



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**Aplicación de la Ingeniería de métodos para mejorar la eficiencia del  
proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las  
Bambas, Apurímac 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Dioses Chiroque Edilbrando (ORCID: 0000-0003-3765-2822)  
Sehuin Humpire, Javier Ernesto (ORCID: 0000-0002-9963-5983)

**ASESOR:**

Mg. Sunohara Ramirez, Percy (ORCID: 0000-0003-0700-8462)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A Dios por darnos la vida y a nuestros padres, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos han permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

## **Agradecimiento**

Agradecer a la empresa minera Las Bambas que nos permitió realizar la investigación en sus instalaciones.

Agradecer a nuestro asesor quien siempre estuvo orientándonos y enseñándonos las herramientas necesarias para la aplicación de nuestra investigación

Reconocer a nuestros familiares y amigos que han formado parte de nuestra vida profesional a las que nos encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestra vida. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos y en nuestro corazón, sin importar en donde estén queremos darles las gracias por formar parte de nosotros, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Resumen.....	xix
Abstract.....	xx
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema.....	18
1.2.1 Problema general.....	18
1.2.2 Problemas específicos.....	18
1.3 Objetivos.....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos.....	18
1.4 Hipótesis de la investigación.....	18
1.4.1 Hipótesis general.....	18
1.4.2 Hipótesis específicas.....	19
1.4.3 Variables independientes.....	19
1.4.4 Variable dependiente.....	19
1.5 Justificación, importancia.....	19
1.5.1 Justificación.....	19
1.5.2 Justificación Metodológica.....	19
1.5.3 Justificación práctica.....	20
1.5.4 Justificación económica.....	20
II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Trabajos previos.....	21
2.2. Variable independiente: Ingeniería de métodos.....	27
2.3. Variable dependiente: Eficiencia.....	58
III. METODOLOGÍA.....	63



3.1 Tipo y diseño de Investigación.....	63
3.2. Variables y operacionalización.....	65
3.3 Población, Muestra y muestreo.....	69
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad.	69
3.5 Procedimiento.....	71
3.5.1 Situación actual de la empresa .....	72
3.5.2. Datos antes de la implementación (pre-test).....	75
3.5.3. Pre-test cambio de cinta transportadora CVB-0004.....	96
3.5.4. Propuesta de mejora .....	112
3.5.4. Procedimiento técnico de cambio de cinta transportadora CVB-004 .....	139
3.5.5. Evaluación de resultados obtenidos.....	213
3.6 Métodos de análisis de datos.....	236
3.7 Aspectos éticos.....	237
IV. RESULTADOS.....	238
V. DISCUSIÓN .....	252
VI. CONCLUSIONES.....	254
VII. RECOMENDACIONES .....	255
REFERENCIAS .....	256
ANEXOS .....	260

## Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de causas del bajo nivel de eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora. ....	5
Tabla 2. Ponderación de las causas primarias .....	8
Tabla 3. Ponderación de las causas primarias .....	9
Tabla 4. Integración de Causas primarias y causas secundarias .....	10
Tabla 5. Matriz de correlación- causas secundarias.....	11
Tabla 6. Causas secundarias ordenadas según su ponderación .....	13
Tabla 7. Integración de causas primarias y secundarias ponderadas .....	14
Tabla 8. Integración de causas primarias y secundarias - Acumulado .....	16
Tabla 9. Alternativas de Solución.....	17
Tabla 10. Resumen de símbolos para representar un trabajo .....	36
Tabla 11. Etapas del estudio de métodos .....	38
Tabla 12. Matriz de Operacionalización de variables .....	68
Tabla 13. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado Antes de la mejora).....	88
Tabla 14. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Real Antes de la mejora).....	96
Tabla 15. Resumen de las actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real Antes de la mejora).....	101
Tabla 16. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora) .....	107
Tabla 17. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real antes de la mejora) .....	112
Tabla 18. Resumen de la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II antes de la mejora propuesta .....	114
Tabla 19. Eficiencia del cambio de cinta transportadora antes de la mejora con tiempos ideales .....	115
Tabla 20. Resumen de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora). ....	120
Tabla 21. Porcentaje de Actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora) .....	120

Tabla 22. Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora).....	122
Tabla 23. Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora).....	124
Tabla 24. Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora) .....	125
Tabla 25. Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora) .....	126
Tabla 26. Evaluación de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora) .....	127
Tabla 27. Porcentajes de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora) .....	128
Tabla 28. Evaluación de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora) .....	129
Tabla 29. Porcentajes de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora) .....	130
Tabla 30. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I (método propuesto) .....	138
Tabla 31. Metrado de trabajos preliminares y del armado del libro (método propuesto).....	142
Tabla 32. Trabajos civiles requeridos para el proyecto.....	145
Tabla 33. Estructuras metálicas requeridos para el proyecto .....	146
Tabla 34. Selección y adquisición de equipos requeridos para el proyecto .....	147
Tabla 35. Montaje de equipos – proyecto de mejora .....	148
Tabla 36. Distribución de equipos – proyecto de mejora .....	148
Tabla 37. Equipos, herramientas y materiales para el paso 1, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I .....	151
Tabla 38. Equipos, herramientas y materiales para el paso 2, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I .....	152
Tabla 39. Equipos, herramientas y materiales para el paso 3, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I .....	152
Tabla 40. Equipos, y aparejos para el paso 4, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I.....	153

Tabla 41. Equipos, herramientas y materiales para el paso 5, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I .....	154
Tabla 42. Equipos, herramientas y materiales para el paso 6, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I .....	155
Tabla 43. Herramientas de medición para el paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	156
Tabla 44. Equipos herramientas y materiales para el proceso de pelado del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I y Fase II.....	157
Tabla 45. Herramientas y materiales para el proceso de realización de ventana del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	158
Tabla 46. Equipos y materiales para el proceso colocación de las cuerdas de piano del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	159
Tabla 47. Equipos y materiales para el proceso corte de punta del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	160
Tabla 48. Equipos y materiales para el proceso de raspado del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	161
Tabla 49. Herramientas y materiales para el proceso de aplicación de cemento vulcanizante del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	162
Tabla 50. Herramientas y materiales para el proceso de marcación de cables del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	163
Tabla 51. Herramientas y materiales para el proceso de aseguramiento de faja del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	164
Tabla 52. Herramientas y materiales para el proceso de colocación de cover de retorno del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	165
Tabla 53. Materiales para el proceso de relleno de cortes del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	167
Tabla 54. Herramientas y materiales para el proceso de aplicación de cemento vulcanizante del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	168

Tabla 55. Herramientas y materiales para el proceso de colocación de cover de carga del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	169
Tabla 56. Materiales para el proceso de colocación de papel siliconado del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	170
Tabla 57. Equipos herramientas y materiales para paso 9, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II. ....	171
Tabla 58. Equipos, herramientas y materiales para paso 10, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.....	176
Tabla 59. Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método propuesto) .....	185
Tabla 60. Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme de sacrificio-A (maniobra 1) .....	189
Tabla 61. Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme temporal B (maniobra 2) .....	190
Tabla 62. Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme temporal B (maniobra 3) .....	191
Tabla 63. Lista de Equipos y Herramientas para el jalado de faja .....	192
Tabla 64. Lista de Equipos y Herramientas para el corte de faja (maniobra 4)...	197
Tabla 65. Lista de Equipos para el posicionamiento del empalme de sacrificio-A de faja (maniobra 5 y 6) .....	199
Tabla 66. Lista de Equipos y Herramientas para el posicionamiento empalme temporal B (maniobra 7) .....	200
Tabla 67. Lista de Equipos y Herramientas para primer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8 -1) .....	203
Tabla 68. Lista de Equipos y Herramientas para primer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8-2) .....	204
Tabla 69. Lista de Equipos y Herramientas para segundo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	205
Tabla 70. Lista de Equipos y Herramientas para tercer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	206
Tabla 71. Lista de Equipos y Herramientas para cuarto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	206

Tabla 72. Lista de Equipos y Herramientas para quinto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	207
Tabla 73. Lista de Equipos y Herramientas para sexto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	208
Tabla 74. Lista de Equipos y Herramientas para séptimo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	208
Tabla 75. Lista de Equipos y Herramientas para octavo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8) .....	209
Tabla 76. Lista de Equipos y Herramientas para noveno movimiento – maniobras de jalado (maniobra 9 y 10).....	210
Tabla 77. Lista de Equipos y Herramientas para empalme de cierre (maniobra 11) .....	212
Tabla 78. Resumen de las mejoras implementadas por actividad. Fase I .....	216
Tabla 79. Análisis de la mejora con respecto al tiempo Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora .....	217
Tabla 80. Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora .....	218
Tabla 81. Resumen de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora.....	221
Tabla 82. Análisis de Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs Método propuesto Fase II .....	223
Tabla 83. Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora .....	224
Tabla 84. Resumen de los tiempos totales del proceso de cambio de cinta transportadora. Fase I y Fase II. ....	226
Tabla 85. Cronograma de Implementación de la mejora. ....	227
Tabla 86. Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. (método mejorado).....	228
Tabla 87. Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método mejorado).....	230

Tabla 88. Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. (Propuesta de Mejora).....	231
Tabla 89. Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (Propuesta de Mejora).....	233
Tabla 90. Resumen del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y II. (Propuesta de Mejora).....	233
Tabla 91. Ahorro total generado por la disponibilidad de producción de 48 horas (Propuesta de Mejora) .....	234
Tabla 92. Relación beneficio costo de la Propuesta de Mejora .....	235
Tabla 93. Contrastaciones generales de las mejoras .....	236
Tabla 94. Resultado del estudio de métodos (actividades que agregan valor) antes y después de la mejora propuesta .....	238
Tabla 95. Resultado de la eficiencia en tiempo proceso de cambio de cinta transportadora.....	239
Tabla 96. Análisis descriptivo del antes y después de la eficiencia en tiempo....	240
Tabla 97. Estadísticos de prueba de la eficiencia en tiempo .....	240
Tabla 98. Resultado de la eficiencia en costo fase I y fase II del proceso de cambio de cinta transportadora .....	241
Tabla 99. Análisis descriptivo del antes y después de la eficiencia en costos ....	242
Tabla 100. Estadísticos de prueba de Eficiencia en costos .....	243
Tabla 101. Estadígrafos .....	244
Tabla 102. Prueba de normalidad de la eficiencia .....	244
Tabla 103. Estadísticos de prueba de Eficiencia .....	245
Tabla 104. Estadísticos de prueba de eficiencia .....	246
Tabla 105. Estadígrafos, eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta.....	247
Tabla 106. Estadísticos descriptivos eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta .....	248
Tabla 107. Estadígrafos de prueba de la eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta .....	248
Tabla 108. Estadígrafos, prueba de normalidad de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta .....	249

Tabla 109. Estadígrafos descriptivos de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta .....	250
Tabla 110. Estadígrafos de prueba de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta .....	251



## Índice de figuras

Figura 1. Producción de cobre por empresas mineras en Perú a enero 2021 .....	2
Figura 2. Producción de molibdeno por empresas mineras en Perú a enero 2021.	3
Figura 3. Diagrama causa – efecto del bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora .....	7
Figura 4. Gráfico Pareto, el gráfico Pareto nos muestra el acumulado de las causas secundarias .....	15
Figura 5. Funciones de la Ingeniería de métodos.....	27
Figura 6. Características de la Ingeniería de métodos .....	29
Figura 7. Simbología que representan un trabajo.....	36
Figura 8. Lenguaje y símbolos de Ingeniería de métodos .....	37
Figura 9. Tiempo total de operación .....	41
Figura 10. Estudio del trabajo .....	43
Figura 11. Pasos para el Estudio de Métodos .....	44
Figura 12. Símbolos ASME para diagramas de flujo. ....	47
Figura 13. Actividades productivas e improductivas de acuerdo a la simbología..	48
Figura 14. Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Proceso DOP .....	49
Figura 15. Ejemplo de Diagrama de Análisis de Proceso DAP.....	50
Figura 16. Ejemplo de un Diagrama de Recorrido.....	51
Figura 17. Preguntas para el Análisis de Métodos .....	53
Figura 18. Componentes del tiempo estándar .....	56
Figura 19. Diseño de Investigación Cuasi Experimental.....	65
Figura 20. Ecuación de % de actividades eficientes.....	66
Figura 21. Ecuación de eficiencia en tiempo .....	66
Figura 22. Ecuación de eficiencia en costo .....	67
Figura 23. Proceso operativo de Minera Las Bambas .....	73

Figura 24. Valores de la empresa Minera Las Bambas .....	75
Figura 25 (1 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora) .....	76
Figura 25 (2 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora) .....	77
Figura 26. Layout actual del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I ..	78
Figura 27. Forma esquemática del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método actual) .....	79
Figura 28. Generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro .....	80
Figura 29. Cronograma del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado Antes de la mejora).....	87
Figura 30. Cronograma del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Real Antes de la mejora).....	95
Figura 31 (1 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora) .....	97
Figura 31 (2 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora) .....	98
Figura 32. Diagrama de análisis del proceso de cambio de cinta transportadora .....	100
Figura 33. Diagrama de barras de actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora).....	102
Figura 34. Cronograma de ejecución del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado Antes de la mejora) .....	106
Figura 35. Cronograma de ejecución del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real antes de la mejora) .....	111
Figura 36. Consideraciones a la hora de seleccionar el trabajo de estudio ..	113
Figura 37. Gráficos y diagramas de uso más corriente en el estudio de métodos. ....	117

Figura 38. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método actual).....	119
Figura 39. Diagrama de barras de actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora) .....	121
Figura 40. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Método mejorado) .....	132
Figura 41. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método propuesto).....	133
Figura 42. Cronograma propuesto del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I.....	137
Figura 43. Área de ejecución de blondas tipo libro .....	140
Figura 44. Área de plegado de faja tipo libro .....	141
Figura 45. Layout propuesto del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I.....	150
Figura 46. Medición y trazado. ....	156
Figura 47. Pelado de Punta de Faja.....	158
Figura 48. Realización de la ventana .....	159
Figura 49. Colocación de las cuerdas de piano.....	160
Figura 50. Jalado de Garra con winche.....	160
Figura 51. Corte de punta. ....	161
Figura 52. Retiro de cover de retorno.....	161
Figura 53. Pulido con motor recto .....	162
Figura 54. Aplicación de cemento vulcanizante.....	162
Figura 55. Cables marcados con cintas .....	163
Figura 56. Puntos centros para alineamiento. ....	164
Figura 57. Colocación de eslingas y tacos. ....	165

Figura 58. Colocación de cover de Retorno. ....	166
Figura 59. Tejido de Cables. ....	167
Figura 60. Relleno de cortes. ....	167
Figura 61. Vista del término del tejido .....	168
Figura 62. Cemento vulcanizante .....	168
Figura 63. Cemento vulcanizante en cover de carga .....	169
Figura 64. Colocación de la marca.....	170
Figura 65. Colocación de la marca.....	170
Figura 66. Colocación de Platos Calefactores.....	171
Figura 67. Colocación de Bolsas de Presión.....	172
Figura 68. Placas delgadas de aluminio sobre bolsas de presión. ....	172
Figura 69. Rieles asegurados con pernos.....	173
Figura 70. Data Logger .....	173
Figura 71. Tableros de control para regular temperatura. ....	174
Figura 72. Bombas para regular presión de las Bolsas. ....	174
Figura 73. Vulcanizado .....	175
Figura 74. Vista de Empalme Terminado .....	175
Figura 75. Colocación del tambor jalador para faja empalmada .....	177
Figura 76. Jalado de Faja con winche 20 ton. ....	177
Figura 77. Generación de blondas de faja tipo libro .....	178
Figura 78. Generación de blondas de faja tipo libro .....	178
Figura 79. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (Método mejorado) .....	179
Figura 80. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método propuesto).....	181

Figura 81. Cronograma propuesto del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II.....	184
Figura 82. Layout rutas de desvió vehicular para los cierres de vía requeridos para la ejecución de los trabajos de cambio de faja .....	186
Figura 83. Layout facilidades para el cambio de faja .....	188
Figura 84. Jalado de Extremo Libro N°1 / Plataforma Inferior hacia “Empalme de Sacrificio A” .....	189
Figura 85. Jalado del Último Extremo Libro / Plataforma Inferior hacia “Empalme de Sacrificio A” .....	192
Figura 86. Perfil de Faja 0220-CVB-0004.....	194
Figura 87. Instalación de belt Clamps y mordazas mecánicas. ....	195
Figura 88. Imagen de retiro de guardas .....	196
Figura 89. Vista de elevación sistema Take-up .....	196
Figura 90. Corte de Faja 0220-CVB-0004 .....	197
Figura 91. Vista de Planta y Elevación / ubicación “Empalme de sacrificio A” ....	198
Figura 92. Vista de elevación / ubicación “Empalme de sacrificio B” .....	200
Figura 93. Vista de elevación maniobra de Ingreso faja nueva & Retiro de faja existente .....	202
Figura 94. Maniobra primer jalado de faja. ....	203
Figura 95. Detalle de mesa desviadora #3.....	203
Figura 96. Maniobra segunda jalado de faja. ....	204
Figura 97. Vista de planta / Esquema Maniobras / Empalme de Cierre.....	211
Figura 98. Vista de Sección / Esquema de Ubicación / Empalme de Cierre .....	211
Figura 99. Evaluación del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. Antes y después de la implantación del Estudio de Trabajo .....	214
Figura 100. Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas de la Fase I. Antes y después de la mejora propuesta. ....	215

Figura 101. Cuadro de barras de eficiencia de por actividades productivas de la Fase I. Antes y después de la mejora propuesta.....	217
Figura 102. Cuadro de barras de Análisis de la mejora con respecto al tiempo Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora. ....	217
Figura 103. Cuadro de barras de Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora .....	218
Figura 104. Evaluación del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II, antes y después de la implantación del Estudio de Trabajo .....	220
Figura 105. Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora.....	221
Figura 106. Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora.....	223
Figura 107. Cuadro de barras de Análisis de Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs Método propuesto. Fase II .....	224
Figura 108. Cuadro de barras Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora. ....	225
Figura 109. Actividades que agregan valor antes y después de la mejora propuesta.....	238
Figura 110. Tiempo antes y después de la propuesta de mejora .....	239
Figura 111. Eficiencia en costo antes y después de la propuesta de mejora.....	242

## Resumen

La presente investigación busca solucionar el problema de bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora en minera Las Bambas (Específicamente desde los puntos de vista de tiempo y costos), para ello se determinará como la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, estableciendo objetivos general y específicos, hipótesis general y específica con los esfuerzos de mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora. La metodología aplicada a la presente investigación es Investigación aplicada, el tipo de investigación descriptiva con enfoque cuantitativo, la unidad de estudio es el proceso de cambio de cinta transportadora 220-CVB-0004. Se aplicó la ingeniería de métodos, obteniéndose una eficiencia negativa tanto en tiempos como en costos antes de la mejora y después de la mejora se obtuvo el 33,33% (sig.=0,021) de eficiencia en tiempo y un 56,61% (sig.=0,000) eficiencia en costos, obteniéndose un ratio beneficio / Costo de 3.85, se concluye que la aplicación de la ingeniería de métodos mejoró la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas.

Palabras clave: Cinta transportadora, Ingeniería métodos, eficiencia, tiempo, costos.

## **Abstract**

This research seeks to solve the problem of Low level of efficiency in the process of changing the conveyor belt in minera Las Bambas (Specifically from the point of view of time and costs), for this it will be determined as the Application of Engineering methods of improves the efficiency of the cvb-0004 conveyor belt change process in minera Las Bambas, Apurímac 2021, establishing general and specific objectives, general and specific hypothesis with the efforts to improve the efficiency of the conveyor belt change process. The methodology applied to this research is Applied Research, the type of descriptive research with a quantitative approach, the unit of study is the Conveyor Belt Change Process 220-CVB-0004. Method engineering was applied, obtaining a negative efficiency in both times and costs before the improvement and after the improvement, 33.33% (sig. = 0.021) of efficiency in time and 56.61% (sig. = 0.000) cost efficiency, obtaining a benefit / cost ratio of 3.85, it is concluded that the application of method engineering improved the efficiency of the cvb-0004 conveyor belt change process in minera Las Bambas.

Keywords: Conveyor belt, Engineering methods, efficiency, time, costs.



## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Realidad problemática.**

Los sistemas de cintas transportadoras se han utilizado para transportar cargas generales, bajo el principio de transporte continuo. Uno de los sectores con mayor demanda de utilización es el sector minero, ya que ello permite transportar grandes volúmenes de mineral de forma rápida y eficiente.

La eficiencia está relacionada con los procesos en una organización, procesos logísticos, administrativos, operativos y demás, y que conjuntamente nos muestran una eficiencia global del proceso, en las unidades mineras del mundo dentro de sus procesos operativos se encuentra el área de mantenimiento que es la encargada de dar la confiabilidad y disponibilidad a los equipos como chancadoras primarias, cintas transportadoras, chancadoras HPGR, Molinos SAG, Celdas de flotación entre otros.

Hoy en día la importancia de las cintas transportadoras en la minería a nivel mundial ha venido avanzando de forma exponencial. Según los especialistas, hace tres o cuatro décadas atrás si se realizaba una evaluación técnico-económica y se comparaba un proceso de carguío o transporte de mineral existían tres alternativas, utilización de camiones, utilización de trenes o el uso de cintas transportadoras, siendo los camiones de mayor importancia, luego el tren y por último las cintas transportadoras.

Las cintas transportadoras tenían una aceptación baja debido a que la tecnología aplicada antiguamente al desarrollo de estas no cumplía con características técnicas competitivas y resistentes en comparación con otros equipos de acarreo. Asimismo, existía incertidumbre respecto a los empalmes (en frío o vulcanizado en caliente), los compuestos y especialmente los sensores de ruptura en caso de un corte longitudinal de la cinta transportadora.

Sin embargo, en los últimos 15 años la tecnología ha permitido desarrollar cintas transportadoras más fuertes y resistentes, incorporándose con mayor auge la electrónica y la administración de sistema informáticos, permitiendo la instalación de diversos sensores y avanzados sistemas de monitoreo en tiempo real de los

datos de las diversas variables que intervienen en el proceso productivo. (Revista Exponor 2015)

La industria minera en el Perú ha ganado una posición de liderazgo a nivel mundial, esto se debe a su rico potencial geológico, a su competitividad en términos de costos operativos, talento humano y experiencia, así como a los atractivos regímenes legales y tributarios que mantiene, siendo una buena opción para los inversores internacionales.

Perú es considerado el segundo productor mundial de cobre, plata y zinc; también mayor productor de oro, zinc, plomo y estaño de la región; asimismo, es el país con mayores reservas de plata del mundo, destacándose también en oro, zinc, plomo y molibdeno en Latinoamérica; asimismo, existen importantes depósitos de recursos no metálicos como fosfatos, litio y uranio. Estos minerales producidos en el Perú son de gran demanda en el mercado mundial actual. (ESTAMIN enero 2021)

Sin embargo, uno de los factores que aqueja la productividad del sector minero y específicamente en minera Las Bambas es el proceso de transporte de mineral por fajas transportadoras y los diferentes servicios que tienen como fin el mantenimiento de las fajas.

Minera Las Bambas representa un gran productor a nivel nacional con un 11.5% de la producción nacional de cobre y una producción de 14.4% de molibdeno.

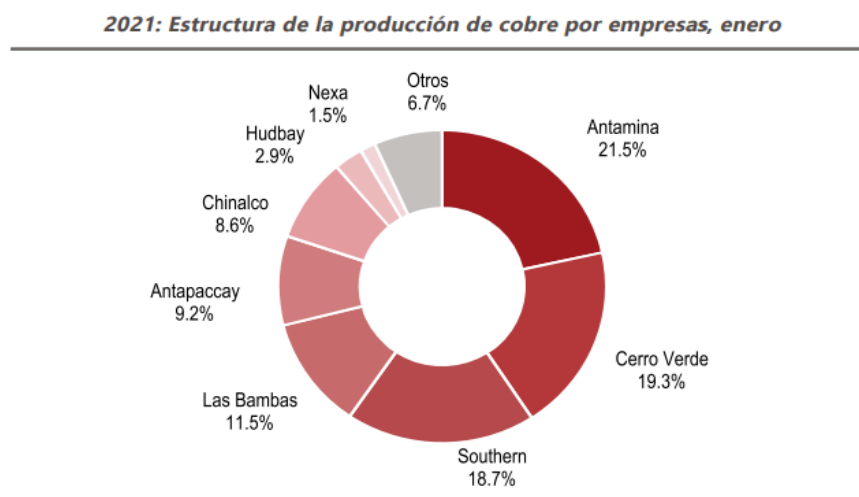


Figura 1. Producción de cobre por empresas mineras en Perú a enero 2021

Fuente: ESTAMIN enero 2021

2021: Estructura de la producción de molibdeno por empresas, enero

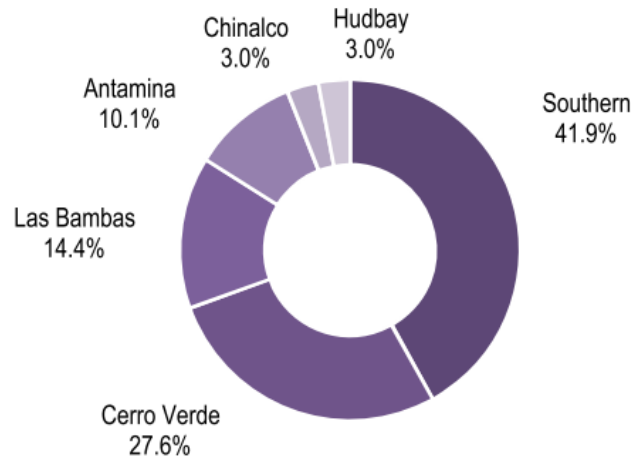


Figura 2. Producción de molibdeno por empresas mineras en Perú a enero 2021

Fuente: ESTAMIN enero 2021

Minera Las Bambas lleva a cabo su proceso productivo, a través de un proceso de minería convencional (minado, chancado, molienda, flotación), luego del cual obtiene concentrados de Cobre y Molibdeno con una producción anual de 598.196 toneladas (a marzo 2021, con mayor potencial de producción).

El proyecto minero inicio sus operaciones en noviembre del 2015, como todo equipo en funcionamiento tienden a sufrir desgaste, en este caso el proceso de operación de las fajas transportadoras hace que estas sufran desgastes y anomalías como pueden ser: desgaste de cover carga y retorno, fisuras de cables, desprendimiento de cover, daños en los empalmes, entre otras fallas.

