón	1	0,91	1,8	0,76	1	1,17	1,64	1,64	3,84	7,12
Trabajador	1			1,65	0	1,17	0,50	0,00	0,59	1,09
Total										13,06
Área de ventas y finanzas										
Escritorio	2	0,53	1,1	0,76	1	1,20	0,58	0,58	1,40	5,12
Silla	2	0,615	0,6	1,06	1	1,20	0,37	0,37	0,88	3,24
Archivero	2	0,457	0,362	0,902	1	1,20	0,17	0,17	0,40	1,45
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Trabajador	2			1,65	0	1,20	0,50	0,00	0,60	2,20
Total										12,02
Área de R.R.H.H.										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	1,20	0,58	0,58	1,40	2,56
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	1,20	0,37	0,37	0,88	1,62
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	1,20	0,17	0,17	0,40	0,73
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Trabajador	1			1,65	0	1,20	0,50	0,00	0,60	1,10
Total										6,01
Área de logística										
Escritorio	1	0,53	1,1	0,76	1	1,20	0,58	0,58	1,40	2,56
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	1,20	0,37	0,37	0,88	1,62
Archivero	1	0,457	0,362	0,902	1	1,20	0,17	0,17	0,40	0,73
Bote de basura	1	0,019	0,026	0,0356	1	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
Trabajador	1			1,65	0	1,20	0,50	0,00	0,60	1,10
Total										6,01
TOTAL										37,10

g) Área de servicios higiénicos (hombres)

De acuerdo al Reglamento de edificaciones, cada industria debe contar con 1 lavatorio, 1 inodoro y 1 urinario por cada 15 personas laborando. Por ello, el área de servicios higiénicos para hombres tiene un área de 5,08 m², considerando los elementos necesarios como se observa en la **Tabla 166**.

Tabla 166. Área de servicios higiénicos (hombres)

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Lavatorio	1	0,16	0,14	0,71	1	1,77	0,02	0,02	0,08	0,12
Urinario	1	0,31	0,315	0,48	1	1,77	0,10	0,10	0,35	0,54
Inodoro	1	0,7	0,42	0,635	1	1,77	0,29	0,29	1,04	1,63
Bote de basura	2	0,019	0,026	0,0356	1	1,77	0,00	0,00	0,00	0,01
Trabajador	2			1,65	0	1,77	0,50	0,00	0,89	2,77
Total										5,08

h) Área de servicios higiénicos (mujeres)

De acuerdo al Reglamento de edificaciones, cada industria debe contar con 1 lavatorio y 1 inodoro por cada 15 personas laborando, no se considera urinario debido a que está dirigido para el personal femenino. Por ello, el área de servicios higiénicos para mujeres tiene un área de 4,57 m², considerando los elementos necesarios como se observa en la **Tabla 167**.

Tabla 167. Área de servicios higiénicos (mujeres)

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Lavatorio	1	0,16	0,14	0,71	1	1,79	0,02	0,02	0,08	0,13
Inodoro	1	0,7	0,42	0,635	1	1,79	0,29	0,29	1,05	1,64
Bote de basura	2	0,019	0,026	0,0356	1	1,79	0,00	0,00	0,00	0,01
Trabajador	2			1,65	0	1,79	0,50	0,00	0,90	2,79
Total										4,57

i) Área de vestidores (hombres)

Como se observa en la **Tabla 168**, el área de vestidores para hombres es de 10,82 m².

Tabla 168. Área de vestuarios (hombres)

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Ducha	1	1	0,7	1,8	1	0,44	0,70	0,70	0,62	2,02
Vestuario	2	1	0,6	2	1	0,44	0,60	0,60	0,53	3,46
Casillero	1	0,39	0,9	1,8	1	0,44	0,35	0,35	0,31	1,01
Trabajador	6			1,65	0	0,44	0,50	0,00	0,22	4,33
Total										10,82

j) Área de vestidores (mujeres)

Como se observa en la **Tabla 169**, el área de vestidores para mujeres es de 10,82 m².

Tabla 169. Área de vestuarios (mujeres)

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Ducha	1	1	0,7	1,8	1	0,44	0,70	0,70	0,62	2,02
Vestuario	2	1	0,6	2	1	0,44	0,60	0,60	0,53	3,46
Casillero	1	0,39	0,9	1,8	1	0,44	0,35	0,35	0,31	1,01
Trabajador	6			1,65	0	0,44	0,50	0,00	0,22	4,33
Total										10,82

k) Área de caseta de vigilancia

Como se observa en la **Tabla 170**, el área de la caseta de vigilancia es de 6,82 m².

Tabla 170. Área de la caseta de recepción

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Mesa	1	0,5	0,5	0,73	1	1,10	0,25	0,25	0,55	1,05
Silla	1	0,615	0,6	1,06	1	1,10	0,37	0,37	0,82	1,55
Sillas de espera	1	0,5	1,5	0,45	1	1,10	0,75	0,75	1,66	3,16
Trabajador	1			1,65	0	1,10	0,50	0,00	0,55	1,05
Total										6,82

l) Área del comedor

Como se observa en la **Tabla 171**, el área del comedor es de 66,20 m².

Tabla 171. Área del comedor

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>m</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Mesa	4	0,755	0,755	0,78	4	1,40	0,57	2,28	3,98	27,31
Silla	16	0,57	0,52	0,85	1	1,40	0,30	0,30	0,83	22,72
Microondas	1	0,344	0,489	0,275	1	1,40	0,17	0,17	0,47	0,81
Frigobar	1	0,44	0,47	0,46	1	1,40	0,21	0,21	0,58	0,99
Trabajador	12			1,65	0	1,40	0,50	0,00	0,70	14,37
Total										66,20

m) Área de almacén de producto terminado

En el almacén de producto terminado, se necesitarán elementos móviles como los pallets, carretilla elevadora y operarios. En la **Tabla 172**, se puede observar que el área del almacén de producto terminado es de 130,83 m².

Tabla 172. Área del almacén de producto terminado

Elemento	Cantidad	Largo	Ancho	Alto	N	K	Ss	Sg	Se	St
		<i>M</i>	<i>m</i>	<i>M</i>			<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²	<i>m</i> ²
Pallet	23	1,2	1	1,5	2	0,53	1,20	2,40	1,89	126,27
Carretilla elevadora	1	1,22	1	1,5	1	0,55	1,22	1,22	1,34	3,78
Trabajador	1			1,65	0	0,55	0,50	0,00	0,28	0,78
Total										130,83

Por otro lado, hay medidas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones con respecto a los estacionamientos, retiros y ochavos. A continuación, se mostrará en la **Tabla 173**, el área requerida para los ambientes establecidos. Se obtuvo un área total de 281 m².

Tabla 173. Otras áreas

Ambiente	Largo	Ancho	Área
	<i>M</i>	<i>M</i>	<i>m</i> ²
Estacionamiento	5	2,5	12,5
Ochavo	3	3	9
Retiro frontal	86,5	3	259,5
Total			281

A continuación, se mostrará en la **Tabla 174** el área que deberá tener la empresa yesera de acuerdo a las áreas de los departamentos que la conformen, donde se obtuvo un total de 927,32 m².

Tabla 174. Área total de la empresa yesera

Departamento	Área m ²
Almacén de materia prima	31,28
Pesado	86,62
Producción	233,15
Oficinas de producción, seguridad y laboratorio	29,31
Oficinas administrativas	37,10
Servicios higiénicos (hombres)	5,08
Servicios higiénicos (mujeres)	4,57
Vestidores (hombres)	10,82
Vestidores (mujeres)	4,57
Comedor	66,20
Almacén de producto terminado	130,83
Caseta de vigilancia	6,82
Otros	281,00
Total	927,32

✓ Metodología SLP

Esta metodología permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la distribución de la planta y la relación que hay entre ellos, encontrar la mejor ordenación de espacios necesarios para el movimiento de material, almacenamiento, equipos o líneas de producción, equipos industriales, administración, servicios para el personal, entre otros; con el fin de conseguir la máxima economía para la empresa; así también, la mayor seguridad y satisfacción de los trabajadores.

El método consiste en realizar una tabla relacional junto a un diagrama relacional de hilos, los cuales evalúan la cercanía o lejanía entre las áreas de trabajo. Para ello, se ha determinado una escala de valores de acuerdo al nivel de proximidad como se observa en la **Tabla 175**, estos valores permiten definir la profundidad de las interrelaciones entre las actividades de la producción, de servicios, mantenimiento u otros auxiliares.

Tabla 175. Valores de proximidad

Valor	Proximidad
A	Absolutamente
E	Especialmente
I	Importante
U	Indiferente
X	Indeseable

Fuente: Tompkins 2011

A continuación, se describen las observaciones consideradas para cada valor de proximidad:

- **Valor “A”:** Aquellas actividades que por necesidad deben estar ubicadas de manera consecutiva.
- **Valor “E”:** Aquellas actividades que no trabajan de manera consecutiva, pero que se encuentran en la misma secuencia del proceso productivo, con una separación de continuidad de una actividad entre las dos.
- **Valor “I”:** Aquellas actividades que no están necesariamente en secuencia, pero si guardan relación con la secuencia del proceso productivo.
- **Valor “U”:** Aquellas actividades que no guardan relación con la secuencia del proceso productivo, no es imprescindible su cercanía.
- **Valor “X”:** Aquellas actividades que no deben estar ubicadas cercanas a la línea productiva debido que puedan ocasionar algún peligro para la producción a causa de acopiamiento de materiales peligrosos, preparación de mezclas químicas, etc.

Para llevar cabo la evaluación de cada relación se debe tener en cuenta 6 motivos los cuales se detallan en la **Tabla 176**.

Tabla 176. Código de proximidad





Código	Motivo
1	Secuencia de flujo de trabajo
2	Abastecimiento de materiales
3	No se desea la contaminación
4	Inspección
5	Evitar pérdida de tiempo
6	No es necesario

Fuente: Tompkins 2011

Teniendo en cuenta la información descrita, se procede a realizar la tabla relacional de actividades de la empresa yesera como se observa en la **Figura 37**, en la cual se identifica el valor de proximidad (letras) y el código de proximidad (números) de acuerdo a la cercanía que se requiere para obtener la mejor distribución de la empresa yesera.

A partir de lo evaluado en la tabla relacional de actividades, se procede a elaborar el diagrama relacional de hilos el cual permite tener una idea más clara de la distribución de la empresa yesera; para ello, se tendrá en cuenta la representación de cada valor de proximidad como se observa en la **Tabla 177**, la cual se basa en líneas de diferentes cantidades y colores según corresponda.

Tabla 177. Representación de valores de proximidad

Valor	Representación de línea
A	
E	
I	
U	
X	

Fuente: Tompkins 2011

En la **Figura 38** se observa el diagrama relacional de hilos de la empresa yesera.

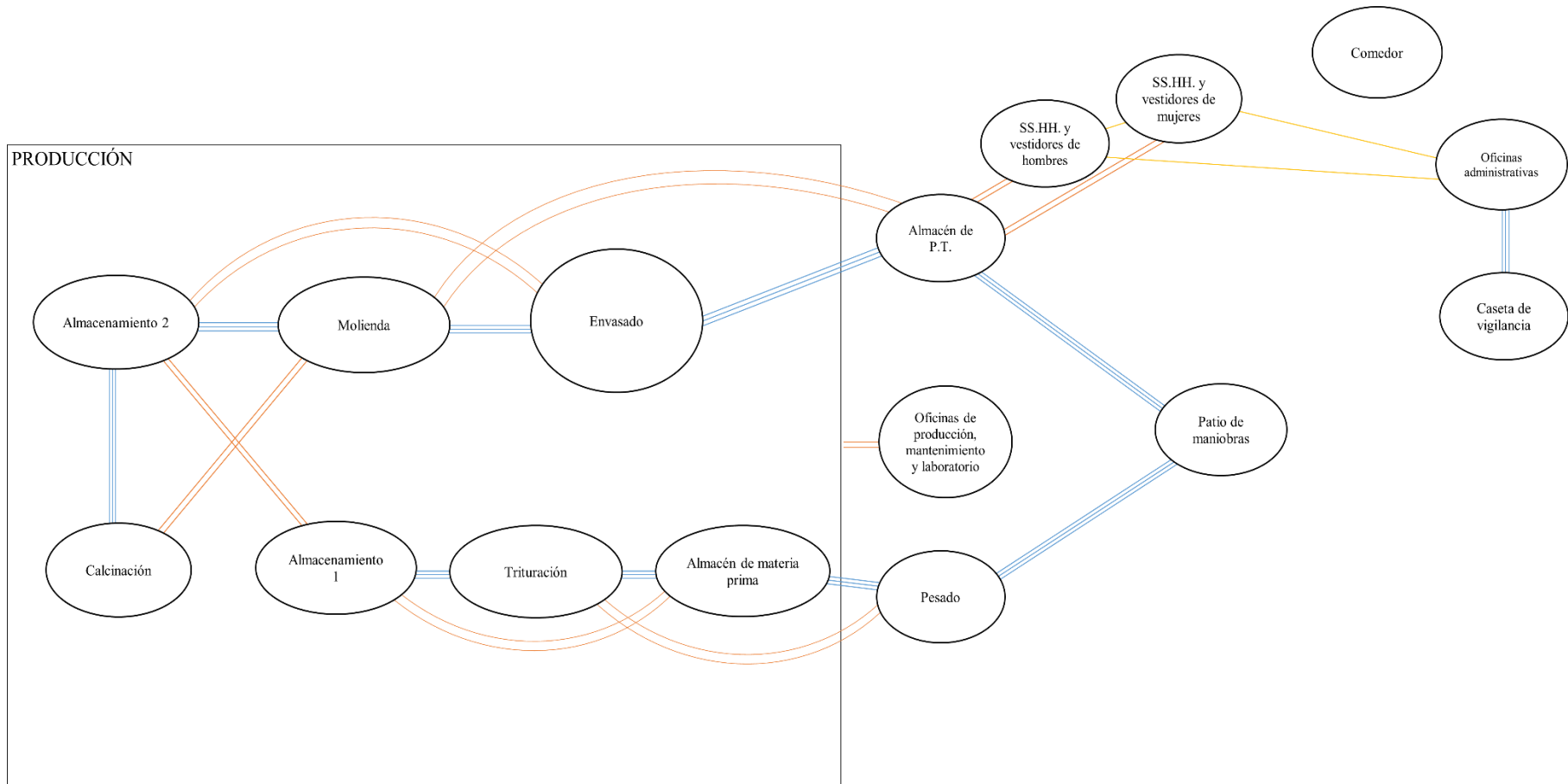


Figura 38. Diagrama relacional de hilos

Figura 39. Diagrama de bloques del proceso industrial de yeso de construcción

Fuente: ATEDY

b) Diagrama de análisis

En la **Figura 40** se detallan las actividades productivas como las operaciones y las actividades improductivas como los transportes y demoras del proceso industrial del yeso de construcción.