En la actualidad el proceso transporte de mineral grueso es transportado por 3 fajas transportadoras (faja CVB-0001, faja CVB-0003 y faja CVB-0004), siendo la faja CVB-0004 de 5576 metros de longitud la que alimenta el mineral al stockpile (pila de almacenamiento). La faja overland CVB-0004 desde sus inicios del funcionamiento ha presentado problemas físicos, los cuales fueron atendidos a través de paradas programadas y correctivas de mantenimiento en las cuales se realizaron acciones como dos injertos de faja ambos de 1400 metros, uno ejecutado en mayo del 2017 causado por un corte longitudinal de faja y el otro en abril del 2018 (causado por desgaste de cover y ruptura de cables), en su momento otras

medidas correctivas fueron las reparaciones en caliente, recuperación de cover, instalación de grapas, aplicación de loretanos, entre otras acciones, pero que hasta cierto punto solo representaron la aspirina para el dolor de cabeza (soluciones de corto plazo).

Por ello minera Las Bambas realizó un proyecto de cambio de cinta transportadora CVB-0004 (cambio total de faja transportadora), dicho proyecto fue ejecutado en febrero del 2019 con un tiempo de parada programado de 144 horas (6 días), la vida estimada de una faja transportadora marca contitech (Faja actualmente instalada) es de 6 años en condiciones de operación del lugar, por datos teóricos la planificación de cambio de esta faja debería de realizarse en febrero del 2025, pero dada las condiciones de operación y el estado actual de faja se estima que el cambio de faja deberá realizarse antes de lo programado, se estima en febrero del 2023. Sin embargo, también la faja ha presentado problemas físicos, los cuales fueron atendidos a través de paradas programadas y correctivas de mantenimiento en las cuales se realizaron acciones como dos injertos de faja, el primero ejecutado en enero del 2020 causado por daños en cables (27 en total) y el otro de 350 m en abril del 2020, la faja presentaba desgaste severo (causado por desgaste de cover, ruptura de cables entre otros), actualmente se realizan reparaciones en caliente, y frío, como medida correctiva.

Las 3 fajas transportadoras (CVB-0001, CVB-0003 Y CVB-004) operan en serie respectivamente, la CVB-004 es la más crítica en la actualidad, por sus continuas fallas, el problema fundamental del actual proceso de cambio de cinta transportadora es el tiempo y recursos que demanda su ejecución, cabe mencionar que los tiempos de parada programada en el área de chancado primario representan máximo 96 horas y la propuesta actual demora 144 horas, el cual estaría por encima de un tiempo de parada programado normal, uno de las causas que extienden los tiempos y recursos para el cambio de la faja es que no se ha aplicado herramientas de trabajo como la ingeniería de métodos que permita tener un proceso eficiente (Solo se ha analizado desde el punto de vista de ingeniería), nuestra propuesta busca mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora mediante la mejora del proceso de cambio de faja y reducción del tiempo requerido (menos tiempo de parada se traduce en mayor disponibilidad de

equipos) lo cual permitiría una mayor producción, beneficiando la productividad de MMG, por lo que es necesario trabajar en una propuesta que permita optimizar el tiempo de cambio de faja transportadora.

El tiempo actual del proceso de cambio de cinta transportadora es mayor al tiempo de una parada programada, retrasando el inicio del arranque del proceso de chancado primario y fajas overland, afectando su disponibilidad operativa y capacidad de procesamiento del mineral.

Conforme al proceso de cambio de cinta transportadora analizada y la cual fue ejecutada en febrero del 2019, se identificaron las causas del problema, las cuales se enumeran a continuación:

**Tabla 1.** Descripción de causas del bajo nivel de eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora.

N°	Descripción de causas
C1	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora
C2	Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo
C3	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería
C4	Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta
C5	Gran cantidad de materiales requeridos
C6	Diversidad de materiales requeridos
C7	Falta de estimación de tiempos por actividad
C8	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto
C9	Duplicidad de equipos
C10	Equipos que requieren gran diseño
C11	Espacio reducido para trabajos en forma paralela
C12	Condiciones climatológicas adversas

Fuente: elaboración propia

La metodología aplicada para la identificación de las causas es la lluvia de ideas (brainstorming), estas causas las clasificaremos usando la herramienta del diagrama de Ishikawa para mejor entendimiento y análisis de las causas raíz como se muestra a continuación.

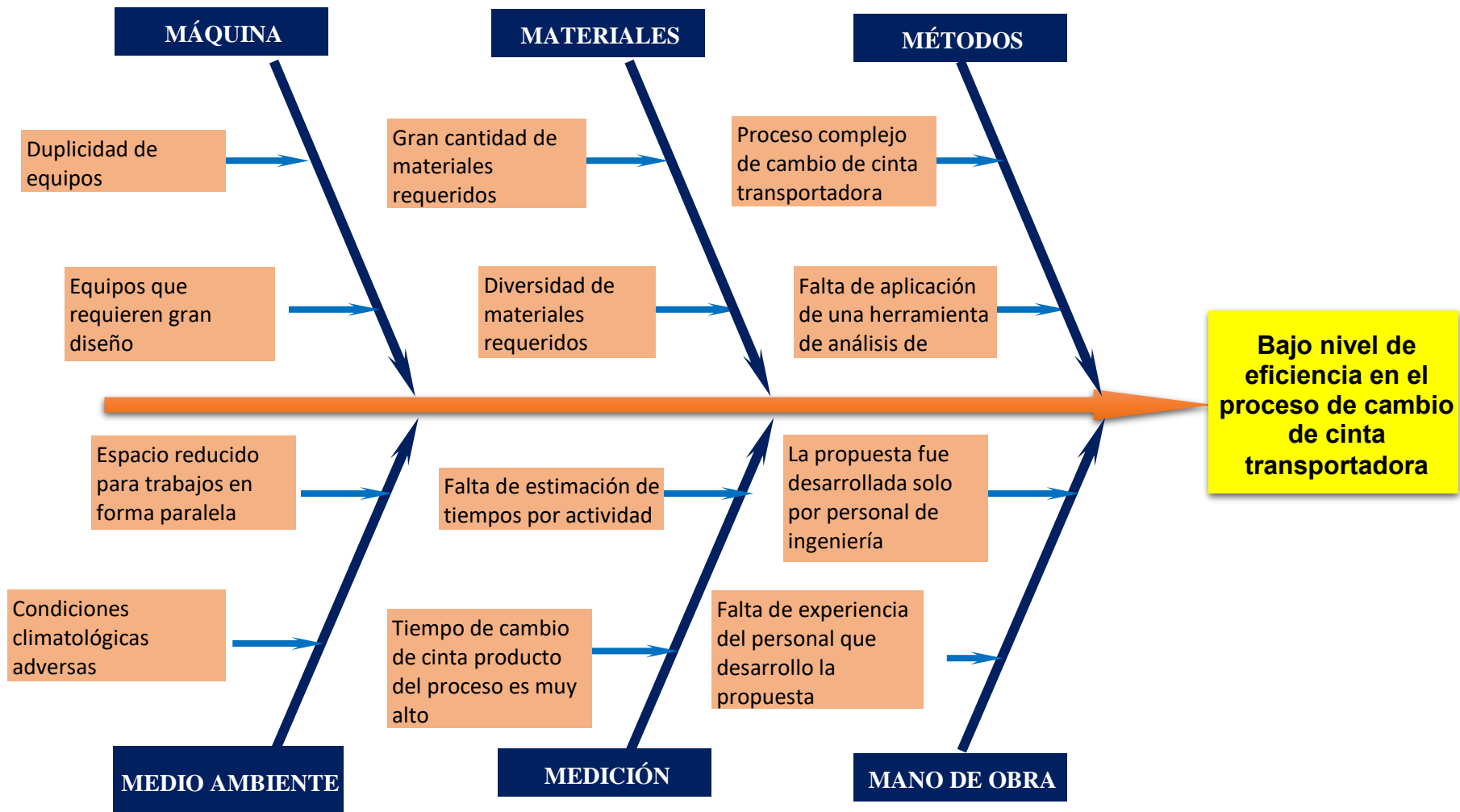


Figura 3. Diagrama causa – efecto del bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora

Fuente: elaboración propia

El diagrama de Ishikawa nos muestra las causas clasificadas según su categoría, así como también el principal problema como es el “Bajo nivel de eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora”, para poder determinar que categoría y / o causas son la de mayor ponderación y que afectan al problema realizaremos una matriz de enfrentamiento como se muestra a continuación:

**Tabla 2.** Ponderación de las causas primarias

	Mano de Obra	Materiales	Maquinaria y Equipos	Medio Ambiente	Métodos	Medición	Puntuación Total	Puntuación Porcentual
Métodos	1	1	1	1	0	1	5	33.33%
Medición	1	1	1	1	0	0	4	26.67%
Mano de Obra	0	1	1	1	0	0	3	20.00%
Maquinaria y Equipos	0	0	0	1	0	0	1	6.67%
Medio Ambiente	0	1	0	0	0	0	1	6.67%
Materiales	0	1	0	0	0	0	1	6.67%
							15	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Identificado el problema principal, procederemos a analizar las causas raíz desde el nivel de causas primarias y secundarias, para ello utilizaremos la herramienta de la matriz de enfrentamiento tanto para las causas primarias, así como también para las causas secundarias.

En la tabla N°2, se muestra las causas primarias sometidas a un enfrentamiento entre todas ellas, así, todas las causas primarias las colocamos en forma vertical (Primera columna) y en forma horizontal (Primera fila), luego tomamos la primera causa primaria “Mano de obra” y la enfrentamos con la primera causa de la fila que coincidentemente es también “Mano de obra”, en este caso en la intersección colocamos 0 (si y solo si la causa de la fila es la misma causa que de la columna), luego continuamos haciendo que el primer elemento de la columna ahora se enfrente al segundo elemento de la fila, si el primer elemento de la columna tiene mayor relevancia sobre el segundo elemento de la fila, se colocará 1, caso contrario se coloca cero, de esta forma se procede a realizar el enfrentamiento de todas las



causas “todas contra todas”, de tal forma que todos los casilleros deben quedar llenos ya sea por valores de 1 ó 0, de esta forma procedemos a realizar una suma horizontal (Columna puntuación total), y luego una suma vertical, ahora procedemos a calcular el equivalente en porcentaje (columna puntuación porcentual), de esta manera se obtiene la ponderación de las causas primarias, esto nos permitirá identificar las causas de mayor ponderación y tomar decisiones sobre que causa o causas primarias se debe de realizar los esfuerzos para solucionar gran parte del problema.

A continuación, se realiza un ordenamiento de las causas primarias según su porcentaje ponderado:

**Tabla 3.** *Ponderación de las causas primarias*

<b>Causas primarias</b>	<b>Porcentaje</b>
Métodos	33.33%
Medición	26.67%
Mano de Obra	20.00%
Maquinaria y Equipos	6.67%
Medio Ambiente	6.67%
Materiales	6.67%
<b>Total</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: elaboración propia

La Tabla N°3, nos lleva a concluir que la causa primaria que mayor impacto tiene sobre el problema son los “métodos” con un 33.33%, en segundo lugar, tenemos a la medición con 26.67%, tercero está la mano de obra con un 20.00%, cuarto “maquinaria y equipos” con un 6.67%, quinto medio ambiente también con 6.67% y por último materiales.

A continuación, vamos a unificar las causas primarias y las causas secundarias con el objetivo posterior de cuantificar su ponderación con respecto al problema principal:

**Tabla 4.** Integración de Causas primarias y causas secundarias

N°	Causas primarias	Causas secundarias
1	MÉTODOS	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora
2		Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo
3	MEDICIÓN	Falta de estimación de tiempos por actividad
4		Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto
5	MANO DE OBRA	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería
6		Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta
7	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Duplicidad de equipos
8		Equipos que requieren gran diseño
9	MEDIO AMBIENTE	Espacio reducido para trabajos en forma paralela
10		Condiciones climatológicas adversas
11	MATERIALES	Gran cantidad de materiales requeridos
12		Diversidad de materiales requeridos

Fuente: elaboración propia

A continuación, se realiza una matriz de correlación entre las causas secundarias bajo la misma metodología de las causas primarias “Matriz de correlación”.

**Tabla 5. Matriz de correlación- causas secundarias**

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12		
		Proceso complejo de cambio de cinta	Falta de aplicación de una herramienta de	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería	Falta de experiencia del personal que desarrollo	Gran cantidad de materiales requeridos	Diversidad de materiales requeridos	Falta de estimación de tiempos por actividad	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto	Duplicidad de equipos	Equipos que requieren gran diseño	Espacio reducido para trabajos en forma	Condiciones climatológicas adversas	Puntuación	Ponderación
C1	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	16.67%
C2	Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	15.15%
C3	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6	9.09%
C4	Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	7	10.61%
C5	Gran cantidad de materiales requeridos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1.52%
C6	Diversidad de materiales requeridos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
C7	Falta de estimación de tiempos por actividad	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	8	12.12%

C8	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9	13.64%
C9	Duplicidad de equipos	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	4	6.06%
C10	Equipos que requieren gran diseño	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	5	7.58%
C11	Espacio reducido para trabajos en forma paralela	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	3	4.55%
C12	Condiciones climatológicas adversas	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3.03%
														66	100.00%

Fuente: elaboración propia

La tabla 05, nos permite saber el impacto que tiene cada causa secundaria sobre el problema principal, gracias a la ponderación identificaremos las principales causas secundarias y así poder trabajar en una solución sobre ellas, para ello es necesario ordenar las causas secundarias tal y como se muestra a continuación:

**Tabla 6.** Causas secundarias ordenadas según su ponderación

Cód.	Causas secundarias	Ponderación
C1	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora	16.67%
C2	Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo	15.15%
C8	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto	13.64%
C7	Falta de estimación de tiempos por actividad	12.12%
C4	Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta	10.61%
C3	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería	9.09%
C10	Equipos que requieren gran diseño	7.58%
C9	Duplicidad de equipos	6.06%
C11	Espacio reducido para trabajos en forma paralela	4.55%
C12	Condiciones climatológicas adversas	3.03%
C5	Gran cantidad de materiales requeridos	1.52%
C6	Diversidad de materiales requeridos	0.00%

Fuente: elaboración propia

La tabla 06, nos permite ver que la causa secundaria de mayor impacto es el proceso complejo de cambio de cinta transportadora con 16.67%, seguido de la falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo con 15.15% y así sucesivamente hasta llegar a diversidad de materiales requeridos con (0.00%).

A fin de ser más objetivos cuantitativamente vamos a realizar una ponderación entre las causas primarias y las causas secundarias con sus respectivos porcentajes, luego procedemos a realizar el producto de estos y poder determinar las causas más relevantes que impacta al problema tal y como se muestran a continuación:

**Tabla 7.** Integración de causas primarias y secundarias ponderadas

<b>N°</b>	<b>Causas primarias</b>	<b>Causas secundarias</b>	<b>%Causas secundarias</b>
1	MÉTODOS	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora	16.67%
2	MÉTODOS	Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo	15.15%
4	MEDICIÓN	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto	13.64%
3	MEDICIÓN	Falta de estimación de tiempos por actividad	12.12%
6	MANO DE OBRA	Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta	10.61%
5	MANO DE OBRA	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería	9.09%
8	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Equipos que requieren gran diseño	7.58%
7	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Duplicidad de equipos	6.06%
9	MEDIO AMBIENTE	Espacio reducido para trabajos en forma paralela	4.55%
10	MEDIO AMBIENTE	Condiciones climatológicas adversas	3.03%
11	MATERIALES	Gran cantidad de materiales requeridos	1.52%
12	MATERIALES	Diversidad de materiales requeridos	0.00%

Fuente: elaboración propia

La tabla 07, permite ver jerárquicamente cuales son las causas secundarias de mayor y menor ponderación, a partir de ello realizaremos el gráfico Pareto tal y como se muestra a continuación:

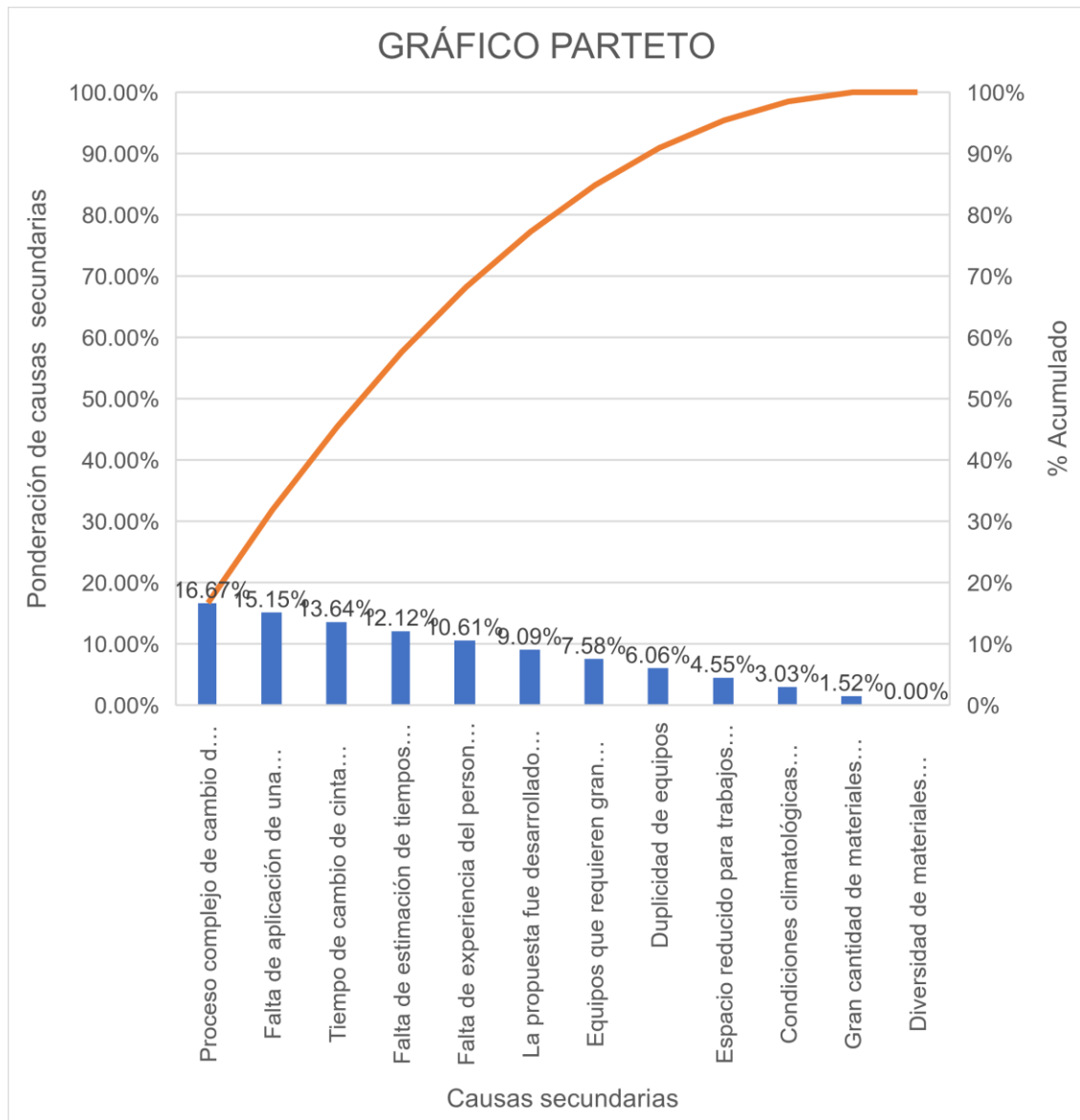


Figura 4. Gráfico Pareto, el gráfico Pareto nos muestra el acumulado de las causas secundarias

Del gráfico Pareto y de la tabla escogemos solucionar el acumulado hasta el 77.27%, representado por:

**Tabla 8.** Integración de causas primarias y secundarias - Acumulado

N°	Causas primarias	Causas secundarias	%Causas secundarias	% Acumulado
1	MÉTODOS	Proceso complejo de cambio de cinta transportadora	16.67%	16.67%
2	MÉTODOS	Falta de aplicación de una herramienta de análisis de trabajo	15.15%	31.82%
4	MEDICIÓN	Tiempo de cambio de cinta producto del proceso es muy alto	13.64%	45.45%
3	MEDICIÓN	Falta de estimación de tiempos por actividad	12.12%	57.58%
6	MANO DE OBRA	Falta de experiencia del personal que desarrollo la propuesta	10.61%	68.18%
5	MANO DE OBRA	La propuesta fue desarrollada solo por personal de ingeniería	9.09%	77.27%
8	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Equipos que requieren gran diseño	7.58%	84.85%
7	MAQUINARIA Y EQUIPOS	Duplicidad de equipos	6.06%	90.91%
9	MEDIO AMBIENTE	Espacio reducido para trabajos en forma paralela	4.55%	95.45%
10	MEDIO AMBIENTE	Condiciones climatológicas adversas	3.03%	98.48%
11	MATERIALES	Gran cantidad de materiales requeridos	1.52%	100.00%
12	MATERIALES	Diversidad de materiales requeridos	0.00%	100.00%

Fuente: elaboración propia

Esto nos lleva a definir textualmente el problema actual que se tiene con el proceso de cambio de cinta transportadora de CVB-0004 de unidad minera Las Bambas.

El tiempo actual del proceso de cambio de cinta transportadora es mayor al tiempo de una parada programada, retrasando el inicio del arranque del proceso de chancado primario y fajas overland, afectando su disponibilidad operativa y capacidad de procesamiento del mineral.



A continuación, se listarán las posibles alternativas de solución aplicables y se establecerá un criterio de evaluación como se describe a continuación:

- 1: Nada factible
- 2: Poco factible
- 3: Medianamente factible
- 4: Muy factible

**Tabla 9. Alternativas de Solución**

Alternativas	Criterios			Total
	Económico	Facilidad	Tiempo de ejecución	
KAISEN	2	3	2	7
SIX SIGMA	3	2	1	6
INGENIERÍA DE MÉTODOS	2	4	4	10
LEAN MANAGEMENT	3	4	1	8

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en la tabla N° 9, nos señala alternativas de solución planteadas, el puntaje más alto señala la opción adecuada.

- Una de la posible solución es el método “Six Sigma” método que evidencia y brinda una solución que generan la problemática, con alto costo y un tiempo de ejecución en el largo plazo
- Otra posible solución está representada por el kaisen, pero este está más enfocado a mejorar la calidad del proceso, por lo que no sería la más adecuada, según nuestra problemática a solucionar.
- Otra posible solución está representada por Lean Manufacturing que está enfocada en minimizar las pérdidas del sistema, pero requiere un tiempo de ejecución en el largo plazo
- La ingeniería de métodos es la alternativa idónea para mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora, esto se debe a que es una

metodología efectiva, de bajo costo, corto tiempo y eso lo hace como la mejor herramienta para solucionar el problema principal.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021?

¿Cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Determinar cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Determinar cómo la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

## **1.4 Hipótesis de la investigación**

### **1.4.1 Hipótesis general**

La Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021

#### **1.4.2 Hipótesis específicas**

- La Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.
- La Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

#### **1.4.3 Variables independientes**

Ingeniería de métodos

#### **1.4.4 Variable dependiente**

Eficiencia.

### **1.5 Justificación, importancia.**

#### **1.5.1 Justificación**

Hernández (2014) “Es necesario justificar el estudio mediante la exposición de sus razones (el para qué del estudio o el por qué debe efectuarse) la mayoría de las investigaciones se ejecutan con un propósito definido” (p. 40).

La presente investigación contempla 3 tipos de justificaciones la metodológica, práctica y económica las cuales describiremos a continuación.

#### **1.5.2 Justificación Metodológica**

Hernández (2014), nos menciona que la metodología se debe justificar respondiendo algunas preguntas como ¿Ayuda la investigación a dar origen a nuevas formas de juntar y procesar información? ¿Ayuda a dar una idea o variable, vínculo entre variables? ¿Se puede llegar a obtener mejoras en la forma de experimentar con una o más opciones? ¿Recomienda como analizar de forma idónea a un grupo poblacional?

La presente investigación propone desarrollar una nueva estrategia operativa de cambio de cinta transportadora que permita reducir y mejorar la eficiencia del proceso operativo, este conocimiento podrá ser aplicado en los posteriores cambios y como referencia a los otros cambios de cintas transportadoras de la unidad minera misma.

### **1.5.3 Justificación práctica**

Baptista, Fernández y Hernández (2014) sostienen que: “Al investigar su búsqueda considere una justificación práctica, en el instante de su aclaración brindadas a solucionar una función, propone apropiadas percepciones que al efectuar aportará a resolverlo” (p.41)

La presente investigación busca realizar una aplicación de la ingeniería de métodos para solucionar el problema principal y optimizar los tiempos, identificando tiempos ociosos, muertos e innecesarios y poder plantear la mejor estrategia de solución, desarrollar esta metodología nos permitirá cumplir con el objetivo trazado de la presente investigación.

### **1.5.4 Justificación económica**

Bernal sostiene que “La utilización de esta metodología aumentará la productividad, su finalidad económica es proporcionar suficientes componentes de juicio encima de los costos y beneficios del proyecto, establece el beneficio al uso planteado de los medios económicos” (2013, p. 19)

Al implementar un estudio basado en la ingeniería de métodos nos permitirá identificar todas las actividades con tiempos ociosos o actividades innecesarias o actividades que pueden ser optimizadas de tal forma que nos permitan ejecutar el cambio de cinta transportadora en un menor tiempo. En una planta minera reducir los tiempos de un proceso o actividad se traduce en ahorro de costos y mayor disponibilidad de la planta, por ende, mayor producción.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Trabajos previos

Respecto a las investigaciones previas internacionales referidas al tema de estudio tenemos los siguientes:

El trabajo de MONTESDEOCA, Edison (2015), realizado en la universidad técnica del norte de la ciudad de Ibarra en Ecuador, sobre el estudio de tiempos y movimientos para aumentar la productividad en una empresa de balanceo avícola; demostró que reduciendo el tiempo estándar en un 0.33 % segundos por unidad, aumentó la productividad en un 1.6 %. Al evaluar el tiempo estándar establecido permitió determinar los efectos de manera positiva logrando un ahorro mensual significativo, incrementando La utilidad. Asimismo, analizando otros factores como el ordenamiento la seguridad y la higiene del lugar de trabajo permitió una reducción del tiempo de 1 hora con 38 minutos a 13 minutos de una jornada de trabajo de 8 horas diarias.

Asimismo, ABURTO, Marina (2015) de la Universidad Nacional Autónoma de México, en su investigación sobre el estudio de tiempos y movimientos como métodos para reducir tiempos de operación en una empresa de residuos, su objetivo fue analizar un proceso operativo de la empresa utilizando las herramientas de tiempos y movimientos. El estudio permitió que se opere expeditamente en la infraestructura. Asimismo, dio a conocer los motivos que originan los problemas en la actividad. Al aplicar el estudio de tiempos y movimientos, dio a conocer las demoras ocurridas en el proceso. Utilizó el instrumento del estudio preestablecido o sintéticos del tiempo, el diagrama bimanual y el visual de movimientos. El estudio realizado permitió detallar las actividades que ocasionaban demoras en el proceso, desarrollándose un nuevo proceso de eliminación de dichas actividades y reducción de tiempos.

De igual manera PALACIOS, Eduardo (2016), de la escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito Ecuador, en su investigación sobre la implementación de un sistema de producción esbelta para mejorar la productividad en una empresa de procesamientos cárnicos, sin comprometer la calidad de los productos, ni el bienestar del personal, demostró que la implementación de este sistema, disminuyó

los tiempos del proceso en una línea de producción hasta un 23.92%, y la eficiencia aumentó hasta un 71%, mientras que en otra línea de producción de la empresa la productividad aumentó un 21,01%, y la eficiencia en un 35,71% en procesamiento de productos y un 33,99 % en productos terminados. Para la medición del trabajo el estudio utilizó un cronómetro empleando la medición directa, que contó con partes complementarias como: La elección de las actividades, para posteriormente elegir un personal competente, siguiendo con el análisis de la ingeniería del trabajo generando una estandarización de procedimientos con los métodos propuestos. Con el desarrollo de estos, el estudio, logró obtener un sistema estandarizado en la producción, con la medición oportuna, obteniendo así la disminución del tiempo de producción, evitando las actividades con horarios extendidos.

Asimismo, CAJAMARCA, Diego (2015), de la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá – Colombia, en su estudio de tiempos y movimientos de producción en planta, para mejorar la producción de fabricación de escudos en Kaia Bordados, la investigación tuvo como objetivo disminuir el número de productos fallados a través del estudio de métodos y tiempos y aumentar la rentabilidad de la empresa. Las herramientas de diagnóstico y análisis del problema para la ejecución del proyecto fueron diagrama causa – efecto, diagrama de Pareto, diagrama de proceso de flujo, diagrama de proceso de operaciones, diagrama proceso hombre – máquina, diagrama de mano derecha, mano izquierda; se desarrolló la medición del tiempo (cronometraje), donde se determinó el tiempo de la actividad realizada, seguidamente se valoriza los niveles de trabajo y desempeño del personal evaluando su adaptación y aceptación para determinar y/o hallar el tiempo estándar. Los resultados de la investigación fueron, que la adquisición y operación de una maquinaria bordadora de 4 cabezales, reduciría los periodos de bordado de 427.2 a 388.2, con lo cual se obtendrá más utilidades reduciría el número de productos terminados con defectos por consecuencia de una mala postura y mal estado de los hilos. Asimismo, el estudio permitió prestar atención a pequeñas acciones que normalmente no son consideradas y en ocasiones retrasan la producción.

De igual manera, RONQUILLO, Paul (2015), de la Universidad Técnica de Ambato - Ecuador, fundamenta su estudio sobre normalizar los diversos procesos de

fabricación en el área de montaje, en una empresa de calzado Wonderland, analizó diversos métodos de trabajo y tiempos de operación para lograr alcanzar su objetivo y además mejorar la productividad y disminuir las mermas producidas, este estudio fue de tipo aplicativo, la población de estudio que utilizó fue el personal del área de montaje, en relación con el estudio de tiempos el tamaño de la muestra se calculó determinando el número de ciclos apropiados para cada sub proceso del área mencionada, asimismo el instrumento empleado para la recolección de la información fue la observación directa en campo. Respaldándose en el estudio de métodos y apoyándose en un estudio de tareas, se procedió a generar guías técnicas y documentadas de los diversos procesos, estableciendo estándares de trabajo, cumplimiento los tiempos determinados, logrando eliminar diversas operaciones y esperas que no generen valor al producto, alcanzando un ahorro de 11.14 minutos por par de zapatos producidos o alrededor de 2 horas 1 minuto por cada lote de 12 pares de zapatos, aumentando la eficiencia en un 88% en su línea de producción. Esta investigación es vital pues ayuda en el diseño de implementación, en el cual está enfocado nuestro trabajo.

De igual manera OREJUELA, Mónica (2015), de la escuela Politécnica Nacional, diseño e implementó un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad, para mejorar la producción de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela, SEIMCO. El objetivo del proyecto fue acrecentar la productividad optimizando los recursos propios de la empresa, corrigió los procesos y procedimientos; optimizando el esfuerzo de la mano de obra y reduciendo el estrés y cansancio, disponiendo de manera adecuada la materia prima, equipos, herramientas, maquinarias, mano de obra, etc. Así como un mejor ambiente laboral y prevaleciendo la seguridad. Este estudio fue de tipo aplicativo, con diseño cuasi experimental, estudia teorías que ayudan a implementar y brindar soluciones a los problemas usuales que hay en la empresa. La implementación de las mejoras en el proceso de producción y la distribución de los centros de trabajo mejoró la productividad en un 34 %, reduciendo costos unitarios en un 26% respecto al método anterior. Este aumento de la producción mensual mejoró el margen del precio de venta, permitiendo un incremento de un 65%, así por cada dólar que ingresa mensual a la empresa, esta gana 0.65 centavos de dólar. La investigación de Orejuela es de vital importancia ya que permitirá optimizar los

procesos productivos y reducir la fatiga en los trabajadores en la empresa donde se desarrollará la presente investigación, para evitar los accidentes y tiempos improductivos.

En el trabajo de MORENO, Pallares (2017), de la escuela Politécnica Nacional de Quito - Ecuador, en su estudio, Propuesta de mejoramiento de la productividad, en la línea de elaboración de armadores, a través de un estudio de tiempos del trabajo, en la empresa de productos plásticos PARTIPLAST. El objetivo fundamental del proyecto es mejorar la productividad basándose en un estudio de tiempos del trabajo, estableciendo un tiempo estándar para ser más eficiente la línea de producción, fue un estudio del tipo aplicada, usando la metodología de estudio de tiempos el cronometraje de vuelta a cero. Los resultados de la aplicación de la metodología determinaron un incremento de la productividad de la mano de obra de un 16,67%, y un 1% de productividad de las máquinas, asimismo, se redujo el tiempo de operación, se determinó el nuevo tiempo estándar que es de 14.10 minutos, con una diferencia de 28 segundos respecto al anterior. El estudio de Moreno nos permitirá hacer un estudio del tiempo estándar y comparar con la eficiencia del proceso la cual está enfocado en el trabajo.

Respecto a las investigaciones nacionales se tienen las siguientes:

En el trabajo de ULCO, Claudia (2015), de la Universidad César Vallejo Trujillo - Perú, en su investigación sobre la Aplicación de ingeniería de métodos en el proceso productivo de cajas de calzado para mejorar la productividad de mano de obra en la empresa INDUSTRIAS ART PRINT. Tuvo como objetivo de investigación la aplicación del estudio de movimientos y métodos en la línea de producción de cajas para calzado para mejorar la productividad de mano de obra, la aplicación de esta herramienta se centró en mejorar los procesos de producción estableciendo los Tiempos y movimientos del proceso enfocándose en determinar el nuevo tiempo estándar conseguido con los estudios, asimismo, permitió evaluar la productividad del sistema. Este estudio fue de tipo aplicada, con diseño pre-experimental, adecúa a los fundamentos teóricos del estudio de tiempos, movimientos y la productividad de mano de obra, y brinda una respuesta a la realidad problemática actual que presenta la dimensión del estudio. Utilizando como técnicas e instrumentos de recolección de datos la entrevista, la observación directa, el cronometraje, así como



las herramientas de ingeniería de métodos DAP, DH-M, Ishikawa y Pareto. Los resultados de la investigación fueron, en el estudio de tiempos del proceso después de la mejora se logró determinar un nuevo tiempo estándar con una reducción de 29.56 min/mil, mejorando la productividad en un 23.7%. Esta investigación nos permitirá realizar un estudio de métodos de trabajo aplicando la herramienta de ingeniería de métodos en el proceso que queremos mejorar para reducir los tiempos de este y por ende mejorar la eficiencia del proceso.

ROJAS (2017) “Aplicación de estudio del trabajo para incrementar la productividad en el área de hilandería en la empresa Intratex S.A.C. Callao” para optar el título de Ingeniero Industrial de la Universidad César Vallejo. ROJAS en su investigación menciona que la implementación del estudio del trabajo mejora la productividad en el área de hilandería en la empresa Intratex S.A.C. a través del estudio del trabajo se logró la reducción de tiempos en la elaboración de 20000 kg de hilos, que antes tomaba un tiempo de 34.20 días para conseguir la meta, y en 30 días se obtenía la producción de 17544.56 kg, que no conseguía la meta implantada realizando una productividad de 42%, con la mejora implementada se logró elaborar 20387 kg de hilos en un periodo de 30 días y se obtuvo una productividad de 49 %, aumentando en 7% la productividad, La eficiencia en el área de hilandería después de la aplicación de estudio del trabajo se optimizó en un 12.00 % este aumento de eficiencia es debido a la implementación de mejoras que permitieron reducir los tiempos.

Asimismo, Rosas, Jean (2017), de la Universidad César Vallejo Lima - Perú, en su investigación sobre la Aplicación de Ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el proceso de montaje en la línea de producción de reconectores en la empresa Resead S.A.C. Tuvo como objetivo determinar en qué medida la aplicación de la ingeniería de métodos mejora la productividad. Este estudio fue de tipo aplicada, con diseño cuasi experimental, adecúa a los fundamentos teóricos del estudio y brinda una respuesta a la realidad problemática actual que presenta la dimensión del estudio. Utilizando como técnicas e instrumentos de recolección de datos la observación directa y el cronometraje. Los resultados principales de la investigación fueron que, la aplicación de la ingeniería de métodos mejoró la productividad de un 67.34% a un 90.06%, mejorando un

22.72%, asimismo, se determinó que la eficiencia mejoró en un 3.30%. Esta investigación es de vital importancia porque nos permitirá desarrollar e implementar metodologías que incrementen la productividad y mejoren la eficiencia en los procesos productivos.

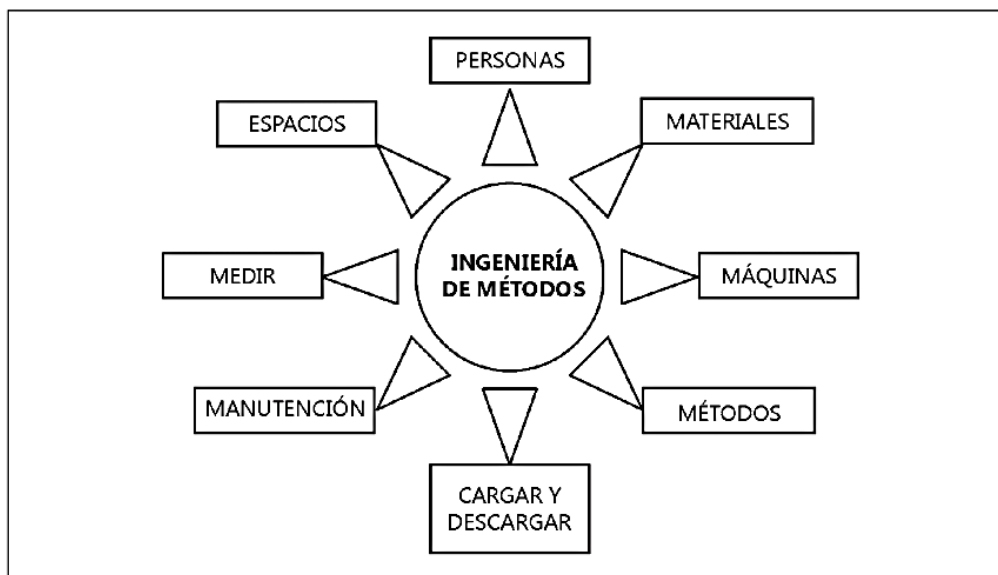
LLONTOP PALOMINO, Betzabe (2017), en su investigación “Aplicación del estudio del trabajo para incrementar la productividad en la fabricación de bolsas Real Garza en Polybags Perú S.R.L. en SJL – 2017” para optar el título de ingeniero industrial de la universidad César Vallejo. Llontop concluye lo siguiente, que la aplicación del Estudio del Trabajo mejora la variable productividad, observándose en la media del antes y después, en donde el incremento fue de un 32.25%; para determinar la productividad se usó la fórmula de la multiplicación de la eficiencia por eficacia. El valor de la eficiencia post implementación del estudio se logró incrementar en 17% lo mismo sucedió con respecto a la eficacia que aumentó en 12.3%. Asimismo, el estudio de trabajo ayuda a reducir tiempos improductivos como son los desplazamientos innecesarios realizados por los operarios. Además, esta aplicación llevó a que la empresa obtuviera un ahorro mensual de S/.3500.02.

Asimismo, Ganoza, Rodrigo. (2018), de la Universidad Privada del Norte Trujillo - Perú, en su investigación sobre Aplicación de la ingeniería de métodos para incrementar la productividad en el área de empaque de la empresa Agroindustrial Estanislao del Chimú. Tuvo como objetivo aplicar la ingeniería de métodos en el proceso de empaque de la empresa, para incrementar la productividad. Este estudio fue de tipo aplicada, con diseño experimental, utilizó como técnicas e instrumentos de recolección de datos la entrevista y la observación directa. Su población y muestra fueron todas las operaciones del área de empaque de la empresa agroindustrial, los resultados principales de la investigación fueron que, la aplicación de la ingeniería de métodos mejoró la productividad en un 37,5%, con un ahorro de costo de mano de obra significativo. Esta investigación es de vital importancia porque nos ayuda en el diseño de la implementación.

A continuación, se hace referencia a las teorías relacionadas con las variables de estudio de la presente investigación, teniendo como referencia las definiciones de autores.

## 2.2. Variable independiente: Ingeniería de métodos

Según Luis Carlos Palacios Acero (agosto de 2009), manifiesta que la ingeniería de métodos tiene en cuenta que el papel que desempeña una persona en cualquier parte de la organización, desde el gerente hasta el último de los trabajadores. Asimismo, se ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. El objeto consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asignen.



*Figura 5.* Funciones de la Ingeniería de métodos

La importancia de la ingeniería de métodos radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una persona es cada vez más alto. Es evidente que el ser humano es y será por mucho tiempo, una parte importante del proceso de producción en cualquier tipo de planta. Pero también es cierto, que su óptimo aprovechamiento dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad.

La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. Por tanto, se encarga de prever:

- ¿Dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados?
- ¿Cómo puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan?
- ¿Qué método debe seguir y cuál debe ser la distribución de materiales, herramientas, accesorios y equipos en la estación de trabajo?
- ¿Cómo debe cargar y descargar las máquinas y acelerar su puesta en marcha?
- ¿Cuál debe ser el empaque, envase y embalaje del producto terminado?
- ¿Cómo debe ser el manejo, transporte y almacenamiento de los materiales y productos terminados?
- Medir el trabajo para asignar cargos, teniendo en cuenta los niveles de habilidad de las personas, los grados de mecanización, las condiciones de trabajo y el volumen o cantidad de productos o servicios.
- Aprovechamiento de recursos humanos.
- Aprovechamiento del espacio en sus tres dimensiones.
- Aprovechamiento de equipos, por cuanto la inversión en los mismos es cada vez mayor.
- Eliminar toda clase de desperdicios.

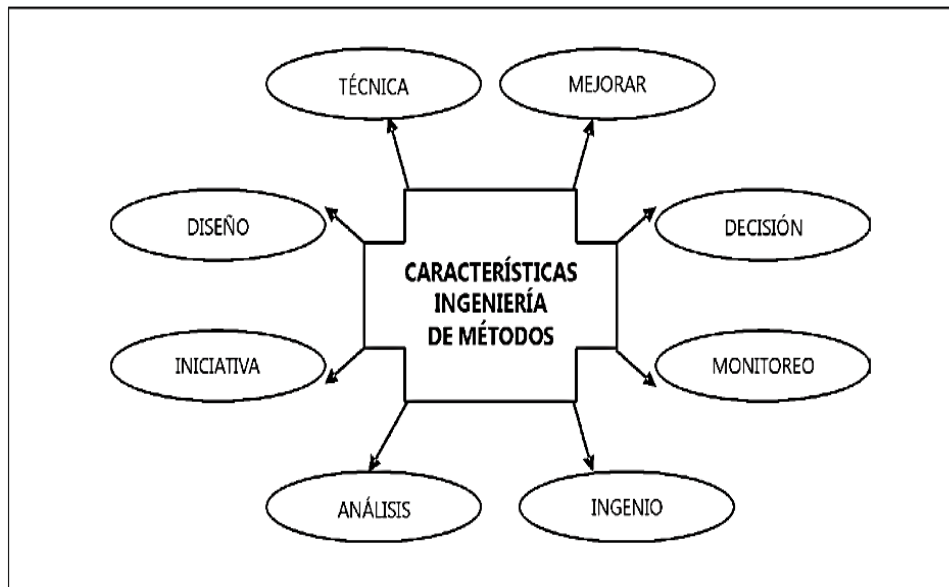
A medida que aumenta la mecanización y la automatización, las personas intervienen en la toma de decisiones, en el registro de irregularidades, en la identificación de problemas que requieren el máximo de habilidad, creatividad, vigilancia y funcionamiento libre de errores.

Las personas son pues, un eslabón crítico en el sistema total, de tal manera que se les debe dedicar toda la atención para que su integración se aproveche con efectividad.

La ingeniería de métodos se caracteriza por:

- Usar técnicas y teorías nuevas.
- Progreso extraordinario, con periodos de superación, de creciente exactitud y objetividad, de perfeccionamiento en perspectiva.
- Ayudar a tomar decisiones inteligentes, con referencia a la mejor política, técnica o curso de acción.

- Dar énfasis a la evaluación de principios y prácticas
- Su filosofía y procedimientos son de ingeniería y de diseño, de reducción de costos y de simplificación.
- Elevar el criterio analítico por medio de exámenes objetivos.
- Requiere un alto grado de actitud, criterio, inventiva e iniciativa.



*Figura 6. Características de la Ingeniería de métodos*

### **Simplificación del trabajo:**

#### **Mejorar el método de trabajo**

El problema consiste en hacer aquellos cambios que nos permitan un método mejor, más fácil y seguro para realizar el trabajo. Existen varios caminos para abordar el problema del análisis de operaciones y su simplificación, así:

- Dibujar esquemáticamente el lugar de trabajo y hacer una relación de los detalles correspondientes a las distintas operaciones tal y como vienen realizándose actualmente.
- Relacionar detalladamente todas las partes o elementos que componen el método, como visión de conjunto.
- Registrar todos los materiales para estudiar la posibilidad de: Sustituir, normalizar, especificar, utilizar (uso de residuos o desperdicios) y cambiar.
- Reducir inventarios.

- Estudiar las manipulaciones de materiales para: Reducir manipulación, acortar distancias, arribo, almacenamiento y transporte adecuados.
- Controlar retrasos en entregas.
- Usar equipos de manejo de materiales.
- Flujo sin retrocesos.
- Distribuir adecuadamente la planta.

### **Escoger el trabajo para mejorar**

Consiste en hacer un estudio sistemático para determinar el método de mayor economía para cada operación o tarea, considerando todos los factores que lo pueden afectar en los métodos, materiales, herramientas, equipos, instalaciones, movimientos. Para llevarlo a cabo, se debe levantar un cuadro o gráfico del trabajo, tal y como viene realizándose actualmente.

Relación detallada de todas las partes o elementos que comprende el proceso en estudio, hasta tener una visión de conjunto.

- Registrar y estudiar cada operación del proceso, según criterios de selección escogidos.
- Preferir la operación con mayor efecto de mejoramiento.
- Cuellos de botella.
- Manipulación.
- Desperdicios.
- Diferencias en cargas de trabajo.
- Hacer aquello que agregue valor.
- Simplificar diseño.
- Orden y aseo.
- Disminuir fatiga.
- Estudiar cada detalle de las máquinas utilizadas:
- Preparación.
- Mantener máquina en buenas condiciones.
- Herramientas, plantillas y dispositivos de fijación
- Herramientas adecuadas, buen uso y corte.
- Cambio de herramientas y plantillas simples.

- Reducir tiempos perdidos.
- Mejorar preparación y sujeción de piezas.
- Usar deslizaderos, eyectores y dispositivos de sujeción.
- Planos herramientas y calibres.
- Inspección.
- Aumentar velocidad.
- Avance automático.
- Revisar cada operación con el fin de:
  - Eliminar las operaciones que no agreguen valor (alistar, guardar, transportar)
  - Simplificar y normalizar las múltiples piezas.
  - Dividir la operación.
  - Combinar dos o más operaciones.
  - Cambiar orden de operaciones.
  - Previa posición de piezas y herramientas.
  - Reducir o eliminar interrupciones.
  - Combinar operación e inspección.
- Seleccionar el operario:
  - Calificarlo mental y físicamente.
  - Eliminar fatiga cambiando ambiente, herramientas, plantillas y puestos de trabajo.
- Diferencias en cargas de trabajo.
- Utilizar ambas manos.
- Fatiga.
- Alistar el trabajo.
- Salarios e incentivos estimulantes.
- Capacitación.
- Observar las condiciones de trabajo:
  - Iluminación, calefacción, ventilación, ruido.
  - Adecuados w. c., descanso, recreación y vestuario.
  - Seguridad industrial.
  - Trabajo de pie o sentado.
  - Jornadas y períodos de descanso adecuados.

– Orden y limpieza.

### **Descomponer el trabajo eliminando desperdicios y mejorando los métodos.**

Seleccionar la operación especificando los movimientos, el tamaño, calibres, dimensiones, forma y calidad de los materiales, los equipos, herramientas, plantillas y dispositivos de fijación, distribución adecuada de las áreas de trabajo, diseño de los puestos de trabajo. Específicamente conviene estudiar:

- Movimientos.
- Transportes.
- Esperas.
- Inspecciones.
- Distribución y localización.
- Condiciones ambientales.
- Diagramas para material o para operario, actual y propuesto:
  - Descripción telegráfica de cada paso de la operación.
  - Medir la distancia recorrida y el tiempo empleado.
  - Seleccionar el diagrama y los símbolos apropiados.

### **Preguntar en cada detalle**

La actitud interrogativa es la clave para todo el mejoramiento de métodos; se debe mantener una mente abierta.

- ¿Por qué se está haciendo el trabajo?
- ¿Por qué es necesario?
- ¿Qué sucede si no se hace?
- ¿Qué fin persigue?
- ¿Qué agrega al producto?
- ¿Dónde se está haciendo?
- ¿Dónde más podría hacerse?
- ¿Cuándo se hace?
- ¿Quién lo hace?
- ¿Quién más podría hacerlo?
- ¿Se requiere entrenamiento? ¿Habilidad?
- ¿Cómo se hace? ¿Hay otro método?



### **Componentes de la operación:**

- ¿Los materiales se pueden sustituir, disminuir?...
- ¿Los transportes y manipulaciones se pueden disminuir, eliminar?...
- ¿En las máquinas se puede aumentar la velocidad, mejorar los sistemas de carga y descarga?
- ¿Las operaciones se pueden hacer de otra manera, cambiar o eliminar?...
- ¿El puesto de trabajo se debe adaptar ergonómicamente?...
- ¿Las herramientas son adecuadas, se pueden cambiar o mejorar?...
- ¿El operario se debe capacitar?

### **Desarrollo del método mejorado.**

Describir las características o especificaciones con el propósito de eliminar todo trabajo innecesario, cambiar las operaciones o sus elementos, cambiar el orden de las operaciones, simplificar las operaciones necesarias, en cada uno de los siguientes factores:

- Mano de obra.
- Materiales.
- Métodos.
- Máquinas.
- Medio ambiente.
- Mantenimiento del sistema.
- Manufactura.
- Medios económicos.
- Mercados.
- Gráficos utilizados.
- Tablas.
- Análisis de movimientos.
- Ahorros por mano de obra, materiales, máquinas, espacio.

### **Diseño de métodos.**

- Utilizar los principios de economía de movimientos, recogiendo la información en tablas y gráficas para análisis del proceso a utilizar:
- Diagrama del proceso de ensamble.

- Diagrama de flujo o recorrido.
- Diagrama del proceso del grupo.
- Utilización y aprovechamiento del equipo:
- Gráficas de actividad múltiple.
- Diagrama hombre-máquina.
- Análisis de la operación:
- Diagrama de la operación.
- Diagrama mano izquierda mano derecha.
- Diagrama de precedencia.

Realizar la normalización de la operación, que consiste en hacer una anotación como registro permanente de la operación para vigilarla y mantenerla conforme a las especificaciones normalizadas para que puedan servir como base para los planes de incentivos salariales. Se debe entonces, describir los elementos de la operación, plano del producto, esquema del sitio de trabajo, la descripción de los materiales, máquinas, herramientas, depósitos, plantillas, recipientes y equipos de manejo de materiales, empaques y embalajes utilizados, así como el tiempo estándar de la operación y demás elementos auxiliares necesarios para realizar el trabajo. Esta información, además de servir como registro permanente de la operación, se utiliza también como una hoja de instrucción para el entrenamiento y capacitación del operario. Se requiere una vigilancia estrecha y constante para mantener la norma y asegurar la producción y la calidad.

Las decisiones y pasos al diseñar una instalación completa para producir incluyen:

- Decidir lo que debe hacerse para fabricar el producto.
- Establecer las operaciones que deben efectuarse con máquinas, con personas, o con una combinación de personas y máquinas.

### **El lenguaje y los símbolos en ingeniería de métodos**

Para facilitar el estudio del proceso de fabricación, se usan diagramas simplificados que utilizan un lenguaje y unos símbolos que incluye varios conjuntos y estándares de elementos, a partir de los cuales es posible describir más rápida y efectivamente la secuencia de una actividad productiva. Dicho lenguaje y símbolos fueron propuestos y publicados por ASME (Sociedad Americana de Ingenieros

Mecánicos), el 21 de mayo de 1947 y son hoy ampliamente utilizados, por su facilidad de comprensión.

Para entender y lograr un adecuado uso de estos símbolos, vamos a definir claramente cada uno de ellos:

### **Operación**

Tiene lugar cuando se cambia intencionalmente un objeto en cualquiera de sus características físicas o químicas, es montado o desmontado de otro objeto, o se arregla, o prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. También tiene lugar una operación cuando se da o recibe información o cuando se traza un plan o realiza un cálculo.

### **Transporte**

Ocurre cuando un objeto es movilizado de un lugar a otro, excepto cuando dichos traslados son parte de la operación o bien, son ocasionados por el operario en el punto de trabajo durante una operación o inspección.

### **Inspección**

Tiene lugar cuando un objeto es examinado para su identificación, medición, recuento o para clasificar o verificar su calidad conforme a una norma predeterminada en cualquiera de sus características.

### **Espera**

También, llamado demora o almacenamiento temporal, ocurre cuando las condiciones no permiten una inmediata realización de la acción siguiente.

### **Almacenamiento**

Tiene lugar cuando un objeto se mantiene y protege contra un traslado no autorizado.