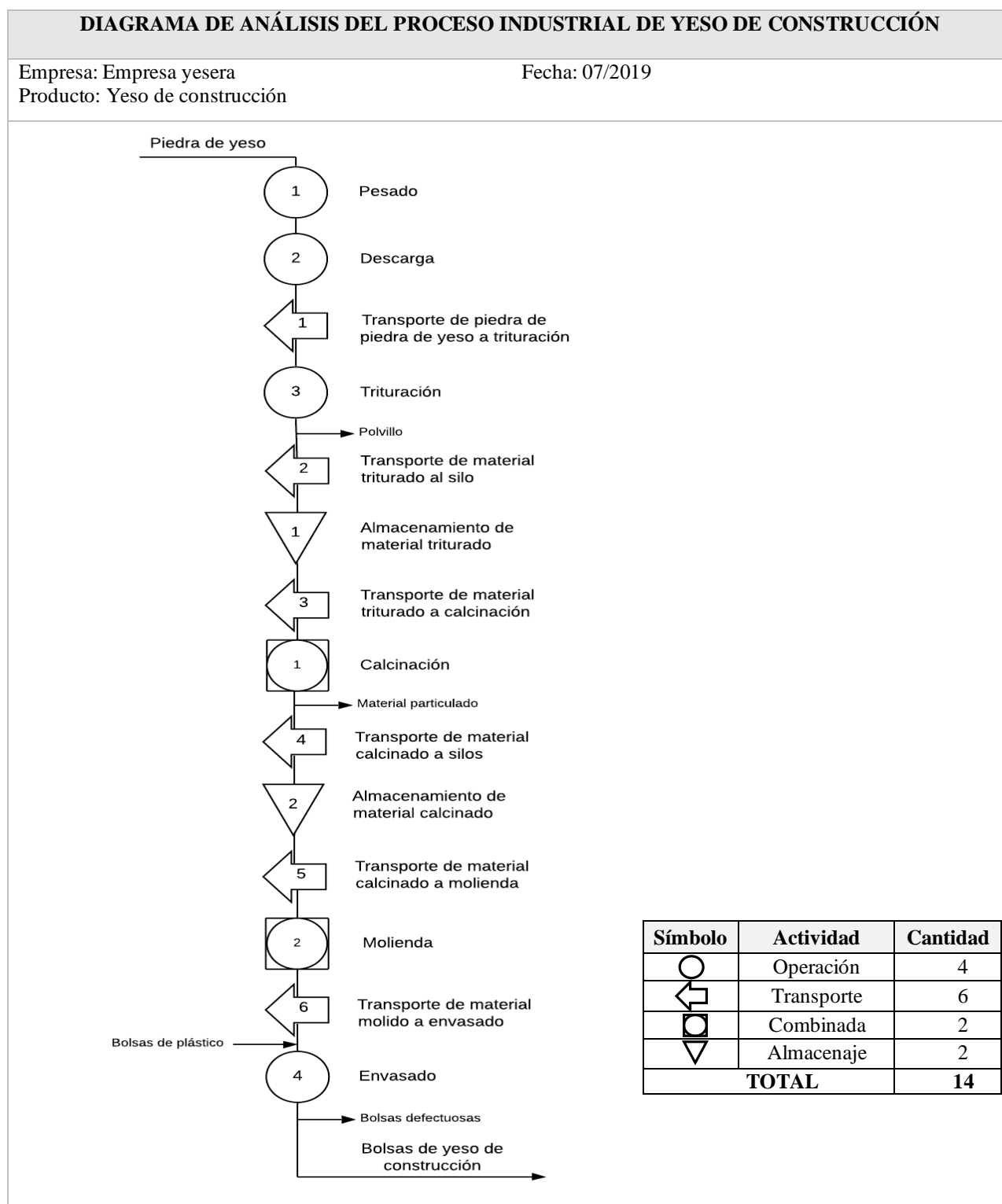


Figura 40. Diagrama de análisis del proceso industrial de yeso de construcción

Fuente: ATEDY

Con el diagrama de análisis del proceso industrial de yeso de construcción, se procede a realizar el cursograma analítico.

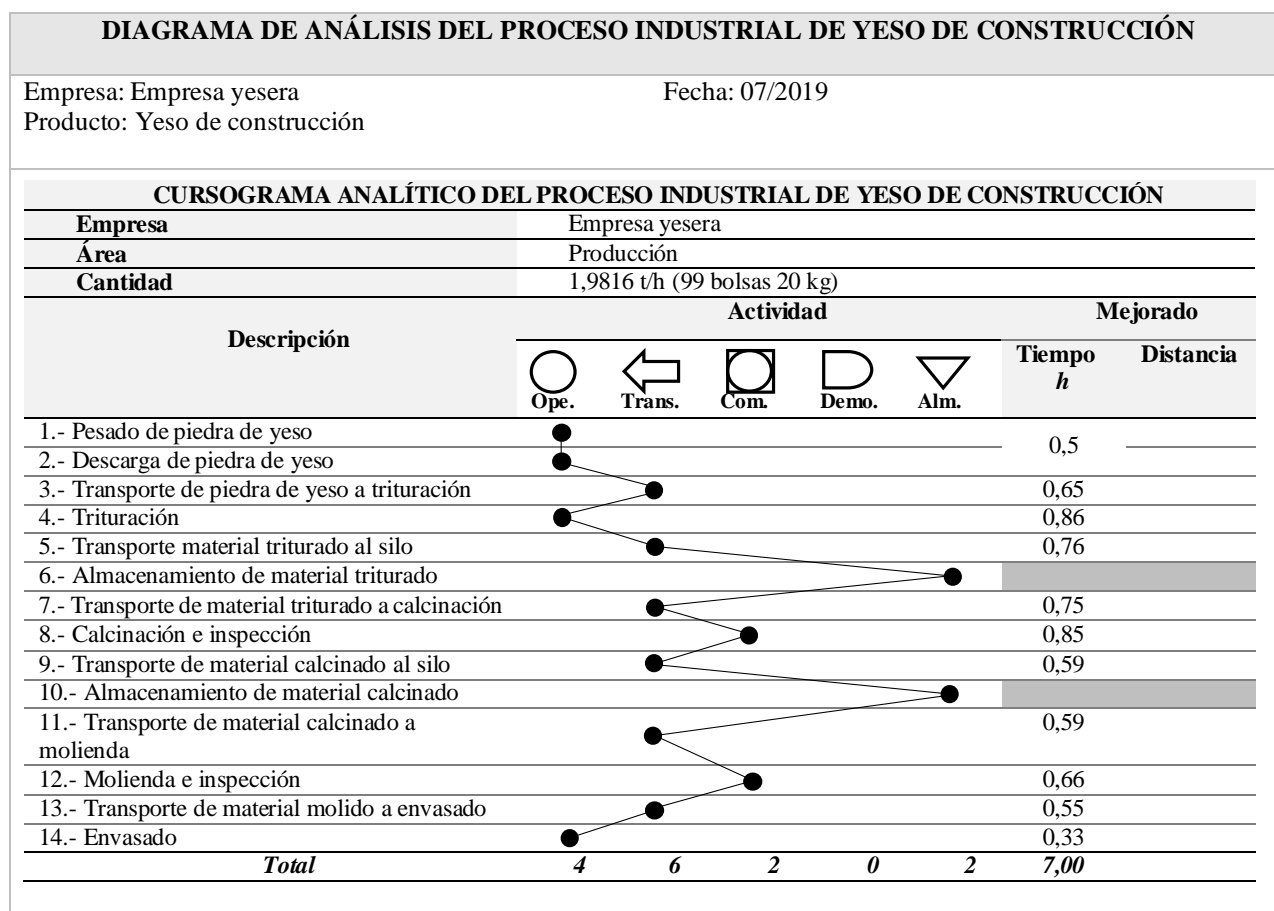


Figura 41. Cursograma analítico del proceso industrial de yeso de construcción
Fuente: ATEDY

Una vez realizado el análisis de proceso industrial de yeso de construcción, se procede a hallar los nuevos indicadores de producción y productividad.