### **Actividad combinada**

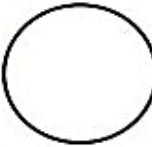

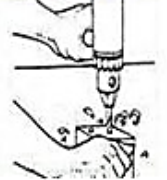

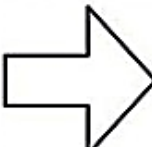







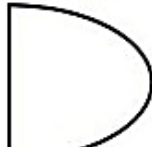
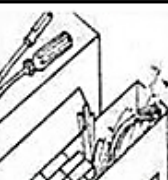


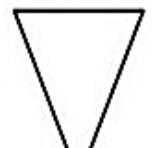


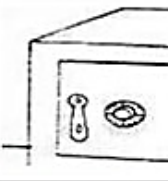
Pueden combinarse dos símbolos, cuando se ejecutan actividades en el mismo lugar de trabajo o cuando se realizan a la vez formando parte de una sola actividad.

Cuando se trata de operaciones no corrientes, fuera del campo de las definiciones, el cuadro siguiente servirá para efectuar las clasificaciones apropiadas:

**Tabla 10.** Resumen de símbolos para representar un trabajo

Clasificación	Resultado predominante
Operación	Produce o realiza
Transporte	Mueve
Inspección	Verifica
Demora	Retraso
Almacenamiento	Guarda

Fuente: elaboración propia

ACTIVIDAD	EJEMPLO		
<b>OPERACIÓN</b> 	 CLAVAR	 TALADRAR	 DIGITAR TECLAS
<b>TRANSPORTE</b> 	 LLEVAR MATERIALES EN CARRETILLA	 ELEVAR MATERIALES CON POLEA	 LLEVAR PAPELES EN LA MANO
<b>INSPECCIÓN</b> 	 EXAMINAR CALIDAD Y CALIDAD	 LEER UN MANÓMETRO	 EXAMINAR UN IMPRESO
<b>DEMORA</b> 	 MATERIAL ESPERANDO SER UTILIZADOS	 EN ESPERA DE UN ASCENSOR	 DOCUMENTOS PARA ARCHIVARSE
<b>ALMACENAMIENTO</b> 	 MATERIAS PRIMAS	 PRODUCTO TERMINADO	 DOCUMENTOS EN CAJA FUERTE

*Figura 7.* Simbología que representan un trabajo






	LONGITUD RELATIVA	ELEMENTOS	SÍMBOLOS	USOS
EL MÁS LARGO	A. ELEMENTOS DE UN PROCESO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN DEMORA ALMACENAMIENTO	    	ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN
	B. LOS ELEMENTOS MÁS GRANDES DE UNA OPERACIÓN	ATENCIÓN A LA MÁQUINA. MÁQUINA EN OPERACIÓN	S R	ESTUDIO DE MOVIMIENTOS
EL MÁS CORTO	C. ELEMENTOS DE TAMAÑO INTERMEDIO DE UNA OPERACIÓN	TOMAR COLOCAR ENSAMBLAR USAR SOSTENER	G P A U H	
		ALCANZAR SUJETAR MOVER UBICAR SOLTAR GIRAR RETARDAR SOSTENER	R G M P RL T D H	

Figura 8. Lenguaje y símbolos de Ingeniería de métodos

### Ingeniería de métodos

Según Bryan Salazar López (2019, Ingeniería industrial online.com). El Estudio de Métodos o Ingeniería de Métodos es una de las más importantes técnicas del estudio del trabajo, que se basa en el registro y examen crítico sistemático de la metodología existente y proyectada utilizada para llevar a cabo un trabajo u operación. El objetivo fundamental del Estudio de Métodos es el aplicar métodos más sencillos y eficientes para de esta manera aumentar la productividad de cualquier sistema productivo

## Procedimiento básico sistemático para realizar un Estudio de Métodos

Como ya se mencionó el Estudio de Métodos posee un algoritmo sistemático que contribuye a la consecución del procedimiento básico del Estudio de Trabajo, el cual consta (El estudio de métodos) de siete etapas fundamentales, estas son:

**Tabla 11.** *Etapas del estudio de métodos*

Etapas	Análisis del proceso	Análisis de la operación
<b>SELECCIONAR</b> el trabajo al cual se hará el estudio.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.	Teniendo en cuenta consideraciones económicas, de tipo técnico y reacciones humanas.
<b>REGISTRAR</b> toda la información referente al método actual.	Diagrama de proceso actual: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual actual.
<b>EXAMINAR</b> críticamente lo registrado.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares.	La técnica del interrogatorio: Preguntas preliminares a la operación completa.
<b>IDEAR</b> el método propuesto	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo.	La técnica del interrogatorio: Preguntas de fondo a la operación completa «Principios de la economía de movimientos»
<b>DEFINIR</b> el nuevo método (Propuesto)	Diagrama de proceso propuesto: sinóptico, analítico y de recorrido.	Diagrama de operación bimanual del método propuesto.
<b>IMPLANTAR</b> el nuevo método	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.	Participación de la mano de obra y relaciones humanas.
<b>MANTENER</b> en uso el nuevo método	Inspeccionar regularmente	Inspeccionar regularmente

## **ESTUDIO DE MÉTODOS (E.M.):**

Es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras (BSI, 1991).

1. Seleccionar el trabajo a estudiar.
2. Registro de todos los datos relativos al mismo que sean útiles para una mejor definición y estudio del trabajo elegido.
3. Examen crítico del método actual, consistente en un análisis sistemático del mismo para poner de manifiesto las deficiencias existentes y las posibles mejoras.
4. Idear un nuevo método que suponga una mejora con respecto al actual, basándonos para ello en los resultados del examen crítico. Una vez ideado, definirlo para poderlo identificar y reconocer en todo momento.
5. Implantación del nuevo método, sustituyendo al actual.
6. Mantenimiento de este, mediante inspecciones periódicas que detecten las desviaciones y permitan evitar el retorno a los procedimientos antiguos.

Según Maynard (2010). Define el término “Ingeniería de Métodos” ha sido ampliamente definida con enunciados como el siguiente: *“Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis para eliminar toda operación innecesaria y para encontrar el método más rápido para realizar las necesarias”*; abarca la normalización del equipo, métodos y condiciones de trabajo; entrena al operario a seguir el método normalizado; después de estos pasos, determina por medio de mediciones muy precisas, el número de horas hombre en las cuales un operario, trabajando con actividad normal, puede realizar el trabajo. Por último (aunque no necesariamente), establece un plan para compensación del trabajo, que estimule al operario a obtener o sobrepasar la actividad normal.

Según la OIT (1996). Para la ingeniería de métodos, el estudio del trabajo resulta ser una herramienta muy valiosa, la cual se realiza principalmente por medio del estudio de los métodos y la medición del trabajo. La medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador en llevar

a cabo una tarea. El estudio de tiempo es una de las técnicas para la medición del trabajo.

Según (García, 2005), uno de los gráficos que puede usarse es el cursograma analítico también conocido como el Diagrama de Curso de Proceso, es el esquema que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento, señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente. Es una herramienta indispensable para el estudio de métodos de trabajo.

KANAWATY menciona que: “El estudio de Trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades”. (1996, p. 9). Considera al estudio de trabajo como una revisión exhaustiva de la forma en cómo se lleva a cabo las actividades con el fin de hacer un buen uso de los recursos y establecer un procedimiento de trabajo. Según KANAWATY menciona que: “el estudio de trabajo tiene por objetivo examinar de qué manera se están realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo excesivo y fijar el tiempo normal para la realización de una actividad” (1996, p. 9). Un estudio de trabajo se lleva a cabo con la misión de revisar las actividades y ver si es que se puede mejorar, ya sea aplicando nuevos métodos o reduciendo tiempos que demoran el trabajo.

CRISTÓBAL menciona que “El estudio de trabajo es una herramienta cualitativa más importante de la administración de operaciones de una empresa; su objetivo principal es satisfacer los requerimientos de la productividad, eficiencia operacional y la calidad al producir los bienes y/o servicios ofrecidos por una organización” (2014, p. 175), podemos describir que el estudio de trabajo es un método que se implementa con el fin de mejorar la productividad, dentro del proceso y poder ofrecer un producto o un servicio de buena calidad

Según KANAWATY, se puede considerar que el tiempo que tardan los trabajadores o las máquinas en realizar una determinada actividad o en producir una determinada cantidad de un determinado producto, el tiempo total de trabajo es la suma de todos los tiempos en todos los procesos necesarios para fabricar el producto.



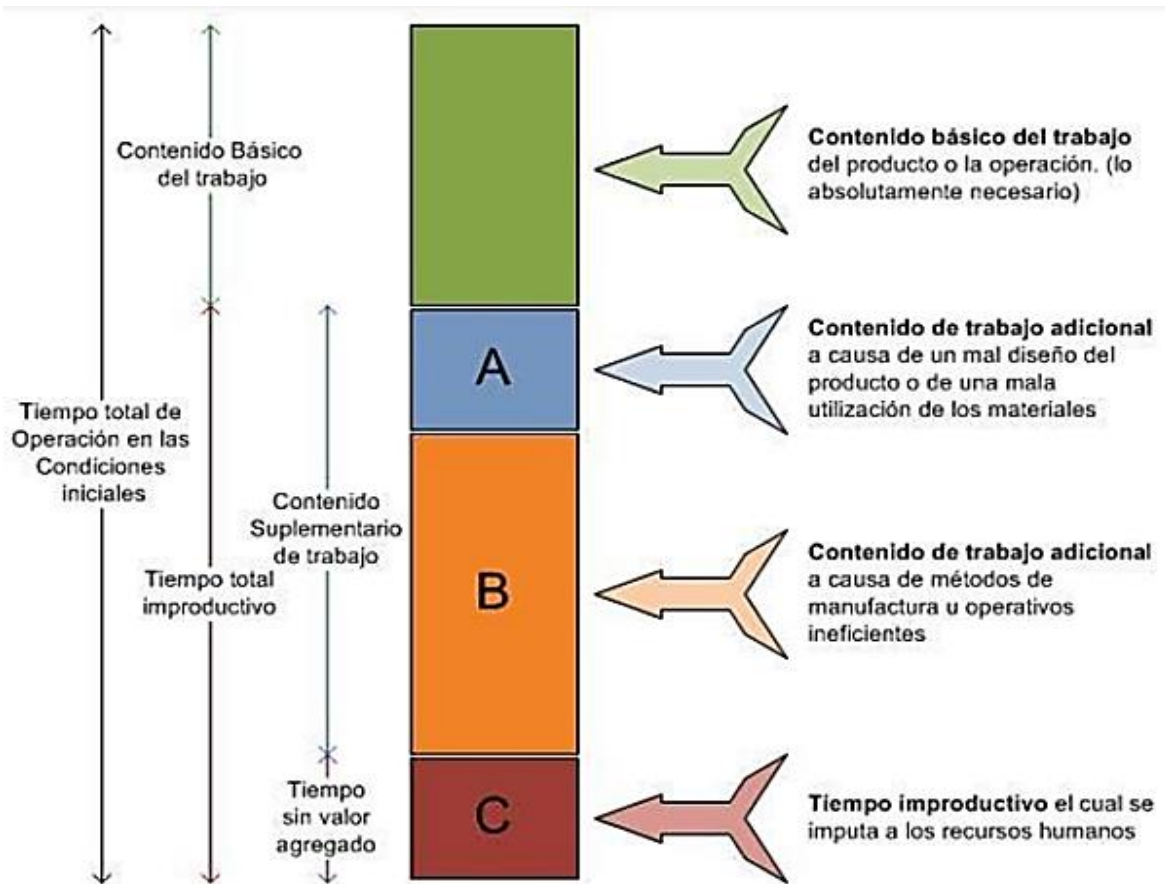


Figura 9. Tiempo total de operación

### Procedimiento básico para el estudio del trabajo.

Según KANAWATY

1. **Seleccionar el trabajo** o proceso que se ha de estudiar.
2. **Registrar o recolectar** todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas (que explicaremos en la Segunda parte) y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizados.
3. **Examinar** los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quién la ejecuta, y los medios empleados.
4. **Establecer el método** más económico. Teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión.
5. **Evaluar** los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.

**6. Definir el nuevo método** y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.

**7. Implantar el nuevo método**, formando a las personas interesadas, como práctica general aceptada con el tiempo fijado.

**8. Controlar** la aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

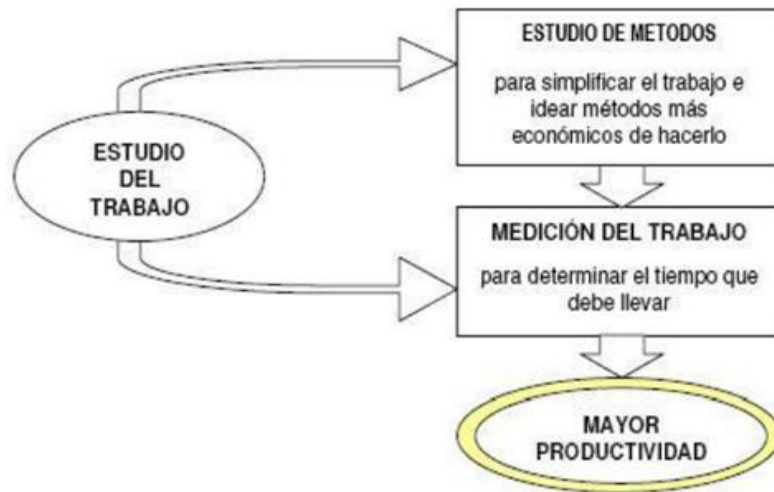
Para KANAWATY: El estudio de métodos y la medición del trabajo están estrechamente vinculados. El estudio de métodos está relacionado con el contenido de trabajo de reducción de tareas u operaciones. Más bien, la medición de trabajo implica la investigación de cualquier tiempo de inactividad asociado con él, y con la consecuente determinación de normas de tiempo para ejecutar la operación de una manera mejorada, tal como ha sido determinada por el estudio de métodos. La relación entre las dos tecnologías se presenta de forma esquemática.

La investigación de métodos y la medición del trabajo están interrelacionadas, el primero mediante una revisión que detecta procedimientos inapropiados en el proceso, mientras que la medición del trabajo detecta tiempos muertos y se encarga de determinar el tiempo específico en que se ejecuta la actividad.

**Según Fernández, Gonzales Puente:**

El estudio de trabajo consiste en una serie de técnicas dirigidas a monitorear la actividad transportada por el factor humano en todas sus actividades, para detectar esas posibles fuentes de ineficiencia que se estrangulan lo establecido. Dentro de la epigrafía del estudio de trabajo, hay dos técnicas de control de calidad. Merecen la atención especial: el estudio de los métodos (EM) y la medición del trabajo (MT). Los tiempos en que el trabajador usa al trabajar en cada etapa de su trabajo será analizado. Como los movimientos que se ven obligados a llevar a cabo (1996, p. 68).

Es un estudio de todos los procesos que le permite revisar las actividades para ver si son procedimientos inadecuados que generan un mal procedimiento o quizás tiempos improductivos, para este propósito, utiliza dos herramientas muy importantes: el estudio de métodos y medición del trabajo.



*Figura 10.* Estudio del trabajo

### **Estudio de métodos:**

Para KANAWATY, el estudio de métodos es un registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras. Se considera una revisión detallada de todos los procesos para ver si el programa puede mejorarse.

Según LÓPEZ, ALARCÓN y ROCHA: Esta técnica permite que cada operación de una parte específica de la obra se someta a un análisis detallado para eliminar todas las operaciones innecesarias y encontrar la forma más rápida de realizar todas las operaciones necesarias; cubre la estandarización de equipos, métodos y condiciones de trabajo; capacita a los operadores para que sigan un método estandarizado para realizar todas las operaciones anteriores (y no antes); a través de mediciones muy precisas, determinar las horas estándar que pueden realizar los operadores que realizan actividades normales; finalmente (aunque no necesariamente), se establece como un plan integral de compensación del trabajo, que anima a los operadores a ganar o superar las actividades normales. Es la forma en que cada proceso de una actividad se evalúa para tomar operaciones que no se requieren dentro de un proceso, para ello se analiza las máquinas, procedimientos de trabajo, factor humano.

**Para BACA:** El estudio de métodos es el examen de los métodos (EM), que también se denomina análisis del método, se centra en la determinación de cómo se realiza el trabajo, esta tarea o actividades pueden ser realizadas por un solo operario o por

un grupo de ellos, utilizando herramientas, equipo o maquinaria. El EM se pueden definir como una revisión crítica y sistemática en la forma de realizar actividades para proponer mejoras en los productos y/o servicios de rendimiento de los empleados y servicios para producir su trabajo. Este método se centra en evaluar la forma en cómo se realizan las actividades dentro de un proceso, ya sea que se necesite uno o más trabajadores con la finalidad de buscar mejoras y aumentar la productividad del área.

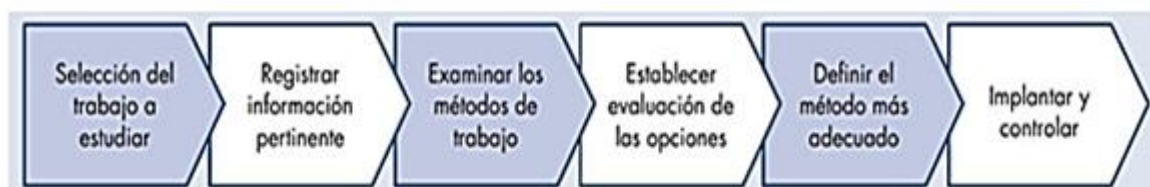
### **Objetivos de Estudio de Métodos:**

El estudio de métodos es una técnica muy utilizada en la empresa de manufactura, según GARCÍA menciona los siguientes objetivos del estudio de trabajo:

- Mejora los procesos y procedimientos.
- Mejora la disposición y el diseño de la fabricación, taller, equipo y lugar de Trabajo.
- Economiza el esfuerzo humano y reduce fatiga innecesaria.
- Economiza el uso de materiales, máquinas y mano de obra.
- Aumenta la seguridad.
- Crea mejores condiciones de trabajo.
- Hace más fácil, rápido, sencillo y seguro el trabajo. (2005, p. 35)

### **Pasos Para El Estudio de Métodos:**

Según BACA menciona que para la aplicación de herramienta de estudio de métodos se debe de seguir los siguientes pasos:



*Figura 11. Pasos para el Estudio de Métodos*  
Fuente: Baca (2014, p. 117)

#### **1. Seleccionar.**

Según KANAWATY menciona que:

Toda actividad realizada en un entorno de trabajo puede estar sujeta a una investigación sobre cómo mejorar la forma en que se realiza. Este argumento se pondría en la espalda del especialista en el estudio de la carga ilimitada del trabajo,

lo que no podría ser muy productivo. Sin embargo, centrándose en la atención en algunas operaciones esenciales, un especialista en trabajo puede lograr resultados poderosos en un tiempo relativamente corto.

Las actividades realizadas en puestos de trabajo pueden evaluarse para buscar mejoras que ayuden a reducir los tiempos improductivos. Según Quesada y Villa mencionan que, para elegir el trabajo a mejorar con la aplicación del estudio de métodos, debe considerarse lo siguiente:

Desde un punto de vista humano: Los primeros trabajos cuyo método debe mejorarse es el mayor riesgo. Bajo la visión económica. En segundo lugar, se debe dar una prioridad a los métodos que sean más caros para un producto, considere que se reúnen pequeñas mejoras, se reflejarán. Desde la vista funcional del trabajo: Finalmente, las obras que generan “cuellos de botella” se eligen, seleccionan y retrasan el resto del proceso o cuya ejecución depende de otros.

Los trabajos que se evalúan en primer lugar usan métodos en los que el riesgo es más fuerte, que se emplea a través de lo que piensan los jefes. Lo otro es el lado económico, aquí se consideran los métodos más caros, aquí se tiene en cuenta los métodos que son más costosos y que su efectividad sea de inmediato y por último el punto de vista desde en relación con el trabajo.

Para BACA: Elegir el trabajo que se analizará dentro de una serie significa asignar prioridades para resolver las más urgentes y que será más efectivo en una empresa. La elección requiere que se consideren los factores de costos, los costos técnicos y humanos. Esto indica que estos trabajos que representan un costo más alto para la empresa deben analizarse (y resolverse) primero (de acuerdo con el dinero, las distancias, los tiempos, etc.).

Para llevar a cabo un examen de proceso, se lleva a cabo de acuerdo con la urgencia, se da la prioridad al proceso que afecta a la empresa.

## **2. Registrar:**

KANAWATY nos dice que el registro es esencialmente una base para realizar el análisis y el examen posterior; no es un fin en sí mismo. Esto se puede hacer en dos etapas: primero un boceto o un gráfico rudimentario, para determinar si los

datos recopilados son útiles; después de un diagrama o diagramas, cuadros más elaborados y precisos que se pueden usar para un informe o presentación.

Según Quesada y Villa. Recolectar todos los datos relevantes sobre la tarea o el proceso con las técnicas más adecuadas y organizar datos de una manera agradable de analizarlos. El orden de las operaciones se examina en detalle. Esto facilita la extracción de los pasos principales del proceso: puntos críticos: Se analizan las propiedades de la herramienta de herramientas (y el parámetro) de la operación de operación. Las propiedades de los dispositivos utilizados durante la operación se controlan.

Para realizar el análisis, se lleva a cabo una recopilación de datos utilizando las herramientas más factibles, donde los datos más relevantes son tiempos y movimientos, lo que facilita los puntos principales de una operación e incluyendo máquinas.

López, Alarcón y Rocha. Menciona que aquí usaremos técnicas, estándar y aceptadas internacionalmente, que marquen la guía para describir el trabajo realizado en cada una de las estaciones de trabajo, obteniendo una serie de detalles e información que nos permitirán llevar a cabo el análisis a desarrollar las mejoras de las propuestas en la condición actual en la que se realiza el trabajo.

Para este propósito, los métodos ya utilizados se aplican y exploran, respetando las normas dentro de los centros de trabajo.

BACA. Menciona que, "para registrar información, el ingeniero puede ayudarse de varios medios como escribir en papel, un diagrama de flujo (tipo de computadora), etc. Una ventaja para hacerlo son las herramientas digitales (video) es que el análisis se puede realizar fuera de las instalaciones de la compañía". (2014, p. 178). Para la información que se registran, el gerente puede usar diferentes medios con los que le permite explicar sin escribir tanto, esto puede usar ciertas determinaciones claves como videos y gráficos.

En los diagramas, el ingeniero industrial utiliza símbolos para representar la información que ha compilado. Esta simbología fue generada por la Asociación de Ingenieros Mecánicos en los Estados Unidos de América, por lo que es estándar y

permite que los analistas entiendan el mismo diagrama en cualquier parte del mundo.

Unas de las formas de representar los diagramas son usando símbolos que han sido elaborados por la organización de AIMEEUA y son utilizados por ingenieros.

Tipo de operación	Símbolo ASME	Descripción de uso
Operación		Tiene lugar cuando se modifica de manera intencionada cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, cuando se une a otro(s), etcétera.
Transporte		Acontece cuando el material, la información u objeto se desplaza de un lugar a otro, principalmente estaciones de trabajo o áreas. Conviene no considerar los movimientos que forman parte de una operación y que son realizados por el operario.
Inspección		Sucede cuando tiene lugar una evaluación, de manera intencionada, de cualquiera de las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material u objeto, al concluir una operación de transformación, de transporte, demora o almacenamiento.
Espera		Una espera (demora o retraso) puede ser de dos tipos aquel que es necesario ya que permite modificar intencionalmente las características dimensionales, físicas, químicas, mecánicas o estéticas de un material, información u objeto, y aquella demora que no es necesaria y que provoca que se interrumpa de manera abrupta la continuidad en las operaciones, afectando a la siguiente.
Almacenaje		Ocurre cuando de manera intencional o no, cualquier material, información u objeto es resguardado en un área o recipiente específico, con el fin de someterlo a otra operación.

*Figura 12.* Símbolos ASME para diagramas de flujo.

Para Kramis, estos símbolos son útiles porque pueden distinguir de un aspecto simple, las actividades productivas y actividades improductivas. Por lo tanto, enfocaremos nuestro interés en eliminar las improductivas y simplificarlas, en la medida de lo posible, si cabe lo productivo. (1994, p. 64). Estos símbolos son fáciles de entender sin tener que leer toda la información.

●	OPERACIÓN	<b>ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</b>
■	INSPECCION	
➔	TRANPORTE	<b>ACTVIDADES INPRODUCTIVAS</b>
◐	DEMORA	
▼	ALMACEN	

$$\% \text{ Actividades Eficientes} = \frac{\sum(N^{\circ}.A.P.)}{\sum(N^{\circ}.A.P.) + \sum(N^{\circ}.A.I.)}$$

Donde:

$N^{\circ}. A. P.$  = Numero de Actividades Productivas

$N^{\circ}. A. I.$  = Numero de Actividades Improductivas

Figura 13. Actividades productivas e improductivas de acuerdo con la simbología

Fuente: Kramis (1994, p.63)

### Tipos de Diagrama.

#### Diagrama de Operaciones de Proceso DOP.

Para BACA, el cursograma sinóptico del proceso, conocido como el diagrama de flujo del proceso. Es una representación muy general y resumida de la secuencia de las principales operaciones e inspecciones, materiales y componentes de un proceso. En el extremo derecho del diagrama, la parte o el elemento de análisis principal y la izquierda se registran todos los elementos, ensamblajes, subconjuntos, componentes y/o entradas necesarias para realizar el producto. Cada proceso e inspección deben detallarse para que el ingeniero industrial tenga una forma clara, una idea clara del proceso.



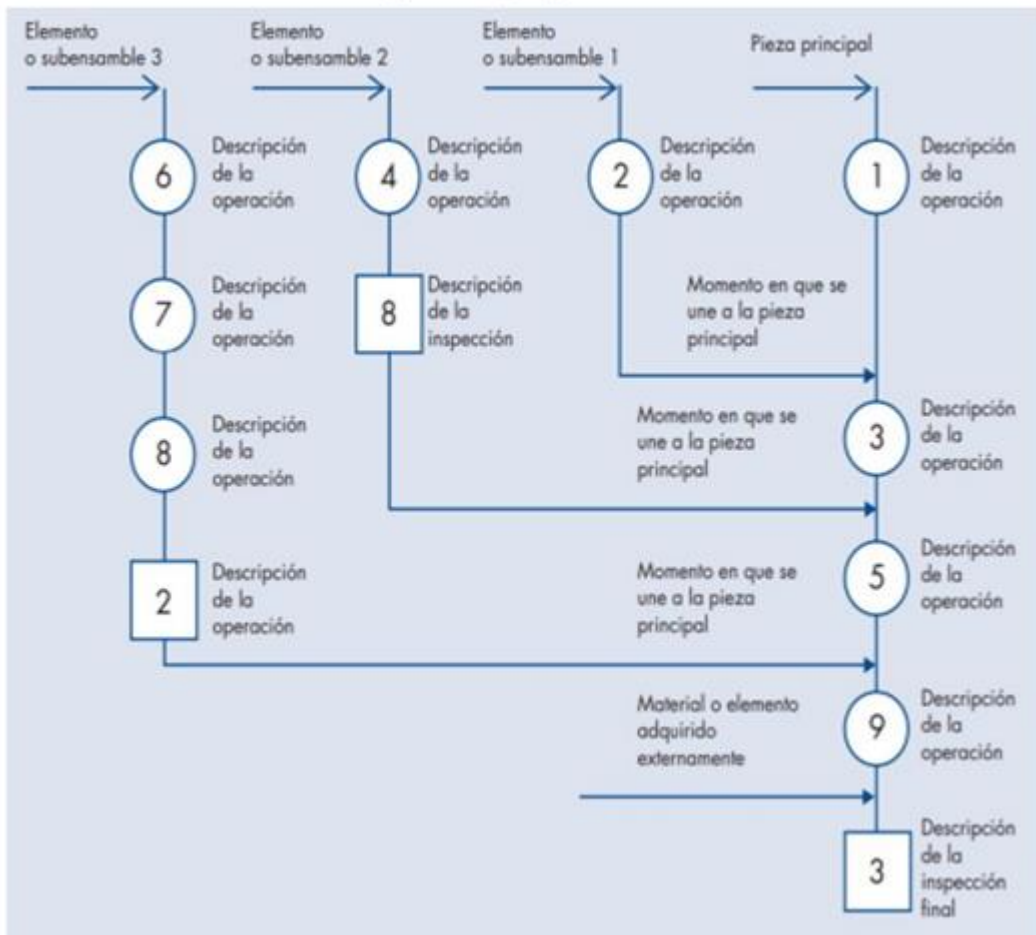


Figura 14. Ejemplo de Diagrama de Operaciones de Proceso DOP

### Diagrama de Análisis de Proceso.

Para BACA el diagrama de flujo de proceso muestra en detalle la secuencia que siguen los diferentes elementos de un proceso. Consiste en una lista de descripciones de cada uno de los pasos que conforman el trabajo, registrando el símbolo correspondiente a cada actividad. A diferencia de la anterior, la ruta de análisis utiliza todos los símbolos descritos anteriormente, pero estos siempre deben presentarse en un orden específico: operaciones, transporte, retrasos, inspecciones y almacenamiento. También tiene columnas para marcar la duración de cada elemento, las distancias recorridas en el caso de transporte, además de una sección de las observaciones o recomendaciones hechas por el analista en el momento del levantamiento de la información.

Este tipo de diagrama muestra los procesos paso a paso, se asigna un símbolo a las actividades que están dentro de un proceso.

Cursograma analítico				Operario/Material/Equipo					
Diagrama número:		Hoja número:		Resumen					
Operación analizada:				Actividad:	Actual	Propuesto			
Actividad:				Operaciones					
Método actual				Transporte					
Lugar:				Demoras					
Operario:				Inspecciones					
Hecho por:				Almacenajes					
				Tiempo					
				Distancia					
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (min)	Símbolo					Observaciones
				○	⇒	D	□	▽	
Operación 1									
Operación 2									
Inspección 1									
Transporte 1									
Demora 1									
Inspección 2									
Operación 3									
Transporte 2									
Inspección 3									
Operación 3									
Transporte 3									
Almacenaje 1									

Figura 15. Ejemplo de Diagrama de Análisis de Proceso DAP

Fuente: Baca (2014, p. 180)

### Diagrama de Recorridos.

Para BACA el diagrama de flujo de proceso muestra en detalle la secuencia que sigue los diferentes elementos de un proceso. Consiste en una lista de descripciones de cada uno de los pasos que conforman el trabajo, registrando el símbolo correspondiente a cada actividad. A diferencia de la anterior, la ruta de análisis utiliza todos los símbolos descritos anteriormente, pero estos siempre deben presentarse en un orden específico: operaciones, transporte, retrasos, inspecciones y almacenamiento. También tiene columnas para marcar la duración de cada elemento, las distancias recorridas en el caso de transporte, además de

una sección de las observaciones o recomendaciones hechas por el analista en el momento del levantamiento de la información (2014, p. 178).

Este tipo de diagrama muestra los procesos paso a paso, se asigna un símbolo a las actividades que están dentro de un proceso.

BACA nos dice que el diagrama de recorrido se complementa con el cursograma analítico y le permite observar, en dos dimensiones, la distribución real del área en la que cada una de las actividades que conforman el proceso (diseño de las plantas), además de los flujos y distancias recorridas. Esta representación ayuda a visualizar posibles cambios en la distribución de áreas (diseño), maquinaria, etc. Para salvar horarios y evitar rutas innecesarias. El diagrama debe estar a escala y, en general, se utilizan los planos arquitectónicos de las instalaciones para tal fin. En estos, los símbolos de las actividades coincidentes se dibujan directamente y las contenidas en el diagrama de flujo de procesos se detallan. (2014, p. 181).

Este diagrama como el mismo nombre dice que le permite ver la ruta de distribución del área de acuerdo con la actividad realizada y es incluso un complemento para el programa del curso que ayuda a la mejor comprensión de una manera más práctica.

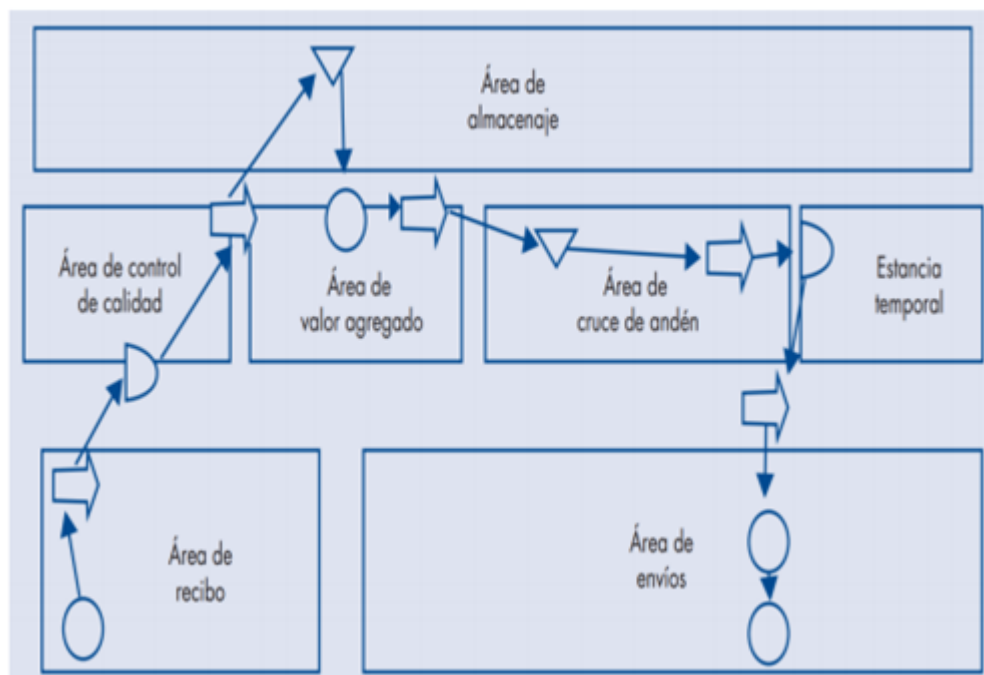


Figura 16. Ejemplo de un Diagrama de Recorrido  
Fuente: Baca (2014, p. 185)

### **3. ANÁLISIS:**

Según López, Alarcón y Rocha el análisis del método de trabajo es un método utilizado por el ingeniero de métodos para analizar todos los elementos productivos y no productivos de operación con vistas a su mejora. La tecnología de objetos tiene como objetivo crear métodos para aumentar la producción por medio de una unidad de tiempo (mejora la productividad) y reduce el costo (aumento de la rentabilidad). El análisis de la forma de operación está realmente involucrado en una técnica para lograr el objetivo de la metodología. (2014, p. 132)

Este procedimiento es responsable de identificar actividades productivas y no productivas que se quiere mejorar, de modo que la ingeniería de métodos como misión debe determinar las actividades que no contribuyan a la productividad para descartarlas.

Para BACA el propósito del interrogatorio es restar la mayor cantidad de subjetividad posible y encontrar métodos de trabajo nuevos y mejores. Se presta especial atención al transporte, retrasos, inspecciones y almacenamiento, ya que muchos casos no aportan al proceso. (2014, p.183)

Este procedimiento permite identificar las actividades productivas y no productivas que ayuden a mejorar, por lo que la ingeniería de métodos tiene como misión determinar las actividades que no ayudan en la productividad para poder descartarlas.

LÓPEZ, ALARCÓN Y ROCHA menciona que: Una de las técnicas más comunes en el análisis de métodos, consiste en preparar una hoja de verificación para registrar y dirigir preguntas acerca de la actividad que figure en el programa de proceso. Algunas preguntas típicas son: ¿Esta operación es necesaria?, ¿La operación se puede efectuar mejor y de otro modo?, ¿Es posible combinarla con otra? ¿Las tolerancias son más estrictas de lo necesario?, ¿Se podría usar un material más económico?, y ¿Sería factible incorporar un manejo de materiales más conveniente? (2014, p. 132)

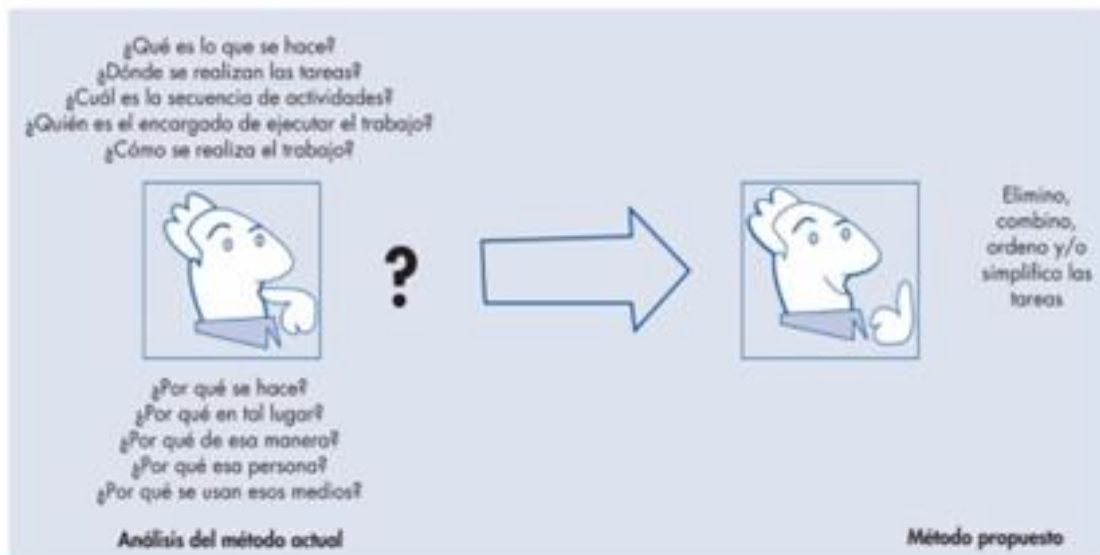


Figura 17. Preguntas para el Análisis de Métodos

Fuente: Baca (2014, p. 184)

Para BACA: El propósito de este interrogatorio es restar la mayor subjetividad posible para el análisis y encontrar métodos de trabajo nuevos y mejores. Deberá administrarse especial atención al transporte, retrasos, inspecciones y almacenamiento porque muchas ocasiones no proporcionan ningún valor para el proceso

#### 4. Establecer.

Para García, desarrollar una mejor manera de llevar a cabo el trabajo, las respuestas recibidas deben tenerse en cuenta que nos pueden llevar a tomar las siguientes acciones.

**Eliminar.** Si las primeras preguntas ¿Por qué? ¿Para qué?, no pudieron contestarse en forma razonable, quiere decir que el detalle bajo análisis no se justifica y debe ser eliminado.

**Cambiar.** Las respuestas a las preguntas cuándo, dónde y quién pueden indicar la necesidad de cambiar las circunstancias de lugar, tiempo y personas que ejecutan el trabajo. Es decir, buscar un lugar más conveniente, un orden más adecuado o una persona más capacitada.

**Cambiar y reorganizar.** Si surge la necesidad de cambiar algunas de las circunstancias bajo las cuales se ejecuta el trabajo. Generalmente será necesario modificar algunos detalles y reorganizarlos para obtener una secuencia más lógica.

**Simplificar.** Todos aquellos detalles que no hayan podido ser eliminados. Posiblemente puedan ser ejecutados en una forma más fácil y rápida. La respuesta a la cuarta pregunta nos llevará a simplificar la forma de ejecución. (2005, p. 38).

Para BACA, el resultado de la etapa de interrogantes es la concepción del método propuesto (o método completado), que debería ser ideal, es decir, ser el método más apropiado en función de la información y los análisis constituidos hasta ahora. Estos nuevos métodos se registran, a su vez, en los diagramas descritos anteriormente, con el fin de hacer su comparación con los actuales y observar las mejoras, tangiblemente las mejoras que llevarán a la cantidad de actividades, en tiempos, en distancias, en el número de personal e inclusive en costos. (2014, p. 184).

#### **5. Definir el método más adecuado**

En esta etapa se idea y selecciona el diseño más apto para dar solución a la problemática, tiene que ser el que más se adapte a las necesidades, el cual presente mejoras, asimismo, se debe presentar el método a las personas que serán las responsables, en esta parte se debe de ver todo el tema del diseño, determinación de funciones, y ver tema de capacitaciones para los colaboradores.

#### **6. Implantar y controlar:**

En esta etapa final se debe poner en marcha el nuevo diseño que se seleccionó para mejorar, pero no es solo poner en marcha el método, sino también hacerle seguimiento para ver todo el procedimiento, ver las mejoras y así saber si hay algo más que se puede implementar con la finalidad de seguir mejorando.

#### **Medición de Trabajo.**

El estudio y la medición del trabajo es importante saber el tiempo total para hacer un trabajo de acuerdo con la mención de Kanawaty: “La medición del trabajo es la aplicación de las técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en la realización de una tarea definida, preestablecida”. (1998, p. 251).

La medición del tiempo también se puede definir como el tiempo total transcurrido por un trabajador para García, la medición de trabajo es:

Una parte cuantitativa del estudio del trabajo, lo que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado, dependiendo del tiempo permitido a un operador para completar una tarea específica, siguiendo una tarifa normal un método predeterminado. A partir de la definición anterior, está claro que el objetivo inmediato de la medición de trabajo es determinar el tiempo predeterminado, o para medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un elemento en términos de un tipo o estándar que sea el momento. (2005, p. 179) Para llevar a cabo el estudio de trabajo, tenemos que tomarnos el tiempo para estudiar un proceso.

Para llevar a cabo el estudio de trabajo, debemos realizar la toma del tiempo de un proceso u operación de acuerdo con Kanawaty, define el estudio del tiempo de la siguiente manera:

Una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

La medición del tiempo debe llevarse a cabo en una tarea específica, a un trabajador que realiza su trabajo de manera normal para realizar las correcciones necesarias en los procedimientos existentes.

Materiales para la toma de tiempos de un proceso u operación.

- Cronometro Digital.
- Tablero de observaciones.
- Formulario de estudios de tiempos.

### **Tiempo Estándar:**

Todo trabajo requiere de un tiempo para ejecutarlo según DE LA FUENTE, indica: “Este tiempo estándar comprende el tiempo para desarrollar la tarea a un ritmo normal junto con las interrupciones de trabajo que precisa el operario para recuperarse de la fatiga de su actividad y de sus necesidades personales”. (2006, p. 249). El tiempo estándar es el momento de llevar a cabo un trabajo específico

agregado a los momentos no productivos (suplementos) que se generan en el proceso de dicho trabajo. Según el caso, menciona el tiempo estándar como: “Es el momento necesario para que un trabajador capacitado y experimentado de su tarea actúe sobre un ritmo normal, agregando los suplementos correspondientes para la fatiga y la atención personal” (2006, p. 20). En un proceso, para medir el tiempo estándar se requiere a un trabajador que opere sobre una velocidad normal sin presión de los jefes.

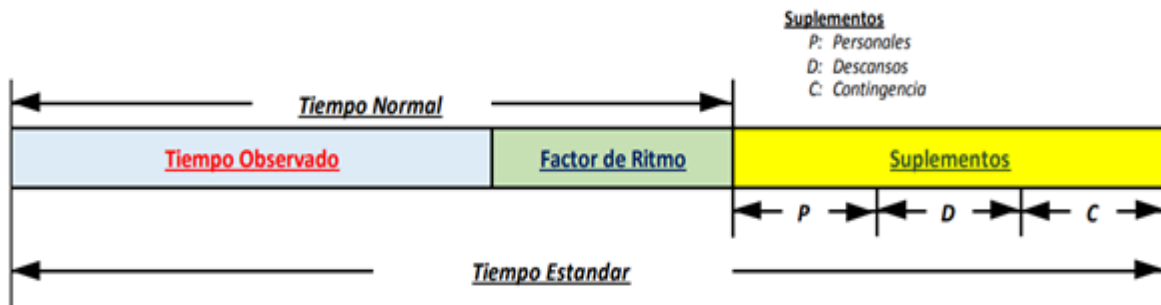


Figura 18. Componentes del tiempo estándar

Según MEYERS: El tiempo estándar es el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con las siguientes tres condiciones: un operador calificado y bien calificado, que funciona a una velocidad o ritmo normal y realiza una tarea específica. Estas tres condiciones son esenciales para entender un estudio de tiempo.

Es importante la medición de tiempos de un proceso para conocer el tiempo estándar, esta medición se debe realizar en las condiciones adecuadas.

### El tiempo observado (TO).

Uno de los componentes del tiempo estándar (TS) es el tiempo observado (TO) que es recogido por quien realice el estudio de trabajo, para RAMÓN el tiempo observado es: Es el tiempo que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y que se mide con el reloj. (No se cuentan los paros realizados por el productor, tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo). (2005, p. 148).

Para obtener el tiempo observado se debe medir los tiempos de trabajo de un operario durante su jornada de trabajo.



### **El tiempo normal (TN).**

RAMÓN “Es el TN que un operario capacitado, conocedor del trabajo y desarrollándolo a un ritmo “normal”, emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio. Su valor se determina al multiplicar TO por FR”. (2005, p. 148)

$$\text{TN} = \text{TO} \times \text{Factor de Ritmo}$$

### **El factor de ritmo (FR).**

Para calcular el tiempo normal (TN) es fundamental conocer el factor de ritmo, para RAMÓN el factor de ritmo sirve:

[...] Para corregir las diferencias producidas al medir el TO, motivadas por existir operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea. El coeficiente corrector, FR, queda calculado al comparar el ritmo de trabajo desarrollado por el productor que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal, y conocedor de dicha tarea. (2005, p. 148)

Debemos de asignar un factor de ritmo, ya que no siempre 2 trabajadores trabajan a un ritmo igual.

### **El tiempo estándar o tipo (TS).**

El tiempo estándar (TS) es la suma del tiempo norma con los suplementos durante un trabajo para RAMÓN menciona:

Según la definición anteriormente establecida, el tiempo tipo [o tiempo estándar (TS)] está formado por dos sumandos: el tiempo normal y los suplementos. Es decir, es el tiempo necesario para que un trabajador capacitado y conocedor de la tarea, la realice a ritmo normal más los suplementos de interrupción necesarios, para que el citado operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales. (2005, p. 148)

Siempre en un trabajo existirá tiempos de interrupciones donde el trabajador no produce estos tiempos se le denominará suplementos que nos ayudará a calcular el tiempo estándar (TS).

$$\text{TS} = \text{TN} \times (1+K)$$

$$\text{TS} = \text{TN} + \text{Suplementos}$$

### **Los suplementos de trabajo (K).**

Al tiempo normal (TN) calculado se le tiene que agregar los suplementos (K) para obtener el tiempo estándar (TS), RAMÓN menciona:

Como el operario no puede estar trabajando todo el tiempo de presencia en el taller, por ser humano, es preciso que realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo y para atender sus necesidades personales. Estos períodos de inactividad, calculados según un K % del TN se valoran según las características propias del trabajador y de las dificultades que presenta la ejecución de la tarea. (2005, p. 148)

Los suplementos (K) son los tiempos donde el trabajador no realiza ningún trabajo o tiempo donde no produce, estos tiempos se pueden dar por distintos motivos (personales o descansos).

**Suplementos= TN x K**

### **2.3. Variable dependiente: Eficiencia**

La eficiencia significa lograr una productividad favorable para el negocio. Es decir, obtener los máximos resultados con la mínima cantidad de recursos. Para medirla se tienen en cuenta elementos como el tiempo, los esfuerzos dedicados, el capital y la calidad del producto obtenido. Una empresa eficiente será, por tanto, la que obtiene más por menos. Esto, lógicamente, tiene un impacto directo en la rentabilidad del negocio (Fernández-Ríos y Sánchez, 1997)

La eficiencia es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado (RAE, 2001). “Expresión que mide la capacidad o cualidad de la actuación de un sistema o sujeto económico para lograr el cumplimiento de un objetivo determinado, minimizando el empleo de recursos” Andrade (2005, p. 253)

Según los objetivos que se persigan, es diferente la forma de definir la eficiencia en la asignación de los recursos. También depende de la forma en que mida esta eficiencia a través de las diversas técnicas que se encuentran a disposición del economista; si se aplica la eficiencia al objetivo de la utilización técnica de los equipos industriales, se trata de eficiencia técnica, que se mide vía productividades,

y, consiguientemente, la definición de los estándares y la medición de los resultados facilita el grado de eficiencia con el que se realiza la asignación de los recursos. Pero si se plantea bajo objetivos económicos de coste y de utilidad, la eficiencia vendrá definida por los valores de los recursos, así como por el valor del resultado que se obtiene. Así, cada objetivo posee sus propias características de eficiencia. Por consiguiente, cuando se habla de una asignación eficiente de recursos para el cambio de un proceso empresarial se precisan definir previamente los objetivos sobre los que se construye la definición de eficiencia. Los objetivos configuran, al propio tiempo, la orientación que debe darse a esa asignación de los recursos y a los comportamientos humanos correspondientes.

Esta es la base para la realización del cálculo económico. Y, naturalmente, de forma previa, ha tenido que definirse la filosofía empresarial, de forma explícita o implícita, para poder ser coherente en las diferentes definiciones de objetivos y poder establecer la coherencia y congruencia entre todos ellos hacia la consecución del objetivo de esa institución empresarial.

### **Procesos eficientes e ineficientes**

El concepto de eficiencia en la producción es un concepto relativo y se puede comprender mejor explicando primero lo que se entiende por proceso ineficiente.

Proceso de producción ineficiente es el que utiliza una mayor cantidad al menos de un factor, pero no menos de los demás para generar la misma cantidad de producto que otro proceso o combinación de procesos. Mientras que proceso de producción eficiente es aquel que no es ineficiente. En muchas ocasiones hay un número muy grande de procesos eficientes, es decir, existen muchas posibilidades alternativas para producir un mismo bien que son eficientes desde el punto de vista técnico.

Según GARCÍA nos dice que es la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido. Eficiencia en hacer bien las cosas. (2011, p. 16).

Eficiencia=  $\text{Insumos Programados} / \text{Insumos utilizados}$ .

En otras palabras, la eficiencia relaciona los resultados logrados y los resultados empleados. Eficiencia es optimizar los recursos empleados y aminorar los desperdicios. (Gutiérrez, 2010)

$$\% \text{ de Eficiencia} = \frac{\text{H-H empleadas}}{\text{H-H programadas}} \times 100$$

Dónde:

Horas hombre empleadas = Hace referencia a las horas reales que se utilizaron para llevar a cabo un proceso productivo.

Horas hombre programadas = Hace referencia al tiempo que se ha estimado para ejecutar la jornada laboral.

Eficiencia. Gutiérrez (2010) afirma que es la proporción entre el producto logrado y los recursos usados (p. 21).

Para Uribe y Reinoso (2014) es la optimización de los recursos programados en relación con los recursos empleados, indica de qué manera se utilizaron los recursos empleados (p. 41).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{recursos programados}}{\text{Recursos empleados}}$$

Según EUDE (2019), La eficiencia se define como la relación existente entre los recursos que son empleados para un proyecto y los logros que son obtenidos a través de este. La eficiencia se consigue en aquellos casos en los que se utiliza un menor número de recursos para poder conseguir un mismo objetivo. O bien todo lo contrario, cuando se alcanza un mayor número de objetivos haciendo uso de los mismos recursos o incluso menos.

Según EUDE (2019), Definición de eficacia, hablar de eficacia implica el nivel de consecución de metas y objetivos. Es decir, que la eficacia hace referencia a la capacidad que tienen las personas (o empleados) para poder conseguir aquello que se proponen, independientemente del número de recursos empleados.

#### **Diferencias principales entre eficiencia y eficacia:**

La principal diferencia existente entre eficiencia y eficacia es que la eficiencia hace referencia a la utilización o empleo de un número menor de recursos; por otra parte,

la eficacia hace referencia a la consecución de un objetivo o meta de manera satisfactoria, aunque en el proceso no se hayan utilizado los recursos de manera óptima. En otras palabras, en la eficacia no importa si se logró ser eficiente durante el proceso para alcanzar un objetivo.

Por ejemplo, no es lo mismo un empleado eficiente que un empleado eficaz. El empleado eficaz será capaz de realizar 50 unidades de un producto en 8 horas, mientras que el empleado eficiente conseguirá realizar igualmente 50 unidades de un producto, pero en tan solo 6 horas, ya que hará un mejor uso de los recursos disponibles para optimizar el trabajo que se está llevando a cabo.

Según HORNGREN, FOSTER, DATAR, define a la eficiencia como la cantidad relativa de insumos que se usa para alcanzar un nivel determinado de producción. Para mejor entendimiento se describe que mientras más pequeña sea la cantidad de insumos utilizados para fabricar un número dado de teléfonos celulares, o mientras más grande sea la cantidad de teléfonos celulares fabricados con una determinada dada de insumos, mayor será la eficiencia. (2007, p. 236)

Según FLEITMAN, "La eficiencia consiste en la medición de los esfuerzos requeridos para alcanzar los objetivos. El costo, el tiempo, el uso adecuado de los factores materiales y humanos, cumplir con la calidad propuesta, constituyen elementos inherentes a la eficiencia". (2007, p. 98). Es decir, hacer algo bajo requerimientos específicos y cumpliéndolos se le llama hacer un trabajo eficiente, para ello HUARANGA y ROBLES mencionan lo siguiente: Es la capacidad de hacer las cosas bien, la eficiencia comprende un sistema de pasos e instrucciones con los que se puede garantizar calidad en el producto final de cualquier tarea. La eficiencia depende de la calidad humana o motora de los agentes que realizan la labor a realizar, para expedir un producto de calidad, es necesario comprender todos los ángulos desde donde es visto, a fin de satisfacer todas las necesidades que el producto pueda ofrecer; es decir que es aquel talento o destreza de disponer de algo o alguien en particular con el objeto de conseguir un dado propósito valiéndose de pocos recursos, por ende, hace referencia, en un sentido general, a los medios utilizados y a los resultados alcanzados. (2017, p. 38). En resumen, nos define que las características cumplan con los requisitos, pueden ser tiempo y costo.