- **Producción**

- a) **Producción teórica o capacidad de diseño**

Como producción teórica mensual de acuerdo a la proyección de la demanda realizada, se calculó que la empresa yesera debería producir 341 473 kg de yeso de construcción bajo condiciones ideales (considerando la pérdida por el porcentaje de agua de 20,9% que se evapora en la calcinación).

$$Producción\ teórica = 431\ 698 \frac{kg}{mes} - \left(431\ 698 \frac{kg}{mes} \times 0,209 \right)$$

$$Producción\ teórica = 341\ 473 \frac{kg}{mes}$$

b) Producción real

La nueva producción real mensual requerida de acuerdo a la proyección de la demanda es de 332 913 kg/mes, con el fin de abastecer a todos sus pedidos.

$$\text{Producción real} = \frac{3\,994\,961 \frac{\text{kg}}{\text{año}}}{12 \frac{\text{meses}}{\text{año}}} = 332\,913 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

• Productividad

a) Productividad de materiales

La nueva productividad de materiales estará dada entre la producción real mensual requerida de acuerdo a la proyección de la demanda realizada la cual es de 332 913 kg de yeso de construcción y la cantidad de piedra de yeso utilizada para su ejecución la cual es de 431 698 kg de piedra de yeso.

$$\text{Productividad de materiales} = \frac{332\,913 \text{ kg de yeso de construcción}}{431\,698 \text{ kg de piedra de yeso}}$$

$$\text{Productividad de materiales} = 0,77 \frac{\text{kg de yeso de construcción}}{\text{kg de piedra de yeso}}$$

Con el cálculo realizado, se obtuvo que se produce 0,77 kg de yeso de construcción por cada kg de piedra de yeso utilizado.

b) Productividad de mano de obra

La nueva productividad de mano de obra estará dada entre la producción real mensual requerida de acuerdo a la proyección de la demanda realizada la cual es de 332 913 kg de yeso de construcción y la mano de obra que interviene para llevar a cabo dicha producción, la cual es de 8 operarios.

$$\text{Productivida de mano de obra} = \frac{332\,913 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}}{8 \text{ operarios}} = 41\,614 \frac{\text{kg}}{\text{operario}}$$

• Eficiencia

a) Eficiencia física

La nueva eficiencia física de la empresa yesera estará dada entre la nueva producción real mensual la cual es de 332 913 kg de yeso de construcción y la capacidad efectiva.

$$Eficiencia\ física = \frac{332\ 913\ kg\ /mes}{332\ 913\ kg\ /mes}$$

$$Eficiencia\ física = 100\%$$

b) Eficiencia económica

La nueva eficiencia económica estará dada por el ingreso por ventas entre los costos de producción de la nueva producción obteniendo 1,77 soles; es decir, ahora la empresa yesera gana 0,77 soles por cada sol invertida.

$$Eficiencia\ económica = \frac{332\ 913\ kg\ x\ 0,3\ soles}{(431\ 698\ kg\ x\ 0,07\ soles) + (165\ paquetes\ x\ 35,50\ soles) + (6\ 918\ litros\ x\ 2,917\ soles)}$$

$$Eficiencia\ económica = 1,77$$

Otros indicadores

a) Pedidos no atendidos

Con respecto a los pedidos no atendidos, se asume que la empresa yesera abastece todos sus pedidos debido al aumento de la capacidad de planta por la adquisición de las maquinarias y equipos, teniendo un 0% de pedidos no atendidos.

b) Cantidad de mermas

La empresa yesera asume un porcentaje de mermas de 2,5% durante el proceso industrial de yeso de construcción como se observa en el balance de materia (ver **Figura 36**), dicho porcentaje es producido en los transportes de material entre las etapas del proceso, con el fin de no afectar y cumplir con la demanda.

A continuación, en la **Tabla 178** se muestra la comparación de indicadores actuales y nuevos.

Tabla 178. Comparación de indicadores

Indicador	Situación actual		Situación mejorada		Variación	
Producción						
Producción de teórica	249 600	kg/mes	341 473	kg/mes	37 %	↑
Producción real	202 670	kg/mes	332 913	kg/mes	64 %	↑
Productividad						
Productividad de materiales	0,63	Kg de yeso/ kg de piedra de yeso	0,77	Kg de yeso/ kg de piedra de yeso	22 %	↑
Productividad de mano de obra	40 534	Kg	41 614	Kg	3 %	↑
Eficiencia						
Eficiencia física	89	%	100	%	12 %	↑
Eficiencia económica	1,33	-	1,77	-	33 %	↑
Otros						
Cuello de botella	48	horas	0,86	horas	98 %	↓
Tiempo promedio de producción	91,5	horas	55,6	horas	39 %	↓
Pedidos no atendidos	33	%	0	%	100 %	↓
Cantidad de mermas	17	%	2,5	%	85 %	↓

3.5. Objetivo 4: Establecer un análisis costo – beneficio de la propuesta.

Para realizar el costo – beneficio del rediseño de la empresa yesera se proyectó su demanda de los 5 posteriores años mediante el método de suavización exponencial debido a la variación de los datos expuestos en el estudio realizado. Para confirmar la correcta elección del método, se comparó el MAPE obtenido el cual fue de 0,81% con el MAPE establecido para su validación el cual es de 20%, siendo este mayor; por lo cual se concluye que la elección del método es la indicada. En la **Tabla 179** se presentan la demanda proyectada obtenida.

Tabla 179. Demanda proyectada

Año	Demanda Kg
2021	3 692 016
2022	3 801 625
2023	3 884 597
2024	3 947 407
2025	3 994 961

- **Inversión**

Inversión tangible

La inversión tangible implica los costos de infraestructura los cuales son los costos de infraestructura; así también, se consideran los costos de adquisición de maquinaria, herramientas y equipos, obtenidos de la selección de tecnología.

Infraestructura

Se obtuvo un costo de infraestructura total S/ 589,234.08. En la **Tabla 180**, se detalla los costos que abarca realizar una infraestructura.

Tabla 180. Costos unitarios de infraestructura

	Descripción	Costo de materiales por m ²	Costo de mano de obra por m ²
Estructura			
Muro y columnas	Columnas, vigas y/o placas de concreto armado y/o metálicas	S/ 325.76	S/ 43,00
Techos	Aligerado o losas de concreto armado horizontales	S/ 165.41	S/ 30,00
Acabado			
Pisos	Cemento pulido, ladrillo corriente, entablado corriente	S/ 23.83	S/ 32,00
	Loseta vinílica, cemento bruñado, coloreado, tapizón	S/ 38.08	S/ 60,00
Puertas y ventanas	Madera corriente con marcos en puertas y ventanas de PVC o madera corriente	S/ 28.39	S/ 40.00
Revestimientos	Tarrajeo frotachado y/o yeso moldurado, pintura lavable	S/ 61.82	S/ 43.00
Baños	Baños completos nacionales blancos con mayólica blanca	S/ 28.07	S/ 28.00
Instalaciones eléctricas y sanitarias	Sistema de bombeo de agua potable, teléfono, agua caliente y fría	S/	29.88

Tabla 181. Costo total de infraestructura

Área	m ²	Estructura		Acabado				Instalaciones eléctricas y sanitarias	Mano de obra	Costo total por área
		Muro y columnas	Techos	Pisos	Puertas y ventanas	Revestimientos	Baños			
Almacén de materia prima	31	S/10 190,45	S/5 174,37	S/745,45	S/888,10	S/1 933,86	-	S/4 062,92	S/5 881,03	S/28 876,18
Pesado	87	S/28 216,05	S/14 327,16	S/2 064,06	S/2 459,03	S/5 354,61	-	S/11 249,70	S/16 283,82	S/79 954,43
Producción	233	S/75 949,48	S/38 564,60	S/5 555,86	S/6 619,00	S/14 413,05	-	S/30 280,94	S/43 831,35	S/215 214,28
Oficinas de producción	29	S/9 548,12	S/4 848,21	S/1 116,14	S/832,12	S/1 811,96	-	S/3 806,82	S/6 331,02	S/28 294,39
Oficinas administrativas	37	S/12 085,36	S/6 136,54	S/1 412,73	S/1 053,24	S/2 293,46	-	S/4 818,42	S/8 013,38	S/35 813,13
Servicios higiénicos (mujeres)	5	S/1 487,24	S/755,17	S/173,85	S/129,61	S/282,24	S/128,15	S/592,96	S/1 113,97	S/4 663,18
Servicios higiénicos (hombres)	5	S/1 653,54	S/839,61	S/193,29	S/144,11	S/313,79	S/142,48	S/659,26	S/1 238,53	S/5 184,61
Vestidores (mujeres)	11	S/3 523,95	S/1 789,34	S/411,93	S/307,11	S/668,75	S/303,65	S/1 404,99	S/2 336,61	S/10 746,33
Vestidores (hombres)	11	S/3 523,95	S/1 789,34	S/411,93	S/307,11	S/668,75	S/303,65	S/1 404,99	S/2 336,61	S/10 746,33
Caseta de vigilancia	7	S/2 220,28	S/1 127,39	S/259,54	S/193,50	S/421,35	-	S/885,22	S/1 472,19	S/6 579,47
Comedor	66	S/21 564,09	S/10 949,52	S/2 520,75	S/1 879,31	S/4 092,25	-	S/8 597,57	S/14 298,39	S/63 901,90
Almacén de producto terminado	131	S/42 618,20	S/21 640,09	S/3 117,61	S/3 714,18	S/8 087,73	-	S/16 991,81	S/24 595,48	S/120 765,10
Costo total de construcción										S/610 739,32

Maquinaria y equipos

Se obtuvo un costo de maquinaria total de S/ 374 963,44. Dichos costos son obtenidos de las fichas técnicas de las maquinarias, herramientas y equipos seleccionados después de haber sido comparados con otras 2 opciones mediante la evaluación de ciertos factores de importancia para su adquisición. Debido a que los precios fueron cotizados en dólares, se procedió a convertir el monto final a soles, teniendo en cuenta el valor del dólar de S/ 3,44.

Tabla 182. Costos de maquinaria, herramientas y equipos

Maquinaria, equipo o herramienta	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Balanza camionera	1	S/15 520,00	S/15 520,00
Trituradora de mandíbula	1	S/2 100,00	S/2 100,00
Horno rotatorio	1	S/24 001,00	S/24 001,00
Molino de pitones	1	S/3 300,00	S/3 300,00
Silo de almacenamiento	2	S/2 308,00	S/4 616,00
Envasadora	1	S/25 199,00	S/25 199,00
Faja transportadora 1	4	S/1 539,00	S/6 156,00
Faja transportadora 2	1	S/2 308,00	S/2 308,00
Faja transportadora 3	1	S/3 700,00	S/3 700,00
Carretilla elevadora	1	S/139,00	S/139,00
Pallet	23	S/5,00	S/115,00
Filtro de mangas	1	S/10 769,00	S/10 769,00
Captador de gases de combustión	1	S/8 000,00	S/8 000,00
<i>Costo total de maquinaria (dólares)</i>			<i>S/105 923,00</i>
<i>Valor del dólar</i>			<i>S/3,44</i>
<i>Costo total de maquinaria (soles)</i>			<i>S/ 364 375,12</i>

Equipo de protección personal

De acuerdo al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería [16], el uso de los EPP's es obligatoriamente, por lo cual fueron tomados en cuenta en la elaboración del diseño de los puestos de trabajo, por motivos de seguridad y bienestar del operario. Se obtuvo un costo de EPP's total de S/ 2 027,00 al año como se observa en la **Tabla 183**.

Tabla 183. Costos de EPP's

EPP	Cantidad	Precio de venta		Costo total	
Zapatos dieléctricos	17	S/	50,00	S/	850,00
Mameluco	9	S/	7,00	S/	63,00
Guantes anticorte	9	S/	60,00	S/	540,00
Respiradores	9	S/	45,00	S/	405,00
Lentes	9	S/	4,00	S/	36,00
Taponeras	17	S/	2,00	S/	34,00
Orejas	9	S/	11,00	S/	99,00
Costo total de EPP's				S/	2 027,00

Inversión intangible

Con respecto a la inversión intangible, solo se consideró el costo del traslado de las maquinas, equipos y herramientas de Lima hasta Mórrope, teniendo un costo de S/. 27 605,79.

Tabla 184. Costos de traslado de maquinaria

Maquinaria	Peso	Costo de traslado por kg	Costo total
	kg		
Balanza camionera	500	S/1,80	S/900,00
Trituradora de mandíbula	1 240		S/2 232,00
Horno rotatorio	6 000		S/10 800,00
Molino de pitones	180		S/324,00
Banda transportadora 01	2 000		S/3 600,00
Banda transportadora 02	20		S/36,00
Banda transportadora 03	18		S/32,40
Silo de almacenamiento	3 000		S/5 400,00
Envasadora	1 350		S/2 430,00
Carretilla elevadora	65		S/117,00
Pallet	311		S/558,90
Filtro de mangas	3 900		S/7 020,00
Captador de gases de combustión	50		S/90,00
Costo total de traslado de maquinaria			S/33 540,30

- **Costos de producción**

Los costos de producción abarcan los costos de materiales directos e indirectos, mano de obra directa y consumo de energía y gasolina.

Tabla 185. Costos de producción

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Nueva demanda atendida kg	3 692 016	3 801 625	3 884 597	3 947 407	3 994 961
Materiales directos	S/335 128,33	S/345 077,66	S/352 609,12	S/358 310,45	S/362 626,98
Materiales indirectos	S/65 533,28	S/67 478,84	S/68 951,60	S/70 066,47	S/70 910,56
Mano de obra directa	S/101 472,00	S/101 472,00	S/101 472,00	S/101 472,00	S/101 472,00
Consumo de energía	S/65 560,32	S/65 560,32	S/65 560,32	S/65 560,32	S/65 560,32
Diesel	S/242 145,32	S/242 145,32	S/242 145,32	S/242 145,32	S/242 145,32
Total de costos de producción	S/809 839,25	S/821 734,14	S/830 738,35	S/837 554,56	S/842 715,18

- **Gastos administrativos**

Los gastos administrativos abarcan mano de obra directa, consumo de energía de oficinas, gastos de servicios de oficina y consumo de energía.