Para CRUELLES menciona que “La eficiencia mide la relación entre insumos y producción, busca minimizar el coste de los recursos (Hacer las cosas bien). En términos numéricos es la razón entre la producción real obtenida y la producción estándar esperada”. (2012, p. 10). Según CHAPMAM menciona que: “La eficiencia mide básicamente la salida real de un área definida, en comparación con la tasa estándar de producción en el mismo número de horas”. (2006, P.:173). Refiere a que se produce según lo establecido y en un tiempo determinado llegando al objetivo a comparación a lo que se produce en el mismo tiempo, pero no se logra el objetivo. Según NIEBEL y FREIBALDS menciona: “La eficiencia y las herramientas de diseño de trabajo son las claves para la mejora de la productividad en cualquier industria, negocio o empresa de servicios, ya sea un banco, un hospital, una tienda de departamentos, un ferrocarril o un sistema postal”. (2009, P. xvi). Para mejorar la productividad se tiene que alcanzar los objetivos asignados y también va a depender de las condiciones en las que el trabajador desempeña sus actividades en cualquiera que sea o el rubro en el que se encuentran las empresas.

Según RODRÍGUEZ y GÓMEZ menciona que: La eficiencia se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones: la primera, como relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos que se había estimado o programado utilizar; la segunda, como grado en el que se aprovechan los recursos utilizados transformándolos en productos. (1991, p. 33). La eficiencia sirve para medir si se cumple con los objetivos planificados, para esto se toma en cuenta las cantidades programadas producidas y cómo es que se aprovecha la materia prima para poder llegar a ello.

Según GARCÍA explica que “La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos: es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad”. (2005, p. 19). Para García la elaboración de un buen producto con la menor cantidad de materia prima utilizada es trabajar con eficiencia de esa manera la productividad aumenta.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de Investigación**

##### **Tipo de investigación**

Según HERNÁNDEZ hay dos tipos de investigación:

Investigación básica; esta clase de investigación cumple dos propósitos fundamentales: producir conocimiento y teorías e Investigación aplicada, esta nos permite resolver problemas. Gracias a estos dos tipos de investigación la humanidad ha evolucionado. La investigación es la herramienta para conocer lo que nos rodea y su carácter es universal. (2010, p. xxvii)

El presente proyecto de investigación es Investigación aplicada, porque “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al.2010, p. 4), así también porque utiliza los conocimientos teóricos disponibles para dar una propuesta de solución a un problema existente en minera Las Bambas como es el bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora (Específicamente en el área de transporte de mineral grueso).

Según HERNÁNDEZ menciona:

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar o eludir” pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos), y se establece una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis. (2010, p. 4).

Nuestra investigación tiene ENFOQUE CUANTITATIVO porque tiene como base a la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento, así mismo se realiza de manera secuencial y se plantearán

hipótesis que tendrán que ser probadas para comprobar el efecto que este pueda tener sobre el problema que deseamos solucionar.

### **Nivel de investigación.**

Según Tamayo y Tamayo (2006), el tipo de investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; el enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre cómo una persona, grupo, cosa funciona en el presente; la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho, caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una interpretación correcta.

Refiere Bernal (2006), en la investigación descriptiva, se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos prototipos, guías, etcétera, pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones, hechos, fenómenos, etcétera; la investigación descriptiva se guía por las preguntas de investigación que se formula el investigador; se soporta en técnicas como la encuesta, entrevista, observación y revisión documental.

Asimismo Hurtado (2002), infiere que la investigación descriptiva tiene como objetivo la descripción precisa del evento de estudio, este tipo de investigación se asocia al diagnóstico; el propósito es exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, de modo tal que en los resultados se pueda obtener dos niveles de análisis; dependiendo del fenómeno o del propósito del investigador; estas investigaciones trabajan con uno o con varios eventos de estudio en un contexto determinado, pero su intención no es establecer relaciones de causalidad entre ellos, por tal razón no ameritan de la formulación de hipótesis.

El nivel para nuestra investigación es DESCRIPTIVO, debido a que nuestro interés se centra en describir, registrar, analizar e interpretar datos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004, a partir de ello se hace un análisis de las causas del por qué ocurre el problema del bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora (Específicamente en el área de transporte de mineral grueso).



## Diseño de investigación

El presente proyecto de investigación es de Enfoque cuantitativo, porque “Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Hernández et al.2010, p. 4).

Asimismo, cuando se ejecuta una medición previa de la variable dependiente y se manipula intencionalmente la variable independiente a los sujetos de un mismo grupo para posteriormente realizar una nueva medición de la variable dependiente, este diseño constituye un cuasi experimento denominado pretest y postest con un solo grupo de estudio. (Calderón y Alzamora, 2010, p. 86-87).

En nuestro proyecto de investigación, Aplicación de la Ingeniería de métodos para mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, se contempla como un diseño de investigación es cuasi experimental debido a que nuestro objetivo es el examen del resultado de la variable independiente relacionado la variable dependiente de la investigación, para mayor entendimiento visualicemos el siguiente diagrama:



Figura 19. Diseño de Investigación Cuasi Experimental

Dónde:

**G:** Grupo Cuasi experimental

**X:** Variable Independiente Ingeniería de métodos

**O1:** Datos de la eficiencia en términos de tiempos y costo antes de la aplicación de la ingeniería de métodos

**O2:** Datos de la eficiencia en términos de tiempos y costo después de la aplicación de la ingeniería de métodos.

### 3.2. Variables y operacionalización

#### Variable independiente (VI):

“Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis para eliminar toda operación innecesaria y para encontrar el

método más rápido para realizar las necesarias; abarca la normalización del equipo, métodos y condiciones de trabajo; entrena al operario a seguir el método normalizado; después de estos pasos, determina por medio de mediciones muy precisas, el número de horas hombre en las cuales un operario, trabajando con actividad normal, puede realizar el trabajo. Por último (aunque no necesariamente), establece un plan para compensación del trabajo, que estimule al operario a obtener o sobrepasar la actividad normal.” (H.B. Maynard, 1932.).

## **Dimensiones de la VI**

### **Estudio de métodos**

Es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades, con el fin de efectuar mejoras (BSI, 1991).

$$\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A . P)}{\Sigma(N^{\circ} . A . P.) + \Sigma(N^{\circ} . A . I.)}$$

*Figura 20. Ecuación de % de actividades eficientes*

### **Variable Dependiente (VD)**

La eficiencia se define como la relación existente entre los recursos que son empleados para un proyecto y los logros que son obtenidos a través de este. La eficiencia se consigue en aquellos casos en los que se utiliza un menor número de recursos para poder conseguir un mismo objetivo (EUDE 2019).

## **Dimensiones de la VD**

### **Eficiencia en Tiempos:**

Es la relación entre los recursos programados y los insumos utilizados realmente. El índice de eficiencia expresa el buen uso de los recursos en la producción de un producto en un periodo definido. Eficiencia en hacer bien las cosas. (García, 2011, p. 16).

$$\text{eficiencia en Tiempo} = 1 - \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo real}} \times 100\%$$

*Figura 21. Ecuación de eficiencia en tiempo*

### **Eficiencia en Costos:**

La eficiencia como la maximización del excedente económico, dados los recursos productivos y a la tecnología existente en una sociedad. Y definimos el excedente

económico como la diferencia entre la disposición máxima total al pago de los consumidores por los bienes y servicios que consumen y el coste total que supone su producción. (Gutiérrez, 2006, p. 50)

$$\text{Eficiencia en Costo} = 1 - \frac{\text{Costo programado}}{\text{Costo real}} \times 100 \%$$

*Figura 22.* Ecuación de eficiencia en costo

**Tabla 12. Matriz de Operacionalización de variables**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Ingeniería de métodos	Según Maynard (2010) Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis para eliminar toda operación innecesaria y para encontrar el método más rápido para realizar las necesarias	Técnica a través de la cual se puede simplificar las tareas de un trabajo y determinar el tiempo estándar, eliminando tiempos improductivos.	Estudios de Métodos (Análisis con diagramas DAP)	$\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A . P)}{\Sigma(N^{\circ} . A . P.) + \Sigma(N^{\circ} . A . I.)}$ <p>Dónde: N°. A. P. = Número de Actividades Productivas N°. A. I. = Número de Actividades Improductivas</p>	Razón
Eficiencia	La eficiencia se define como la relación existente entre los recursos que son empleados para un proyecto y los logros que son obtenidos a través de este. La eficiencia se consigue en aquellos casos en los que se utiliza un menor número de recursos para poder conseguir un mismo objetivo (EUDE 2019)	Utilización o empleo de un número menor de recursos para la consecución de un objetivo	Eficiencia en tiempo	$\text{eficiencia en Tiempo} = 1 - \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo real}} \times 100\%$	Razón
			Eficiencia en costo	$\text{Eficiencia en Costo} = 1 - \frac{\text{Costo programado}}{\text{Costo real}} \times 100 \%$	Razón

Fuente: elaboración propia

### **3.3 Población, Muestra y muestreo.**

#### **Población.**

VALDERRAMA señala que “es el conjunto de la totalidad de las medidas de las variables en estudio [...] es decir, es la agrupación de valores que cada variable se representan en unidades que componen el universo” (2015 p. 183).

La unidad de estudio de la presente tesis está identificada como la “**Proceso de cambio de cinta transportadora-CVB-0004**”, dicha faja en análisis está dentro del área de “**Transporte de mineral grueso**” (área 0220), la cual está dentro del proceso productivo de mineral de minera Las Bambas.

#### **Muestra.**

No se aplica un procedimiento extracción de muestra debido a que el mantenimiento se realiza por condición del equipo y no en forma aleatoria.

### **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnicas**

“De acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis, la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de análisis o casos” (Sampieri, 2010, p. 198).

#### **Técnicas de recolección de datos:**

Las técnicas para recolectar la información requerida, para el desarrollo de la propuesta son las siguientes:

- **Observación de campo:** Se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados. En el presente trabajo de investigación se llevará a cabo la observación de campo en el área de transporte de mineral grueso.
- **Documental:** La información técnica requerida (Planos, manuales de mantenimiento, fichas técnicas de equipos, esquemas entre otros), serán obtenidas a través del área de ingeniería de Las Bambas (Planos) y del área de mantenimiento de planta concentradora (fichas técnicas de equipos, esquemas entre otros).

- **Observación no estructurada:** Se utilizarán lineamientos generales de propuestas de cambio de fajas transportadoras, además de ello a base de la información técnica proporcionada por el área de ingeniería y mantenimiento de planta concentradora de Las Bambas, se observará, analizará y evaluará en campo la factibilidad de la propuesta técnica optimizada de cambio de faja CVB-0004
- **Revisión de Fuentes de información de recolección de datos:** son fuentes primarias y secundarias, ya se examinaron artículos relaciones con la presente investigación, así como información procesada adquirida de la fase de proyecto de Las Bambas, tales fuentes de información se describen a continuación:
  - ✓ Planos de detalle de la faja transportadora CVB-0004
  - ✓ Layout de construcción del área asignada para realizar los trabajos.
  - ✓ Manuales de mantenimiento de fajas transportadoras
  - ✓ Fichas técnicas de equipos de la faja transportadora CVB-0004.
  - ✓ Fichas técnicas de proveedores de equipos nuevos
  - ✓ Memorias de cálculos
  - ✓ Norma CEMA, entre otros

### **Instrumentos**

Según VALDERRAMA menciona que son instrumentos: “Expresa que son materiales que explota el estudioso para amasar y recopilar la búsqueda. Consiguen ser prontuarios, examen de preparaciones”. (2013, p. 195). Para la recolección de datos se utilizará con apoyo los siguientes instrumentos:

- **Cronograma del proyecto.** Es una carta Gantt detallada en el cual se colocarán todas las actividades que involucre el proyecto, así mismo se describirán los tiempos estimados de cada actividad, para ellos se revisará la información de campo recopilada en anterior oportunidad (Se cuenta con dicha información), así mismo se realizara la precedencia de las actividades, ya que es un proceso secuencial, así mismo se emplearán los formatos como:
  - Formato de Mejora de Proceso (Diagrama Analítico de Proceso)
  - Formato de Toma de Tiempos de Proceso (Tiempo Estándar de Proceso)
  - Formato para calcular la Eficiencia (Tiempo y Costos)

### **3.5 Procedimiento.**

Los procedimientos de recolección de datos son referidos a planificación que realiza un investigador debido al modo en que se recolectarán dichos datos (Ríos, 2017, p. 106).

#### **Primera etapa: Recopilación de datos**

En primer lugar, para realizar la identificación de las causas del bajo nivel de eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora en minera Las Bambas, se utilizó el diagrama de Ishikawa, así como también el diagrama de Pareto el cual nos indica que el 80% de las consecuencias está dado por el 20% de las causas. Con base en este análisis se planteó la aplicación de la Ingeniería de métodos para mejorar la eficiencia. En segundo lugar, en un periodo de cuatro días se ejecutará la recopilación de datos, puesto que esto se determinará cuando se ejecute el levantamiento de la cuarentena, ocasionado por el COVID-19, por lo que en ese momento se podrán aplicar los instrumentos validados (Anexo N° 4) con propuesta de implementación mediante el juicio de expertos. Además, se podrá realizar el análisis de la eficiencia, las actividades que realizan los operarios y la toma de tiempos. Para realizar la toma de datos del pretest se hará uso de los instrumentos de estudio.

#### **Segunda etapa: Procesamiento**

Con los datos que se obtuvieron se procederá a analizar la recolección de datos mediante el software IBM SPSS Statistics Base 22, este ofrece un análisis completo y entregará datos a nivel descriptivo inicialmente, puesto que con los datos del post test se iniciará el análisis inferencial. Posteriormente, para realizar la toma de datos post test se hará uso del contenido del desarrollo de la propuesta y el cronograma de implementación. Luego de la ejecución de este cronograma se realizará la toma de datos post test.

#### **Tercera etapa: Análisis de la información**

En esta etapa se consideran las dimensiones e indicadores que han sido planteados en la matriz de operacionalización, para poder obtener un análisis global y tener una evaluación de la variable dependiente.

### **3.5.1 Situación actual de la empresa**

La Unidad Minera Las Bambas se ubica entre los distritos de Challhuahuacho, Tambobamba y Coyllurqui, provincia de Cotabambas, y el distrito de Progreso, provincia de Grau, en la Región Apurímac, a una altitud que varía entre los 3.800 y 4.600 m.s.n.m., a aproximadamente 75 km al suroeste de la ciudad de Cusco.

Actualmente, lleva a cabo actividades mineras de explotación del yacimiento Ferrobamba y, posteriormente, realiza actividades de extracción de minerales de los yacimientos Chalcobamba y Sulfobamba. La planta concentradora de Las Bambas tiene una capacidad instalada de 145.000 toneladas por día (t/d), y genera concentrado de cobre (Cu) y molibdeno (Mo) como producto. Durante 2017, su producción superó las 385.000 toneladas de cobre en concentrado.

En 2018, tuvo más de 1.500 empleos directos, de los cuales, el 20 % correspondió a personal local. Por otro lado, tuvo más de 7.000 empleos indirectos, lo que constituye un beneficio para las economías regionales.

Las Bambas es una de las operaciones mineras que busca fomentar el diálogo con sus grupos de interés, y promover un modelo de desarrollo sostenible de la mano del estado peruano. Es importante recalcar que, desde 2005 cuando inició la etapa de exploración siempre ha estado dispuesto a generar relaciones de confianza y participación con la población local.



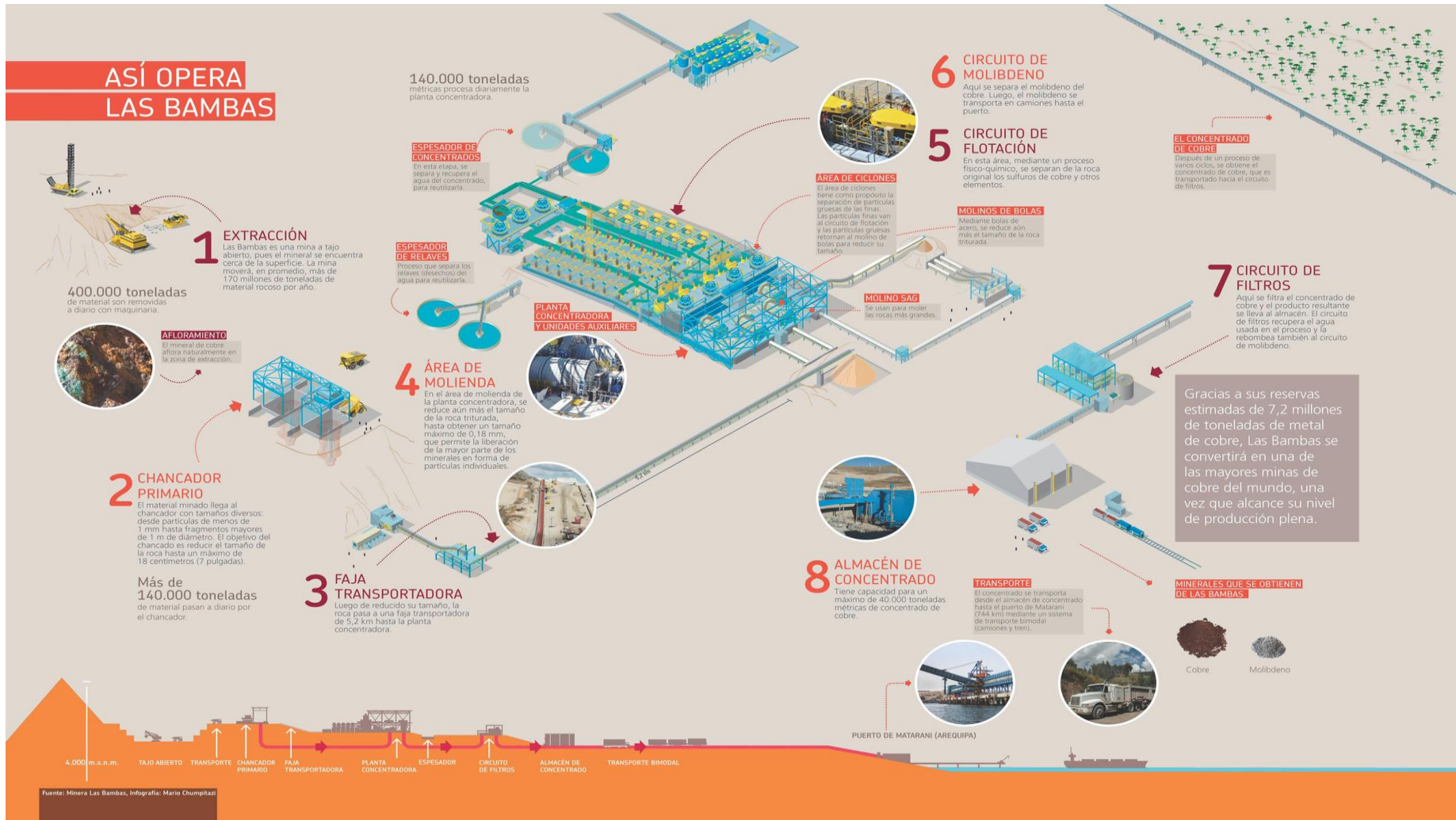


Figura 23. Proceso operativo de Minera Las Bambas  
Fuente: Archivos de la empresa

## **Visión**

Construir la empresa minera más respetada del mundo.

## **Misión**

Hacemos minería con el fin de generar riqueza para nuestra gente, las comunidades en las que desarrollamos nuestras operaciones y nuestros accionistas.

## **Objetivo**

Ser valorados como una de las empresas mineras de mediana escala más importantes del mundo para el año 2020, y en un plazo más largo, como una de las principales mineras del mundo.

## **Facilitadores Estratégicos**

Generamos valor a través de cuatro facilitadores estratégicos.

**Crecimiento:** Adquirimos, descubrimos y desarrollamos activos mineros que transformen nuestro negocio.

**Transformación de las operaciones:** Desarrollamos planes eficaces para generar oportunidades de crecimiento innovadoras y mejorar la productividad.

**Nuestra gente y organización:** Brindamos un lugar de trabajo seguro, saludable y con la protección necesaria, y fomentamos una cultura que valore la colaboración, la responsabilidad y el respeto.

**Reputación:** Somos valorados por nuestro compromiso con el progreso, alianzas de largo plazo y gestión internacional.

## **Valores**



#### PENSAMOS EN LA SEGURIDAD ANTE TODO

Nos detenemos a pensar y luego actuamos para prevenir lesiones.



#### NOS RESPETAMOS UNOS A OTROS

Somos honestos, considerados y actuamos con integridad



#### TRABAJAMOS JUNTOS

Incorporamos diversas perspectivas para lograr mejores resultados.



#### NUESTRAS PALABRAS SE TRADUCEN EN HECHOS

Asumimos nuestra responsabilidad y cumplimos nuestros compromisos.



#### QUEREMOS SER MEJORES

Buscamos siempre oportunidades para mejorar.

Figura 24. Valores de la empresa Minera Las Bambas

### 3.5.2. Datos antes de la implementación (pretest)

A continuación, se muestra el DOP y cronograma actual del proceso de cambio de cinta transportadora para posteriormente poder realizar la comparación y medir el nivel de eficiencia.

Todo proceso de cambio de faja consta de 2 fases las cuales se describen a continuación:

- FASE I: GENERACIÓN DE BLONDAS DE FAJA TIPO LIBRO
- FASE II: EJECUCIÓN DE CAMBIO DE FAJA

Por ello es importante conocer y analizar el proceso tanto actual de cambio de faja, El DOP que nos muestra la secuencia de actividades que se realiza actualmente para poder realizar el armado de libro y cambio de cinta.

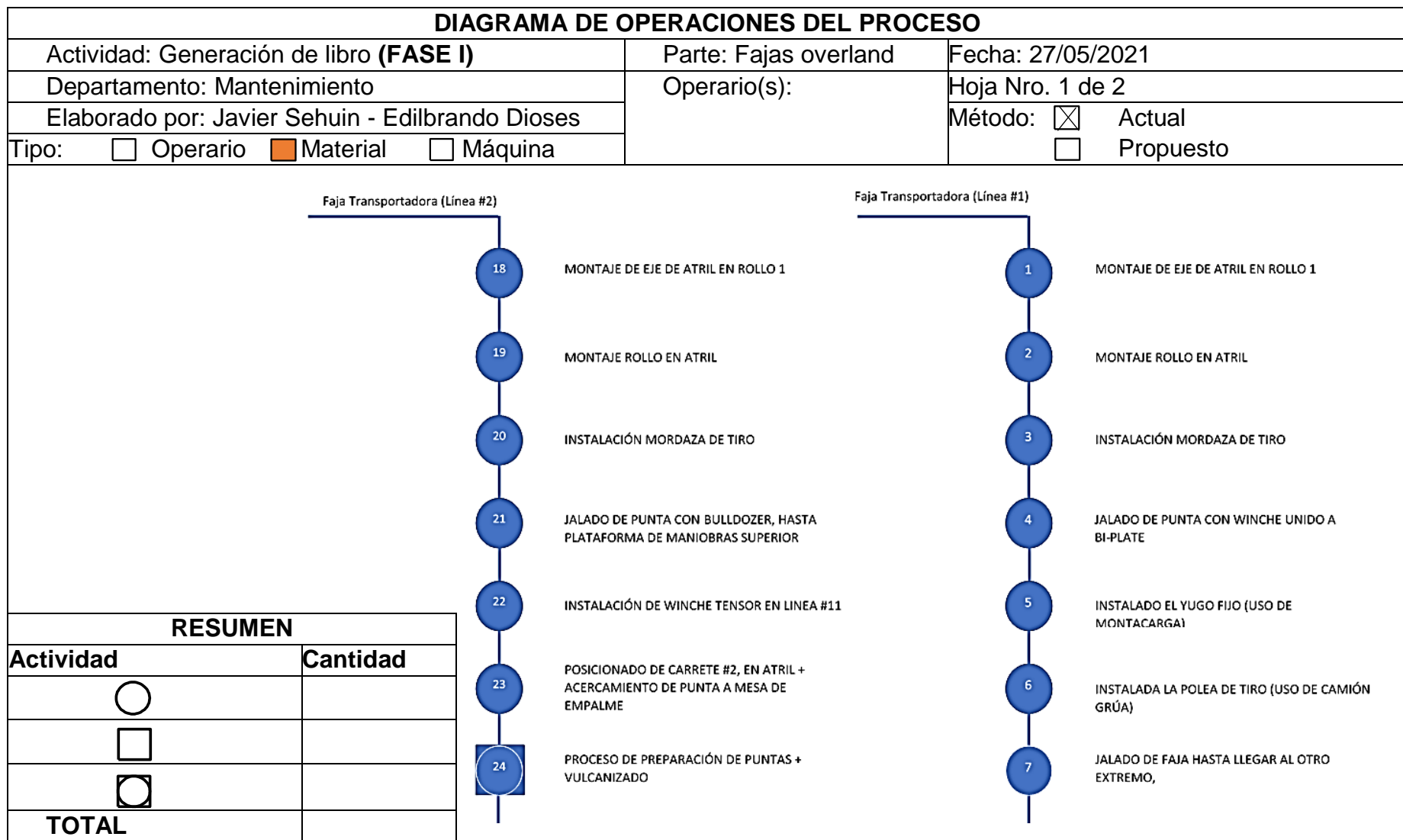


Figura 25 (1 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)  
Fuente: elaboración propia

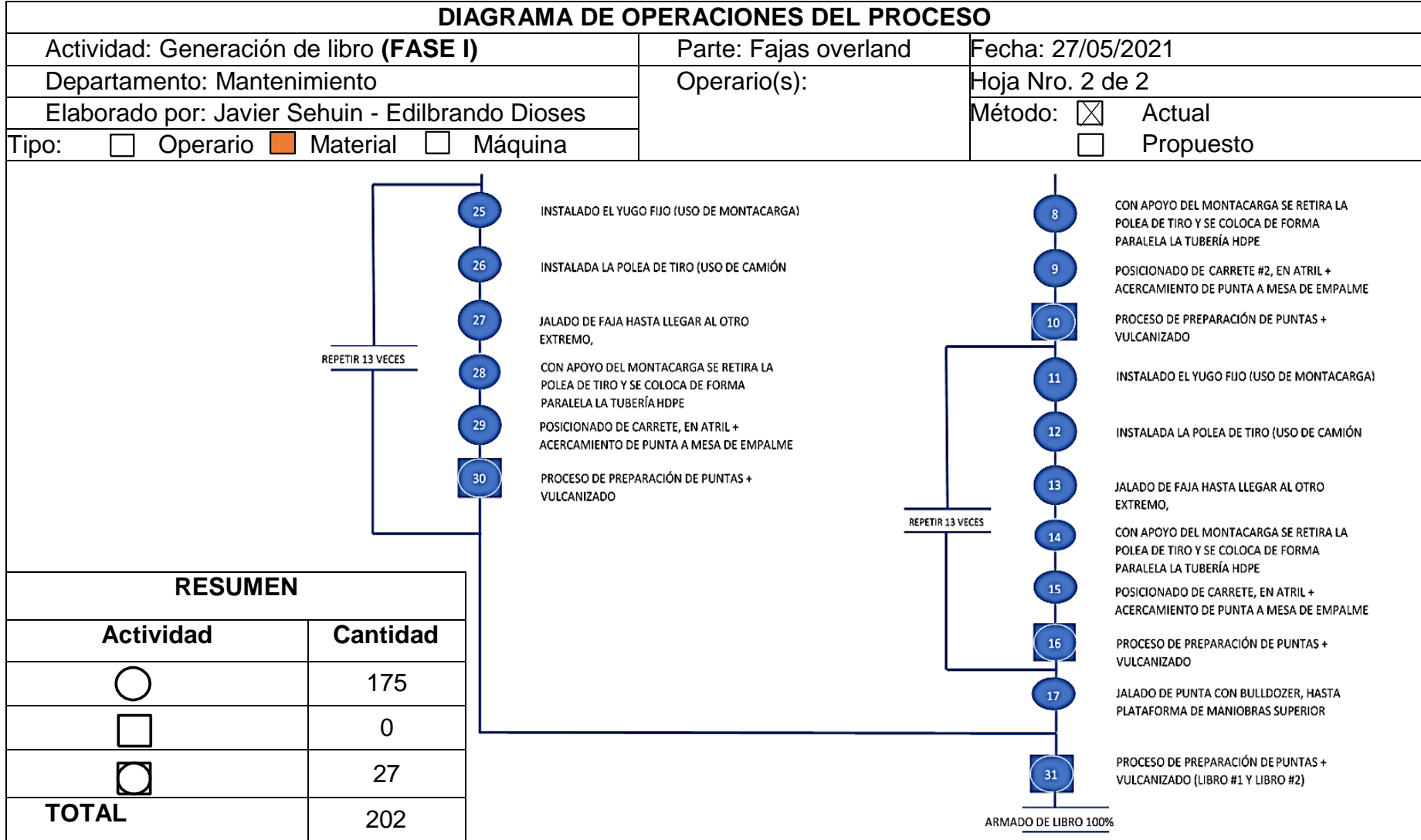


Figura 25 (2 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)  
Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra el layout actual de generación de blondas de faja tipo libro

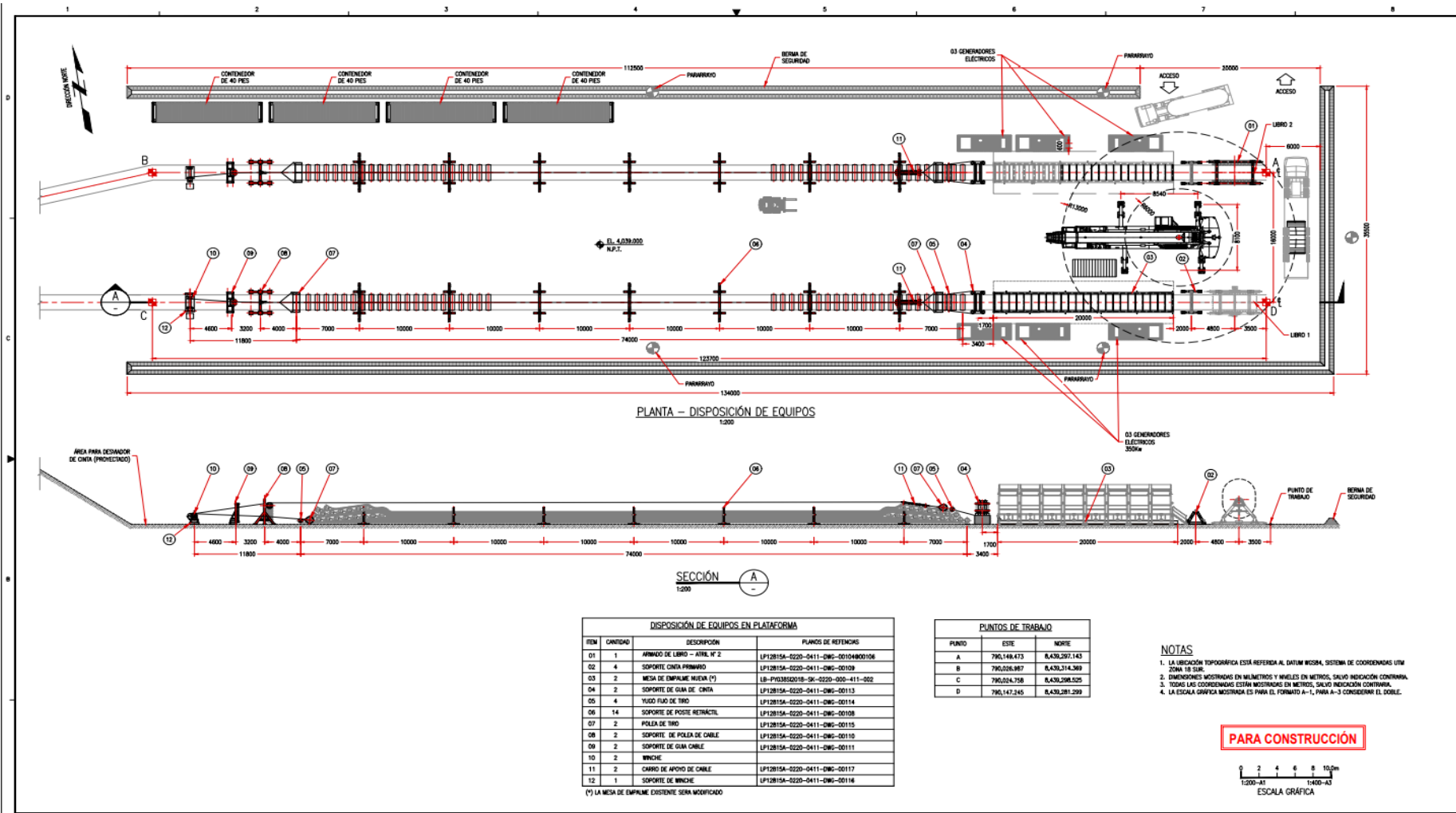


Figura 26. Layout actual del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I  
Fuente: elaboración propia

Para mejor entendimiento a continuación mostraremos en forma esquemática el proceso de generación de blondas o armado de libro:

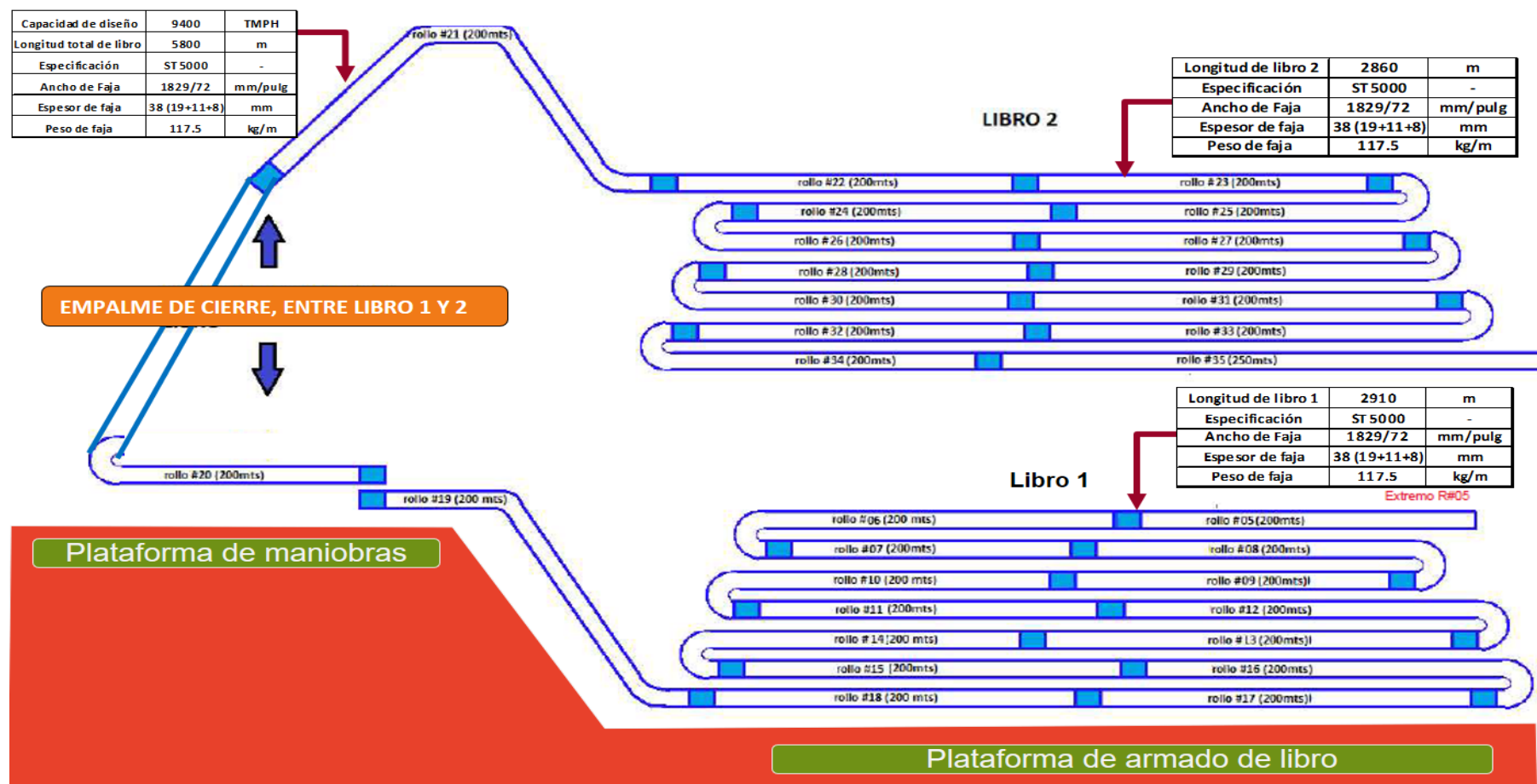
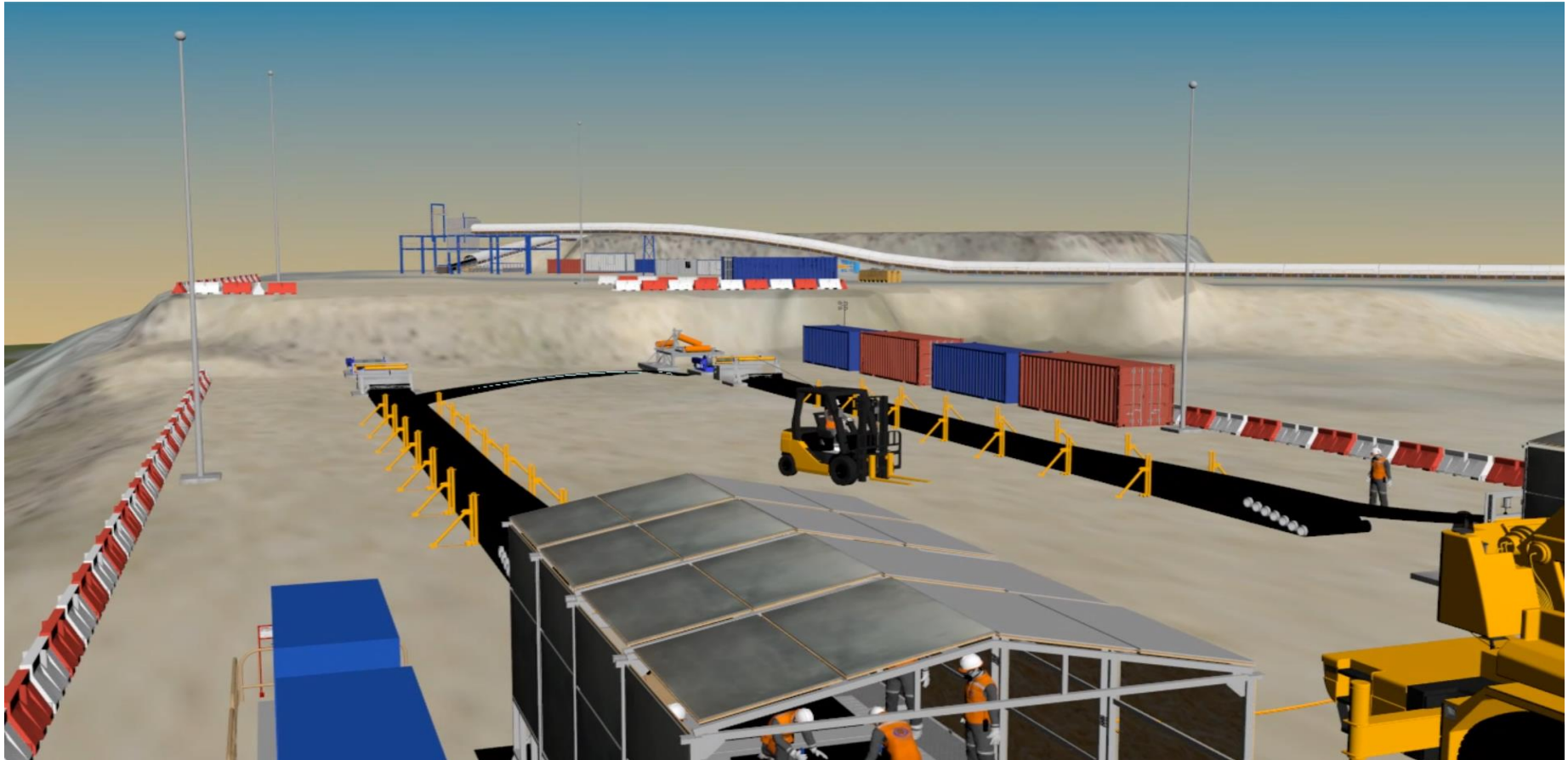


Figura 27. Forma esquemática del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método actual)  
Fuente: elaboración propia



La explicación del esquema anterior es que se van a generar 02 libros en forma paralela, una vez terminados ambos se proceden a unirlos mediante un empalme final, en cada libro se usan sus propios recursos.

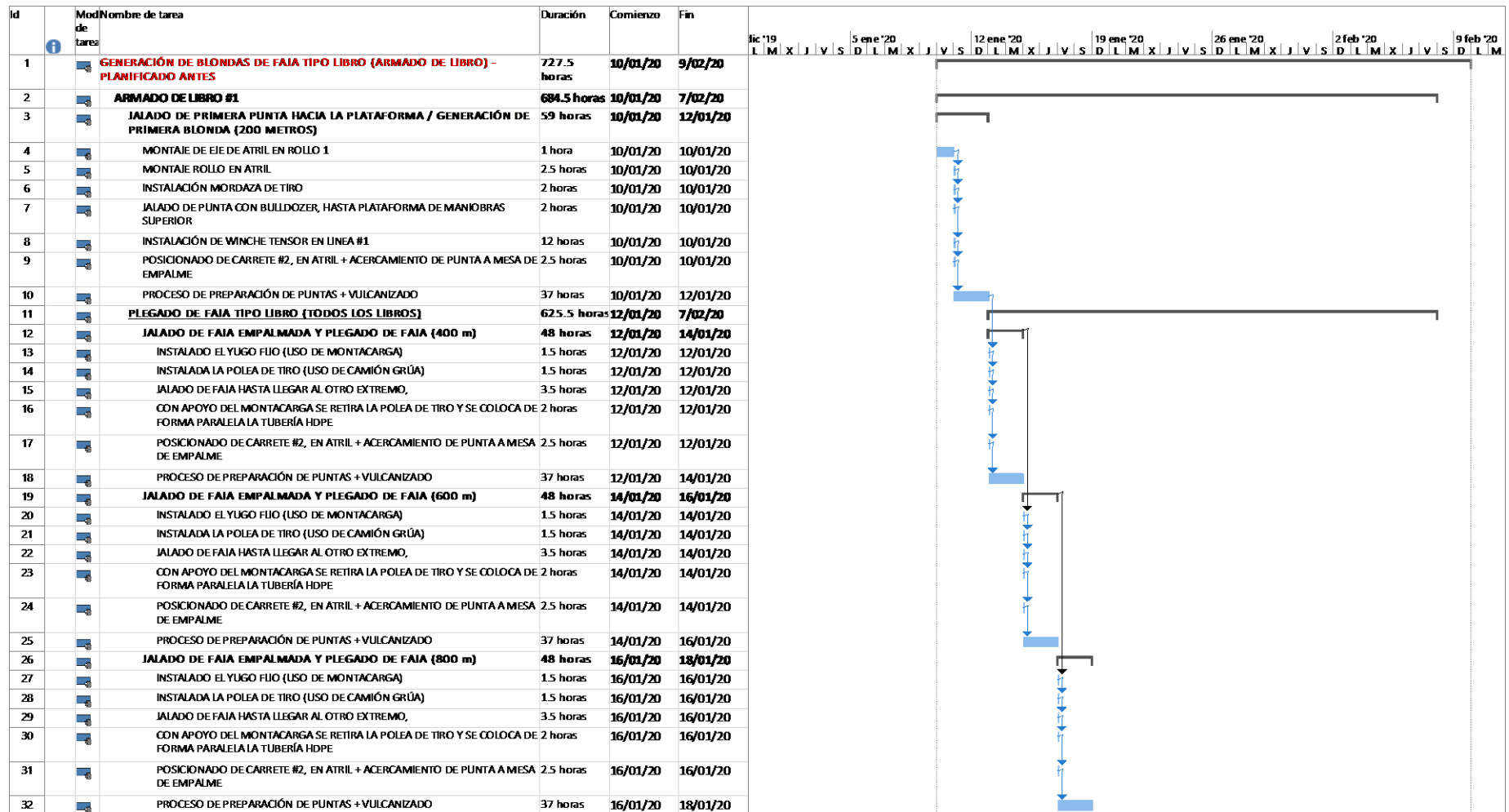
A continuación, se muestra una foto del video de la generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro



*Figura 28.* Generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro  
Fuente: elaboración propia



A continuación, se muestra cronograma de actividades del proceso actual del cambio de cinta transportadora















El cronograma anterior referido a la fase del armado de libro planificado, este cronograma fue proporcionado por MMG como datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 13.** *Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado Antes de la mejora)*

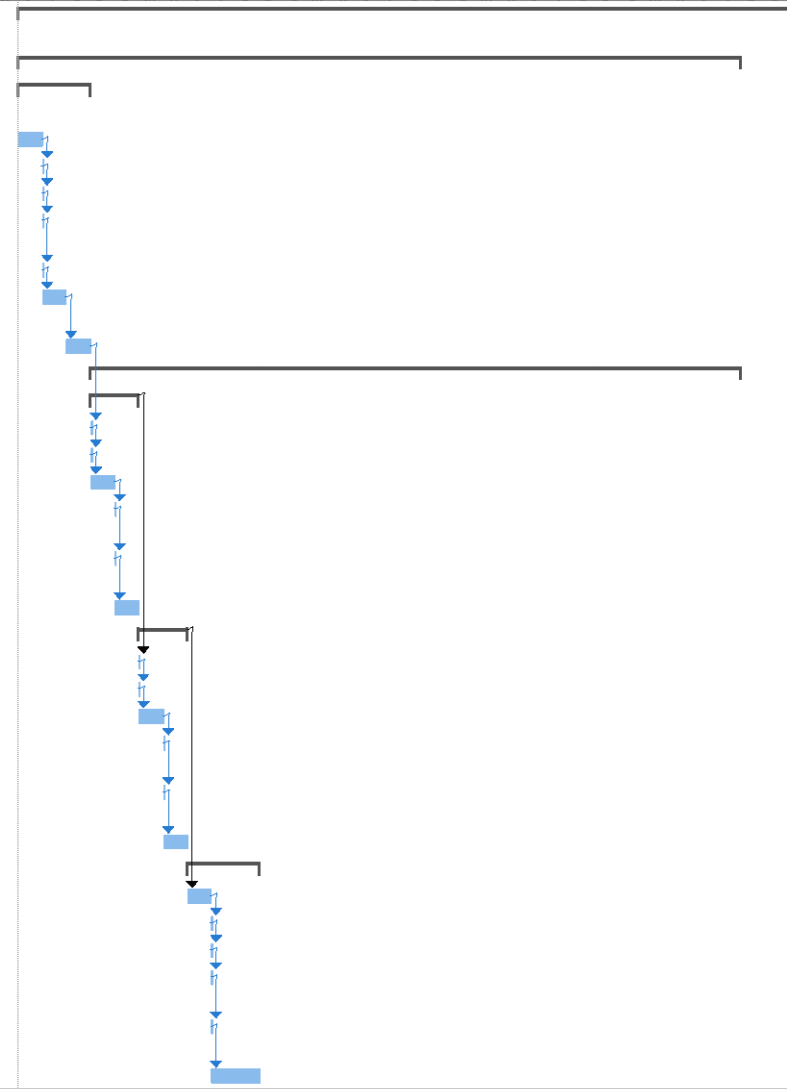
Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Armado de libro #1	10/01/2020	7/02/2020	684.5
Armado de libro #2	10/01/2020	7/02/2020	681
Jalado de faja empalmada y plegado de faja (6000 m) - unión entre libro #1 y #2	7/02/2020	9/02/2020	43
<b>Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro) - planificado antes</b>	<b>10/01/2020</b>	<b>9/02/2020</b>	<b>727.5</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro tiene una duración de 727.5 horas (31 días), se debe de tener claro esta información debido a que uno de los objetivos de la presente tesis es optimizar estos valores ya sean desde el punto de vista de tiempo y costo (Este cronograma es el planificado, es decir antes de la ejecución).

A continuación, se muestra del cronograma de real de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro actual, es decir el que se demoró en esa oportunidad:



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Calendar																																															
						ene '19							13 ene '19							20 ene '19							27 ene '19							3 feb '19							10 feb '19												
						L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
1		<b>GENERACIÓN DE BLONDAS DE FAJA TIPO LIBRO (ARMADO DE LIBRO) - REAL ANTES</b>	752.75 horas	10/01/19	10/02/19																																																
2		<b>ARMADO DE LIBRO #1</b>	706.25 horas	10/01/19	8/02/19																																																
3		<b>JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)</b>	65.75 horas	10/01/19	12/01/19																																																
4		MONTAJE DE EJE DE ATRIL EN ROLLO 1	0.75 horas	10/01/19	10/01/19																																																
5		MONTAJE ROLLO EN ATRIL	2 horas	10/01/19	10/01/19																																																
6		INSTALACIÓN MORDAZA DE TIRO	2 horas	10/01/19	10/01/19																																																
7		JALADO DE PUNTA CON BULLDOZER, HASTA PLATAFORMA DE MANIOBRAS SUPERIOR	6 horas	10/01/19	10/01/19																																																
8		INSTALACIÓN DE WINCHE TENSOR EN LINEA #1	12 horas	10/01/19	10/01/19																																																
9		POSICIONADO DE CARRETE , EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	3 horas	10/01/19	11/01/19																																																
10		PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	40 horas	11/01/19	12/01/19																																																
11		<b>PLEGADO DE FAJA TIPO LIBRO (TODOS LOS LIBROS)</b>	640.5 horas	12/01/19	8/02/19																																																
12		<b>JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA (400 m)</b>	50.5 horas	12/01/19	14/01/19																																																
13		INSTALADO EL YUGO FLUO (USO DE MONTACARGA)	2.5 horas	12/01/19	12/01/19																																																
14		INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	2 horas	12/01/19	12/01/19																																																
15		JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO,	4 horas	12/01/19	13/01/19																																																
16		CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA HDPE	1.5 horas	13/01/19	13/01/19																																																
17		POSICIONADO DE CARRETE , EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	2.5 horas	13/01/19	13/01/19																																																
18		PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	38 horas	13/01/19	14/01/19																																																
19		<b>JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA (600 m)</b>	50 horas	14/01/19	16/01/19																																																
20		INSTALADO EL YUGO FLUO (USO DE MONTACARGA)	2 horas	14/01/19	14/01/19																																																
21		INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	1.5 horas	14/01/19	14/01/19																																																
22		JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO,	4 horas	14/01/19	15/01/19																																																
23		CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA HDPE	1.5 horas	15/01/19	15/01/19																																																
24		POSICIONADO DE CARRETE , EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	2 horas	15/01/19	15/01/19																																																
25		PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	39 horas	15/01/19	16/01/19																																																
26		<b>JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA (800 m)</b>	50.5 horas	16/01/19	19/01/19																																																
27		INSTALADO EL YUGO FLUO (USO DE MONTACARGA)	2.5 horas	16/01/19	17/01/19																																																
28		INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	2 horas	17/01/19	17/01/19																																																
29		JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO,	3 horas	17/01/19	17/01/19																																																
30		CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA HDPE	3 horas	17/01/19	17/01/19																																																
31		POSICIONADO DE CARRETE , EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	3 horas	17/01/19	17/01/19																																																
32		PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	37 horas	17/01/19	19/01/19																																																















El cronograma anterior referido a la fase generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro en tiempo real, este cronograma fue proporcionado por MMG, con estos datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 14.** *Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Real Antes de la mejora)*

Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Armado de libro #1	10/01/2019	8/02/2019	706.25
Armado de libro #2	10/01/2019	8/02/2019	704.25
Jalado de faja empalmada y plegado de faja (6000 m) - unión entre libro #1 y #2	8/02/2019	10/02/2019	46.5
<b>Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro) - planificado antes</b>	<b>10/01/2019</b>	<b>10/02/2019</b>	<b>752.75</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro en tiempo real tuvo una duración de 752.75 horas (32 días) comparado con el cronograma planificado (727.5 horas), podemos concluir que la generación de blondas de faja tipo libro demora 25.25 horas más de lo planificado, se debe de tener claro esta información debido a que uno de los objetivos del presente proyecto de tesis es optimizar estos valores ya sean desde el punto de vista de tiempo y costo.