Tabla 186. Gastos administrativos

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Mano de obra directa	S/102 000,00	S/102 000,00	S/102 000,00	S/102 000,00	S/102 000 00
Consumo de agua potable	S/2 252,55	S/2 252,55	S/2 252,55	S/2 252,55	S/2 252 55
Gastos de servicios de oficina	S/2 268,00	S/2 268,00	S/2 268,00	S/2 268,00	S/2 268,00
Consumo de energía	S/564,48	S/564,48	S/564,48	S/564,48	S/564,48
Total de gastos administrativos	S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03

- **Flujo de caja**

En la **Tabla 187** se muestra el flujo de caja, donde se detalla los ingresos y egresos de dinero, además de la inversión realizada para llevar a cabo las mejoras del rediseño de planta.

Tabla 187. Flujo de caja

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<u>Ingresos</u>						
Demanda proyectada		3 692 016	3 801 625	3 884 597	3 947 407	3 994 961
Ingresos proyectados		S/1 476 806,40	S/1 520 650,00	S/1 553 838,80	S/1 578 962,80	S/1 597 984,40
Costo de producción		S/809 839,25	S/821 734,14	S/830 738,35	S/837 554,56	S/842 715,18
Gastos administrativos		S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03	S/107 085,03
Total de ingresos		S/559 882,12	S/591 830,83	S/616 015,41	S/634 323,20	S/648 184,19
<u>Inversión tangible</u>						
Infraestructura	S/610 739,32					
Maquinaria equipos y herramientas	S/364 375,12					
EPP's	S/2 027,00					
Total de inversión tangible	S/977 141,44					
<u>Inversión intangible</u>						
Traslado de maquinaria	S/33 540,30					
Total de inversión	S/1 010 681,74					
Utilidad bruta		-S/450 799,63	S/281 736,72	S/818 696,74	S/1 212 876,55	S/1 502 663,40
Depreciación		-S/18 218,76	-S/18 218,76	-S/18 218,76	-S/18 218,76	-S/18 218,76
Utilidad sin impuestos		-S/469 018,38	S/263 517,96	S/800 477,99	S/1 194 657,79	S/1 484 444,65
Impuestos (30%)		-S/140 705,51	S/79 055,39	S/240 143,40	S/358 397,34	S/445 333,39
Depreciación		S/18 218,76	S/18 218,76	S/18 218,76	S/18 218,76	S/18 218,76
Utilidad neta		-S/310 094,11	S/202 681,33	S/578 553,35	S/854 479,21	S/1 057 330,01
Utilidad acumulada		-S/310 094,11	-S/107 412,78	S/471 140,56	S/1 325 619,78	S/2 382 949,79

- **Costo beneficio**

Por último, se realiza el costo beneficio con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto, para lo cual se dividen los ingresos entre la suma de los egresos y la inversión. Como resultados se obtuvo que el costo beneficio será de 1,36 soles; es decir, que por cada sol invertido la empresa yesera gana 0,36 soles.

Tabla 188. Costo - beneficio

Ingresos	S/7 728 242,40
Costos	S/4 142 581,49
Gastos	S/535 425,16
Inversión	S/1 010 681,74
Costo – beneficio	S/1,36

IV. CONCLUSIONES

Se diagnosticó una baja productividad de materiales de 0,05 unidades por kilogramo utilizado en la empresa yesera debido a la generación de mermas producidas por el inadecuado método de trabajo con el que laboran los operarios y la falta de maquinaria y equipo de acarreo que les faciliten llevar a cabo sus actividades laborales; así también, se debe a los altos tiempos improductivos generados por las largas distancias entre las áreas de trabajo donde los operarios manipulan las carga manualmente.

Se utilizó el método de factores ponderados para priorizar las mejoras de solución, donde se confrontaron con cada causa identificada en el análisis de la situación actual de la empresa yesera, obteniendo como primera mejora de solución a implementar el diseño de métodos de trabajo, posteriormente la evaluación y selección de maquinarias y equipos de acarreo, y finalmente la redistribución de planta.

Se diseñó los métodos de trabajo empleando procedimientos estandarizados del nuevo proceso de yeso de construcción, utilizando como guía el formato de Procedimiento Estándar de Trabajo Seguro (PETS) del Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional en Minería, con el propósito de que todos los operarios realicen sus actividades de manera eficiente y segura. Posteriormente, se procedió a implementar la maquinaria y equipo de acarreo de acuerdo a los PETS realizados, donde se utilizó el método de factores ponderados para determinar la opción más adecuada con el fin de reemplazando el trabajo manual con lo cual se elimina todo tipo de riesgo al operario. Con ambas mejoras se disminuyó el porcentaje de mermas en un 85%. Finalmente, se realizó la redistribución de planta mediante el método Guerchet el cual determinó el área de cada departamento de la empresa yesera, y la metodología SLP (System Layout Planning), donde se agregaron nuevas áreas distribuidas de manera eficiente con el fin de controlar adecuadamente el proceso, lo cual permitió disminuir las actividades improductivas obteniendo un nuevo tiempo promedio de producción con una disminución de 39%. Con las propuestas presentadas, se logró aumentar la productividad en 22%, de manera que se logró abastecer a todos sus pedidos en un 100%.

Finalmente, se realizó el costo – beneficio del proyecto donde se procedió a hallar la demanda proyectada mediante el método de suavización exponencial, además se halló la inversión tanto tangible como intangible, los costos de producción y los gastos

administrativos, con los cuales se obtuvo un costo beneficio de 1,36 soles; es decir, la empresa yesera ganará 0,36 soles por cada sol invertido.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio sistemático de los procedimientos estándar de trabajo seguro implementados para evaluar y ajustar su ejecución con el fin de que el trabajador realice sus actividades en óptimas condiciones dentro de su puesto de trabajo.

Se recomienda extender la utilización de los métodos de evaluación ergonómica expuestos en esta tesis para posteriores estudios acerca de la mejora de los puestos de trabajo en procesos donde existe carga manual con el fin de priorizar la salud y seguridad de los trabajadores.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Statista, «Statista,» 11 Marzo 2020. [En línea]. Available <https://es.statista.com/estadisticas/635439/paises-lideres-en-la-produccion-de-yeso-a-nivel-mundial/>. [Último acceso: 5 Abril 2020].
- [2] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Producción Nacional,» Lima, 2020.
- [3] K. E. Medina Ninacondor, J. A. Aguilar Franco y J. Villegas Alvarez, «DISEÑO DE UN PROPUESTA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PARA EL APROVECHAMIENTO D RESIDUOS SÓLIDOS DEL PROCESO DE CURTIDO,» *Nexo Revista Científica*, vol. 3: n° 1, pp. 75-87, 2019.
- [4] D. D. Thakre y U. A. Dabade, «Case Study in Improvement in Plant Layout Design, *Journal of Advances in Science and Technology*, vol. 13, n° 01, pp. 227-233, 2017.
- [5] J. A. Aguilar Franco, L. R. Sánchez Vargas y A. A. Zevallos Vargas, «DISEÑO D PLANTA PILOTO PARA LA OBTENCIÓN DE PLATA GRANALLA UTILIZAND UN SISTEMA DE ELECTRODEPOSICIÓN CILÍNDRICO CERRADO,» *Nexo Revisi Científica*, vol. 30, n° 2, pp. 111-122, 2017.
- [6] R. A. Gómez y A. A. Correa, «ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS D BANDAS TRANSPORTADORAS EN PATIOS DE ALMACENAMIENTO E EMPRESAS DE MINERÍA DE CARBÓN CON SIMULACIÓN DISCRETA Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS,» *Boletín de Ciencias de la Tierra*, n° 29, pp. 55-72, 2011.
- [7] E. S. Castillo Diaz y S. Seijas Velásquez, «Minimización de material particulado generad en el proceso de clinkerización mediante el empleo de filtro de mangas,» *Ciencia Tecnología*, vol. 15, n° 3, pp. 169-181, 2019.
- [8] V. Ponce E y A. F. Alcántara Boza, «El Procedimiento escrito trabajo seguro base pa mejorar la seguridad y salud ocupacional de la pequea minería subterránea,» *Revista d instituto de investigación*, vol. 21, n° 41, pp. 83-90, 2018.
- [9] L. de Villanueva, «Evolución histórica de la construcción con yeso,» *Consejo superior c investigaciones científicas*, vol. 56, n° 493, pp. 5-11, 2004.
- [10] ATEDY, «ATEDY,» Diciembre 2017. [En línea]. Available <http://www.atedy.es/atedy/publicaciones/REVEST.pdf>. [Último acceso: 25 Junio 2019].
- [11] L. Rivero Fernández, «Fabricación de productos de base yeso y sus aplicacione industriales,» *Boletín de la Sociedad Español de Cerámica y Vidrio*, vol. 36, n° 6, pp. 59-598, 1997.
- [12] J. Heizer y B. Render, Administración de operaciones, Séptima ed., Naucalpan de Juárez: Pearson Educación, 2009.
- [13] M. Rajadell y J. Sánchez, Lean manufacturing, Madrid: Diaz de Santos, 2010.
- [14] R. García Criollo, Estudio del trabajo, México: McGRAWHILL/INTERAMERICAN/ 2005.
- [15] B. W. Niebel y A. Freivalds, Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño de trabaj Duodécima ed., Ciudad de México: Mc GRAW-HILL Companies, 2009.
- [16] Ministerio de Energía y Minas, «Minitserio de Energía y Minas,» 18 Agosto 2017. [E línea]. Available http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RS_O_2017.pdf. [Último acceso: 12 Mayo 2020].

- [17] F. Gillet-Goinard y B. Seno, *Caja de herramientas: Control de calidad*, Primera ed., Ciudad de México: GRUPO EDITORIAL MATHIA, 2014.
- [18] J. A. Diego-Mas, «Ergonautas,» Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [En línea Available: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/ginsht/ginsht-ayuda.php>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].
- [19] J. F. Vilar Barrio, F. Gómez Fraile y M. Tejero Monzón, *Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad*, FC Editorial, 1997.
- [20] J. Tompkins, *Planeación de instalación*, Cengage Learning editores, 2011.
- [21] B. Díaz, B. Jarufe y M. T. Noriega, *Disposición de planta*, 2 ed., Lima: Fondo Editoria 2014, pp. 109-110.
- [22] D. de la Fuente García y I. Fernández Quesada, *Distribución en planta*, Universidad c Oviedo, 2005.
- [23] J. L. Torres Laborde y O. L. Jaramillo Naranjo, *Diseño y análisis del puesto de trabajo Herramienta para la gestión del talento humano*, Barranquilla: Universidad del Norte, 2000.
- [24] V. L. Spina, «La calcinación industrial del yeso según la tratadística histórica,» *Anuario de Jóvenes Investigadores*, vol. 7, pp. 11-113, 2014.
- [25] Instituto Tecnológico GeoMinero de España, *Manual de evaluación técnico-económico de proyectos mineros de inversión*, Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1997.
- [26] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento,» 6 Noviembre 2019. [En línea]. Available: https://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/RNE_parte%2005.pdf. [Último acceso: 2 Noviembre 2019].
- [27] Banco Central de Reserva del Perú, «Banco Central de Reserva del Perú,» 22 Junio 2018. [En línea]. Available: <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/NotaEstudios/2018/nota-de-estudios-45-2018.pdf>. [Último acceso: 2018 Octubre 8].
- [28] L. Cuatrecasas, *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*, Prof editorial, 2013.
- [29] F. Ortí, L. Rosell y J. M. Salvany, *Depósitos de España: aspectos geológicos y recursos. Recursos minerales de España*, 1992, pp. 1171-1209.
- [30] L. F. Botero Botero y H. Acevero Agudelo, «Simulación de operaciones y línea base herramientas integradas para la toma de decisiones,» *Ingeniería y Ciencia*, vol. 7, n° 13, pp. 29-45, 2015.

VII. ANEXOS

Anexo 01

Formato de elaboración del PETS

LOGO EMPRESA	NOMBRE DEL PETS		UNIDAD MINERA
	Área:	Versión:	
	Código:	Página:	

1. PERSONAL

1.1

1.2

2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

2.1

2.2

3. EQUIPOS / HERRAMIENTAS / MATERIALES.

3.1

3.2

4. PROCEDIMIENTO

4.1

4.2

5. RESTRICCIONES

5.1

5.2


PREPARADO POR	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
SUPERVISOR DEL ÁREA	GERENTE DEL ÁREA	GERENTE DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	GERENTE DE OPERACIONES
FECHA DE ELABORACIÓN:			FECHA DE APROBACIÓN:

Anexo 02

Cálculo de la productividad de materiales de agosto 2019

Tipo de bolsa	Producción (und)	Producción (kg)	%	Piedra de yeso (kg)	Productividad de materiales
10	6 150	61 500	30%	97 104	0.063
15	3 300	49 500	24%	78 157	0.034
18	2 380	42 840	21%	67 641	0.025
20	890	17 800	9%	28 105	0.009
12	1 380	16 560	8%	26 147	0.014
5	2 000	10 000	5%	15 789	0.021
8	300	2 400	1%	3 789	0.003
9	230	2 070	1%	3 268	0.002
Total	16 630	202 670	100%	320 000	

Anexo 03

Nombre	Balanza concreto – metálica	
Marca	Digital Electronic Truck Scale	
Procedencia	China	
Capacidad	50 t	
Tipo	Ras del piso	
Dimensiones	Estructural modular	
	3 m x 9 m	
Tecnología	Digital – Computarizado	
Otros	Clase: Altamente resistente al agua	
	Plataforma: Metálica	


Fuente: KEDA METROLOGY TECHNOLOGY CO.

Anexo 04

Nombre	Báscula Digital para camiones pesados KLD de 40 toneladas	
Procedencia	Chongqing, China	
Capacidad	50 t	
Tipo	Ras del piso	
Dimensiones	12 x 3 x 0,2 m	
Celda de carga	Digital	
Otros	Garantía: 2 años	
	Material: Acero Q235	

Fuente: KLD

Anexo 05

Nombre	Chancadora de mandíbula	
Modelo	PE250*400	
Marca	Zhongxin Heavy Industrial Machinery	
Procedencia	China	
Capacidad	5 t	
Dimensiones	1180 mm x 1087 mm x 1245 mm	
Garantía	1 año	
Dimensión de la boca alimentación	250 mm x 400 mm	
Tamaño máximo de alimentación	210 mm	
Rango de ajuste de apertura de descarga	20 mm – 60 mm	
Potencia	15 kW	
Peso	2 800 kg	

Fuente: Zhongxin Heavy Industrial Machinery Co.

Anexo 06

Nombre	Trituradora de mandíbula	
Marca	Zhengzhou Yize Machinery	
Procedencia	China	
Capacidad	3 t	
Dimensiones	1 000 mm x 1 500 mm x 1 650 mm	
Garantía	1 año	
Uso	Piedra caliza, granito, piedra de río, etc	
Tamaño máximo de la alimentación	150 mm	
Otros	Tamaño de descarga: 30 mm – 40 mm Peso: 2,5 t Potencia: 20 kW	


Fuente: Zhengzhou Yize Machinery Co.

Anexo 07

Nombre	Horno rotatorio	
Marca	Zhengzhou	
Modelo	Y160LM-6	
Procedencia	China	
Capacidad	5 t/h	
Diámetro de cilindro	1 200 mm	
Longitud de cilindro	12 000 mm	
Garantía	1 año	
Potencia	11 kW	
Velocidad	5 rpm/min	


Fuente: Henan Zhengzhou maquinaria de minería Co. Ltd.

Anexo 08

Nombre	Horno rotatorio	
Marca	Zhongke	
Modelo	YZ1225	
Procedencia	China	
Capacidad	3 t/h	
Diámetro de cilindro	1 200 mm	
Longitud de cilindro	2 500 mm	
Garantía	1 año	
Potencia	22 kW	
Velocidad	2,28 rpm/min	

Fuente: Zhongke Engineering & Technology Co., Ltd

Anexo 09

Nombre	Molino de pitones	
Modelo	160-Z	
Marca	Alpine Augsburg	
Procedencia	España	
Capacidad	5 t/h	
Dimensiones	850 x 500 x 1 000 mm	
Tamaño de entrada	250 x 250 mm	
Tamaño máximo de alimentación	< 50 mm	
Tamaño de la partícula	< 5 mm	
Otros	Potencia: 5 kW Material: Acero	

Fuente: COMQUIMA EUROPE S.L.

Anexo 10

Nombre	Molino de pitones	
Modelo	DÚPLEX 22	
Empresa	GRUBER HERMANOS S.A.	
Procedencia	BURCEÑA	
Capacidad	3 t/h	
Dimensiones	900 x 400 x 765 mm	
Tamaño de entrada	235 x 235 mm	
Tamaño máximo de alimentación	< 40 mm	
Tamaño de la partícula	< 3 mm	
Otros	Potencia: 4,1 kW Material: Acero	

Fuente: GRUBER HERMANOS S.A.

Anexo 11

Δ	0,1	MAPE	0,81%
A	0,3		

El método es válido ya que un error menor a 20% tiene mayores posibilidades de acertar a la demanda futura.

Año	Periodo	Demanda	Pronóstico suavizado	Tendencia suavizada	Pronóstico con tendencia
2019	Enero	260 500	260500.00	0.00	260500.00
2019	Febrero	264 330	260500.00	0.00	260500.00
2019	Marzo	255 850	261649.00	114.90	261763.90
2019	Abril	282 705	259989.73	-62.52	259927.21
2019	Mayo	277 345	266760.55	620.82	267381.37
2019	Junio	285 300	270370.46	919.73	271290.18
2019	Julio	260 315	275493.13	1340.02	276833.15
2019	Agosto	290 500	271877.70	844.48	272722.18
2019	Septiembre	295 745	278055.53	1377.81	279433.34
2019	Octubre	294 575	284326.83	1867.16	286194.00
2019	Noviembre	295 240	288708.30	2118.59	290826.89
2019	Diciembre	270 180	292150.82	2250.98	294401.80

2020	Enero	294402	287135.26	1524.33	288659.59
2020	Febrero	288660	290382.32	1696.60	292078.92
2020	Marzo	292079	291053.24	1594.03	292647.28
2020	Abril	292648	292476.79	1576.99	294053.78
2020	Mayo	294054	293632.05	1534.81	295166.86
2020	Junio	295167	294833.00	1501.43	296334.43
2020	Julio	296335	295984.20	1466.40	297450.60
2020	Agosto	297451	297115.92	1432.94	298548.86
2020	Septiembre	298549	298219.50	1400.00	299619.50
2020	Octubre	299620	299298.35	1367.89	300666.24
2020	Noviembre	300667	300352.37	1336.50	301688.86
2020	Diciembre	301689	301382.30	1305.84	302688.15
2021	Enero	302689	302388.40	1275.87	303664.27
2021	Febrero	303665	303371.69	1246.61	304618.30
2021	Marzo	304619	304332.31	1218.01	305550.32
2021	Abril	305551	305270.92	1190.07	306461.00
2021	Mayo	306461	306188.00	1162.77	307350.77
2021	Junio	307351	307083.84	1136.08	308219.92
2021	Julio	308220	307959.24	1110.01	309069.25
2021	Agosto	309070	308814.48	1084.53	309899.01
2021	Septiembre	309900	309650.31	1059.66	310709.97
2021	Octubre	310710	310466.98	1035.36	311502.34
2021	Noviembre	311503	311264.64	1011.59	312276.23
2021	Diciembre	312277	312044.26	988.40	313032.66
2022	Enero	313033	312805.96	965.73	313771.69
2022	Febrero	313772	313550.08	943.57	314493.65
2022	Marzo	314494	314277.15	921.92	315199.07
2022	Abril	315200	314987.55	900.76	315888.31
2022	Mayo	315889	315681.82	880.12	316561.93
2022	Junio	316562	316360.05	859.93	317219.98
2022	Julio	317220	317022.59	840.19	317862.77
2022	Agosto	317863	317669.94	820.90	318490.85
2022	Septiembre	318491	318302.49	802.07	319104.56
2022	Octubre	319105	318920.49	783.66	319704.16
2022	Noviembre	319705	319524.41	765.69	320290.10
2022	Diciembre	320291	320114.57	748.13	320862.70
2023	Enero	320863	320691.19	730.98	321422.17
2023	Febrero	321423	321254.42	714.21	321968.63
2023	Marzo	321969	321804.94	697.84	322502.78

2023	Abril	322503	322342.65	681.83	323024.47
2023	Mayo	323025	322868.03	666.18	323534.21
2023	Junio	323535	323381.45	650.91	324032.35
2023	Julio	324033	323883.15	635.98	324519.13
2023	Agosto	324520	324373.29	621.40	324994.69
2023	Septiembre	324995	324852.29	607.16	325459.45
2023	Octubre	325460	325320.11	593.23	325913.34
2023	Noviembre	325914	325777.34	579.63	326356.96
2023	Diciembre	326357	326224.07	566.34	326790.41
2024	Enero	326791	326660.39	553.34	327213.72
2024	Febrero	327214	327086.91	540.65	327627.56
2024	Marzo	327628	327503.49	528.25	328031.74
2024	Abril	328032	327910.62	516.13	328426.75
2024	Mayo	328427	328308.33	504.29	328812.62
2024	Junio	328813	328696.93	492.72	329189.66
2024	Julio	329190	329076.66	481.42	329558.08
2024	Agosto	329559	329447.66	470.38	329918.04
2024	Septiembre	329919	329810.33	459.61	330269.94
2024	Octubre	330270	330164.66	449.08	330613.74
2024	Noviembre	330614	330510.62	438.77	330949.39
2024	Diciembre	330950	330848.77	428.71	331277.48
2025	Enero	331278	331179.24	418.88	331598.12
2025	Febrero	331599	331502.08	409.28	331911.36
2025	Marzo	331912	331817.65	399.91	332217.56
2025	Abril	332218	332125.89	390.74	332516.64
2025	Mayo	332517	332427.05	381.78	332808.83
2025	Junio	332809	332721.28	373.03	333094.31
2025	Julio	333095	333008.72	364.47	333373.19
2025	Agosto	333374	333289.73	356.12	333645.85
2025	Septiembre	333646	333564.30	347.97	333912.27
2025	Octubre	333913	333832.39	339.98	334172.37
2025	Noviembre	334173	334094.56	332.20	334426.76
2025	Diciembre	334427	334350.63	324.59	334675.22