### 3.5.3. Pretest cambio de cinta transportadora CVB-0004

Para conocimiento de proceso de cambio de cinta transportadora CVB-004, vamos a analizar primero el proceso de este mediante el DOP (diagrama de operaciones del proceso)



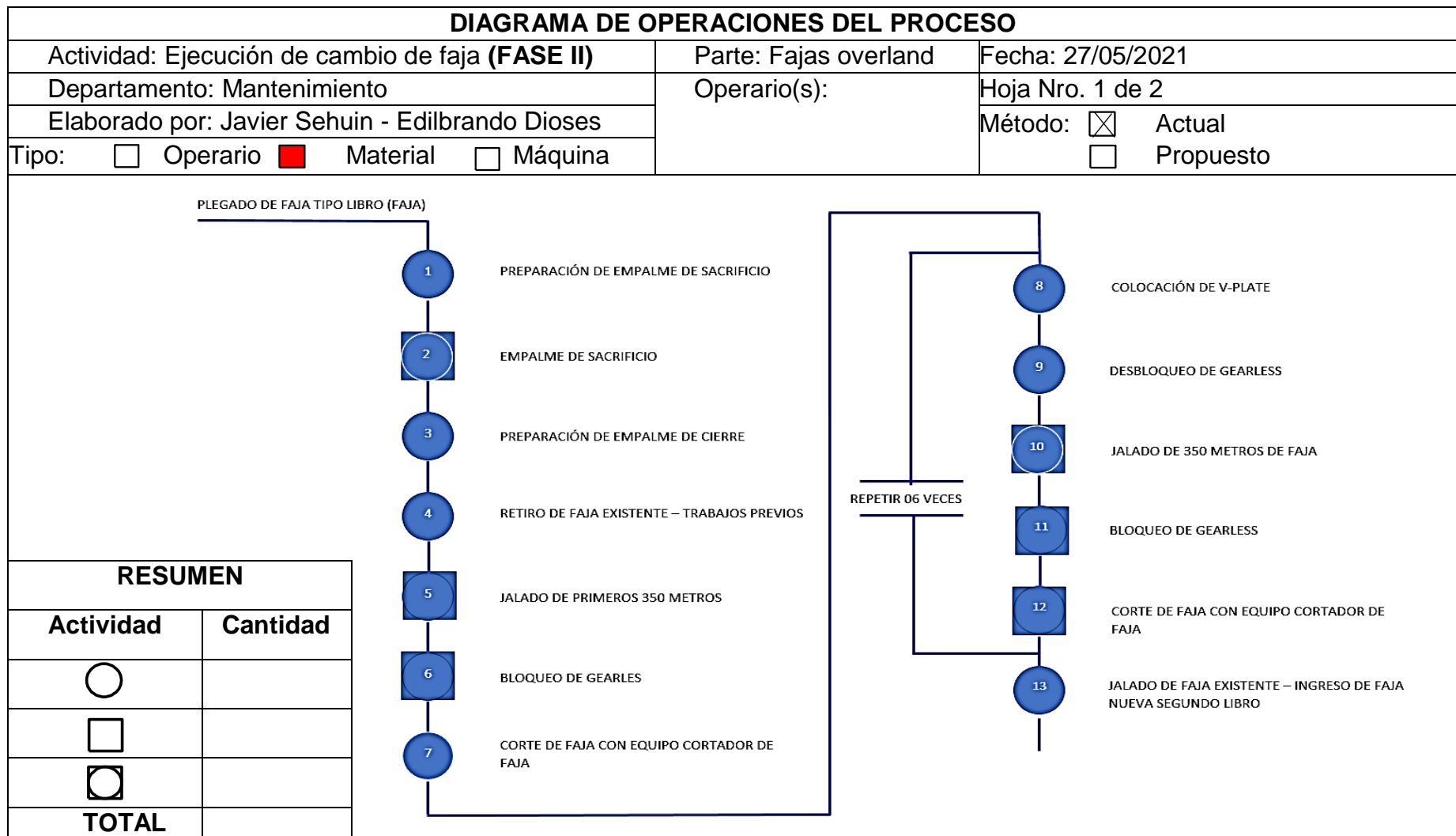


Figura 31 (1 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora)

Fuente: elaboración propia

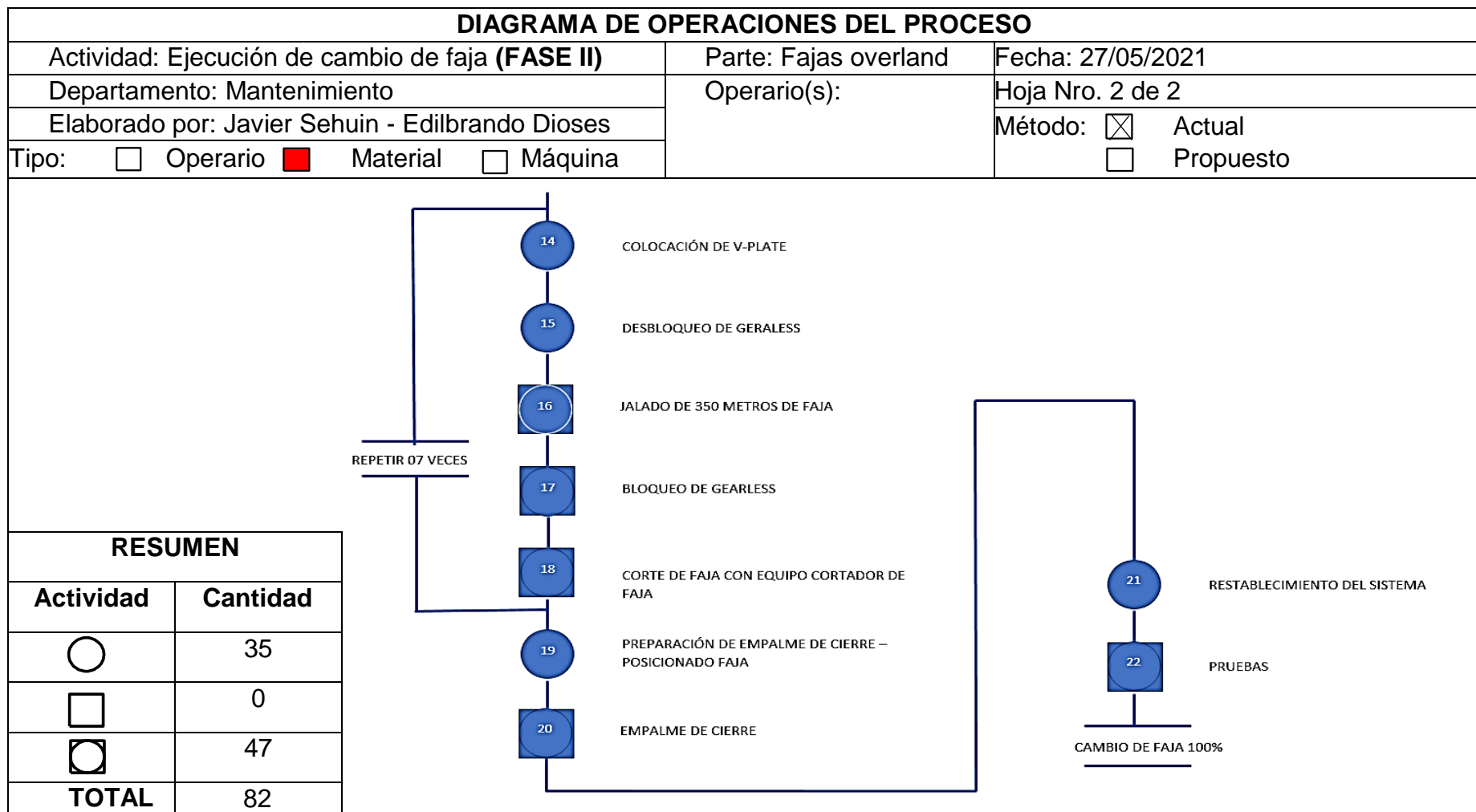


Figura 31 (2 de 2). Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora)  
 Fuente: elaboración propia.

Conociendo el proceso, es importante analizar cuáles son las actividades que agregan valor al proceso y cuáles no, por lo cual es importante analizarlo, para ello utilizaremos la herramienta del DAP (Diagrama de análisis del proceso), herramienta mediante la cual podremos determinar cuantitativamente las actividades productivas y no productivas:

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO										
Diagrama No.	Hoja No. 1	OPERARIO <input type="checkbox"/>	MATERIAL <input type="checkbox"/>	EQUIPO <input type="checkbox"/>						
Objetivo: Realizar el diagrama de análisis de proceso		RESUMEN								
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	MEJORADO					
Proceso analizado:	Flegado de faja tipo libro (Armado de libro)	Operación	56	-						
		Transporte	20	-						
		Espera	1	-						
		Inspección	37	-						
Metodo:	Actual <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto <input type="checkbox"/>	Almacenamiento	4	-						
		Distancia (m)	5750	-						
Localización:	Transporte de mineral grueso - Fajas overland	Tiempo (hr/hombre)	167.5	-						
		Costo								
Operario:		Total								
Elaborado por:	Fecha: Javier sehuin	Comentarios								
Aprobado por:	Fecha: Edilbrando									
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (Horas)	Símbolo					Tipo de Actividad	
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>ARMADO DE LIBRO #1</b>										
<b>JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)</b>										
Recepción de overland 4 (Bloqueado y w/inche destensado por Operaciones)	1	0	0							No productiva
Retiro de guarda de polea cola	1	0	0.5							Productiva
Retiro de cobertores para instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	1							Productiva
Instalación de andamios para instalación de mordaza y polin de tiro	1	0	1							Productiva
Retiro de bastidores para instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	1							Productiva
Instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	0.5							Productiva
Instalación de mordaza entre polea 9 y zona de corte	1	0	0.5							Productiva
Corte de Faja	1	0	0.25							Productiva
Asegurar con BI-Plate extremo de faja usada	1	0	1							Productiva
Instalación de mordaza sobre polea de cola	1	0	0.5							Productiva
Jalado de faja usada para posicionamiento en mesa de empalme de sacrificio (Sin Gearles )	1	50	0.5							No productiva
Empalme de sacrificio	1	0	21.5							Productiva
Verificación de calidad de empalme	1	0	0.5							Productiva
Retiro de pulpcord	1	0	1							Productiva
Retiro de cobertores - bastidores estructura empalme de cierre	1	0	1							Productiva
Retiro de bastidores - bastidores estructura empalme de cierre	1	0	1							Productiva
Instalación de mesa de empalme de cierre	1	0	2							Productiva
<b>TRABAJOS PREVIOS</b>										
Configuración de controlador de Gearless	1	0	3							Productiva
Desbloqueo de motores Gearless	1	0	0.5							Productiva
Instalación de BI-Plate para jalado de faja existente	1	0	1							Productiva
Pruebas de configuración de Gearless	1	0	0.5							Productiva
Instalación de cable para jalado de faja existente	1	0	0.5							Productiva
Primer Jalado de 30 m de faja existente	1	30	1.5							No productiva
Segundo Jalado de 40 m de faja existente	1	40	1.5							No productiva
Tercer Jalado de faja existente	1	30	1.5							No productiva

JALADO DE FAJA EXISTENTE - INGRESO DE FAJA NUEVA						
<b>PRIMER LIBRO</b>						
<b>Primer movimiento</b>						
Solicitud de autorización para ingreso de faja libro #1	1	0	0			No productiva
Jalado de 350 m de faja	1	350	1			No productiva
Bloqueo de Gearless	1	0	0.5			Productiva
Corte de Faja	1	0	0.25			Productiva
<b>Segundo a Octavo movimiento (Se repite 7 veces)</b>						
Colocación de BI-Plate	7	0	0.5			Productiva
Desbloqueo de Gearless	7	0	0.5			Productiva
Jalado de 350 m de faja	7	350	0.75			No productiva
Bloqueo de Gearless	7	0	0.5			Productiva
Corte de Faja	7	0	0.25			Productiva
<b>JALADO DE FAJA EXISTENTE - INGRESO DE FAJA NUEVA</b>						
<b>SEGUNDO LIBRO</b>						
<b>Cambio de ángulo de poleas</b>						
Bloqueo de Gearless	1	0	0.5			Productiva
Posicionado de camión grúa	1	0	1			Productiva
Instalación de maniobra para reposicionado de polea de ingreso (Retiro de pernos)	1	0	2			Productiva
Retiro y reubicación de polea #1	1	0	2			Productiva
Instalación de maniobra para reposicionado de polea central	1	0	2			Productiva
Retiro y reubicación de polea central	1	0	4			Productiva
Regulación de altura de polea central (Incluye trabajos en caliente)	1	0	6			Productiva
Desbloqueo de Gearless	1	0	0.5			Productiva
A la espera de cambio de poleas	1	0	18			No productiva
<b>Noveno Movimiento</b>						
Solicitud de autorización para ingreso de faja libro #2	1	0	0			No productiva
Jalado de 350 m de faja	1	350	0.75			No productiva
Bloqueo de Gearless	1	0	0.5			Productiva
Corte de Faja	1	0	0.25			Productiva
<b>Décimo al décimo sexto Movimiento</b>						
Colocación de BI-Plate	7	0	0.5			Productiva
Desbloqueo de Gearless	7	0	0.5			Productiva
Jalado de 350 m de faja	7	350	0.75			No productiva
Bloqueo de Gearless	7	0	0.5			Productiva
Corte de Faja	7	0	0.25			Productiva
Preparación de Empalme de Cierre - Posicionado de Faja	1	0	7.5			Productiva
Empalme de Cierre	1	0	35.5			Productiva
Verificación de calidad de empalme	1	0	0.5			Productiva
Restablecimiento del Sistema	1	0	5			Productiva
Pruebas en vacío (con logica restaurada)	1	0	1			Productiva
Faja cambiada al 100%	1	0	0			No productiva
<b>TOTAL</b>		5750	167.5			

Figura 32. Diagrama de análisis del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora)

El diagrama DAP (Diagrama de análisis de proceso) nos muestra siguiente resumen:

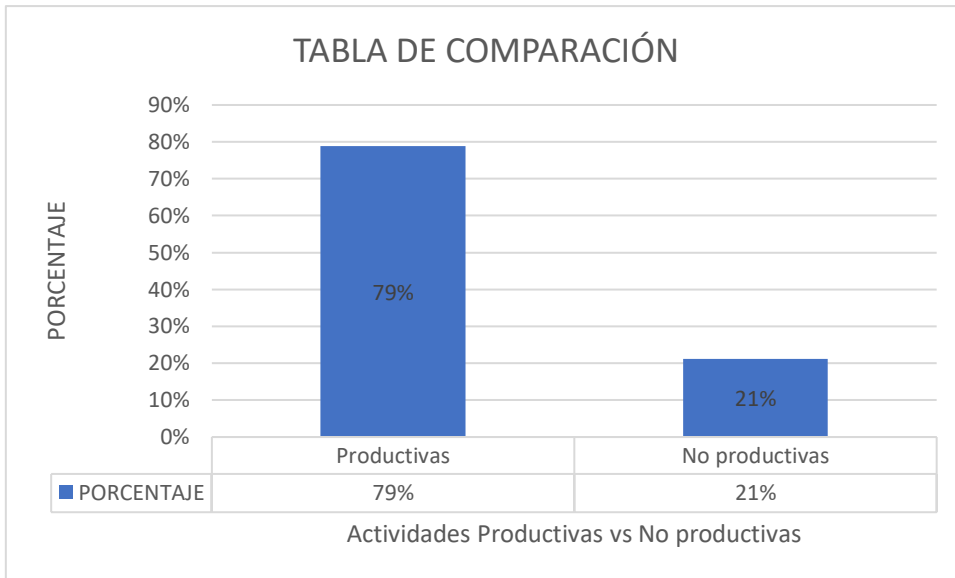
**Tabla 15.** Resumen de las actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real Antes de la mejora)

Actividad	Actual
Operación	56
Transporte	20
Espera	1
Inspección	37
Almacenamiento	4
Distancia (m)	5750
Tiempo (hr)	167.5

El resultado del DAP nos muestra cuantitativamente las actividades de operación, transporte, espera, inspección y almacenamiento, así mismo la distancia total recorrida por el material de 5750 m y tiempo total para realizar el cambio de cinta transportadora al 100% es de 167.5 horas (Este tiempo no necesariamente representa el tiempo real de cambio de faja, el tiempo real se podrá obtener en el cronograma), entonces las a mejorar a implementar deben están enfocadas a mejorar estos valores relativamente.

Otro dato importante que se puede concluir del estudio pretest, es saber cuánto representa la actividad productiva y cuanto la no productiva, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

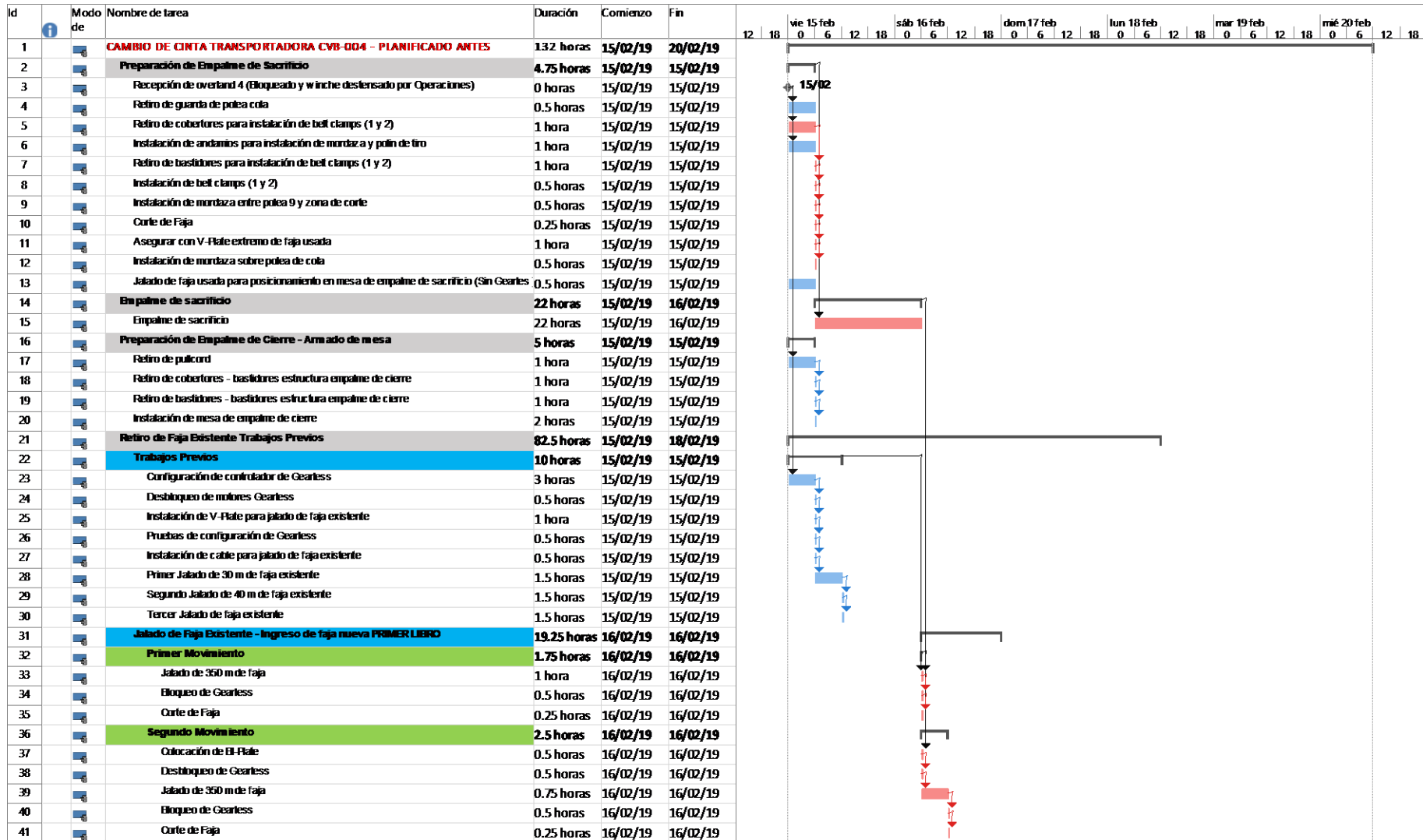
Actividad	Actual	Porcentaje
Productivas	93	79%
No productivas	25	21%
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>100%</b>



*Figura 33.* Diagrama de barras de actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora)

El gráfico anterior nos muestra que las actividades productivas representan el 79% del tiempo total requerido para poder realizar el cambio de cinta transportadora y el 21% representan las actividades no productivas, es importante conocer esta información para que las propuestas de mejora a plantear estén enfocadas a mejorar dichos valores.

A continuación, se presenta el cronograma de ejecución del cambio de cinta transportadora (Planificado Antes de la mejora)



Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	vie 15 feb		sáb 16 feb		dom 17 feb		lun 18 feb		mar 19 feb		mié 20 feb	
						12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6
42		<b>Tercer Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
43		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
44		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
45		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
46		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
47		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
48		<b>Cuarto Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
49		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
50		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
51		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
52		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
53		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
54		<b>Quinto Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
55		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
56		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
57		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
58		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
59		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
60		<b>Sexto Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
61		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
62		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
63		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
64		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
65		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
66		<b>Septimo Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
67		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
68		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
69		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
70		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
71		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
72		<b>Octavo Movimiento</b>	2.5 horas	16/02/19	16/02/19												
73		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
74		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
75		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	16/02/19	16/02/19												
76		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
77		Corte de Faja	0.25 horas	16/02/19	16/02/19												
78		<b>Jalado de Faja Existente - Ingreso de faja nueva SEGUNDO LIBRO</b>	36.5 horas	16/02/19	18/02/19												
79		<b>Cambio de ángulo de poleas</b>	18 horas	16/02/19	17/02/19												
80		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19												
81		Posicionado de camión grúa	1 hora	16/02/19	16/02/19												
82		Instalación de maniobra para reposicionado de polea de ingreso (Retiro de pernos)	2 horas	16/02/19	17/02/19												
83		Retiro y reubicación de polea #1	2 horas	17/02/19	17/02/19												
84		Instalación de maniobra para reposicionado de polea central	2 horas	17/02/19	17/02/19												
85		Retiro y reubicación de polea central	4 horas	17/02/19	17/02/19												
86		Regulación de altura de polea central (Incluye trabajos en caliente)	6 horas	17/02/19	17/02/19												
87		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19												



Id	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	vie 15 feb		sáb 16 feb		dom 17 feb		lun 18 feb		mar 19 feb		mié 20 feb			
						12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18
88		<b>Noveno Movimiento</b>	1.5 horas	17/02/19	17/02/19														
89		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	17/02/19	17/02/19														
90		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
91		Corte de Faja	0.25 horas	17/02/19	17/02/19														
92		<b>Décimo Movimiento</b>	2.5 horas	17/02/19	17/02/19														
93		Colocación de V-Plate	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
94		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
95		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	17/02/19	17/02/19														
96		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
97		Corte de Faja	0.25 horas	17/02/19	17/02/19														
98		<b>Oceavo Movimiento</b>	2.5 horas	17/02/19	17/02/19														
99		Colocación de V-Plate	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
100		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
101		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	17/02/19	17/02/19														
102		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
103		Corte de Faja	0.25 horas	17/02/19	17/02/19														
104		<b>Doceavo Movimiento</b>	2.5 horas	17/02/19	18/02/19														
105		Colocación de V-Plate	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
106		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	17/02/19														
107		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	17/02/19	17/02/19														
108		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	17/02/19	18/02/19														
109		Corte de Faja	0.25 horas	18/02/19	18/02/19														
110		<b>Treceavo Movimiento</b>	2.5 horas	18/02/19	18/02/19														
111		Colocación de V-Plate	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
112		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
113		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	18/02/19	18/02/19														
114		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
115		Corte de Faja	0.25 horas	18/02/19	18/02/19														
116		<b>Catorceavo Movimiento</b>	2.5 horas	18/02/19	18/02/19														
117		Colocación de V-Plate	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
118		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
119		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	18/02/19	18/02/19														
120		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
121		Corte de Faja	0.25 horas	18/02/19	18/02/19														
122		<b>Quinceavo Movimiento</b>	2.5 horas	18/02/19	18/02/19														
123		Colocación de V-Plate	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
124		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
125		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	18/02/19	18/02/19														
126		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
127		Corte de Faja	0.25 horas	18/02/19	18/02/19														
128		<b>Dieciséisavo Movimiento</b>	2.5 horas	18/02/19	18/02/19														
129		Colocación de V-Plate	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
130		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
131		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	18/02/19	18/02/19														
132		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19														
133		Corte de Faja	0.25 horas	18/02/19	18/02/19														

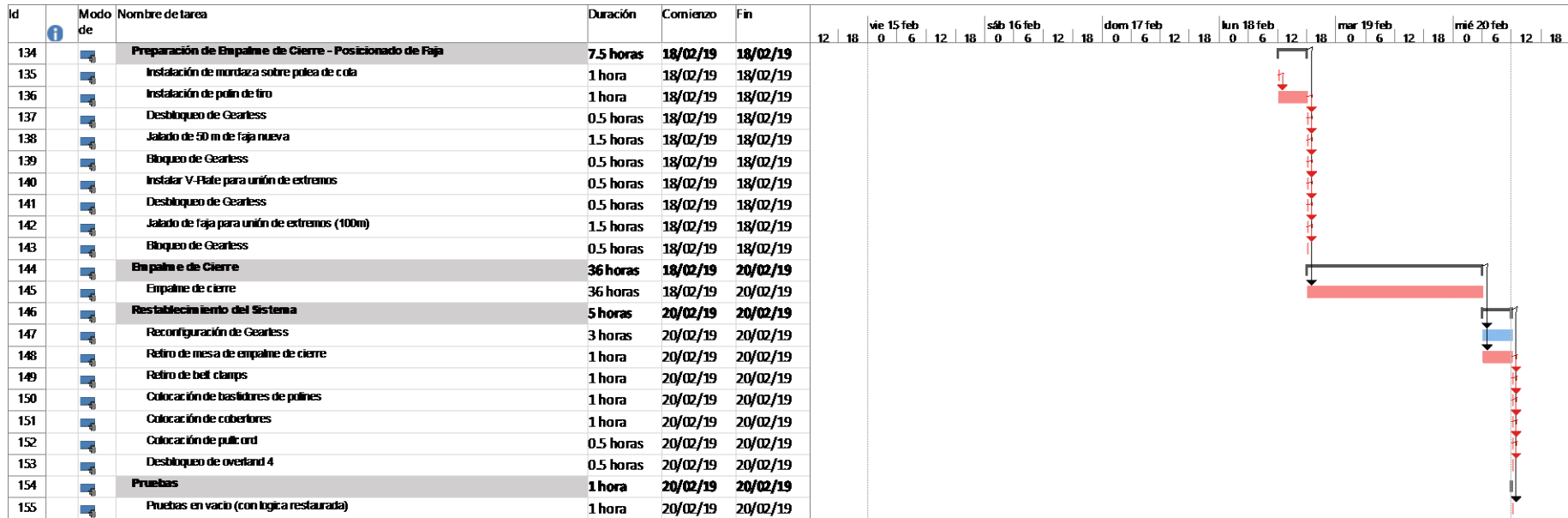


Figura 34. Cronograma de ejecución del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado Antes de la mejora)

Fuente: archivos de empresa

El cronograma anterior referido a la fase del cambio de cinta transportadora CVB-0004, este cronograma fue proporcionado por MMG como datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 16.** *Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Planificado antes de la mejora)*

Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Empalme de sacrificio	15/02/2019	16/02/2019	22
Retiro de Faja Existente - Ingreso de faja nueva	15/02/2019	18/02/2019	82.5
Empalme de Cierre	18/02/2019	20/02/2019	36
Pruebas	20/02/2019	20/02/2019	1
<b>Cambio de cinta transportadora CVB-004 - planificado antes</b>	<b>15/02/2019</b>	<b>20/02/2019</b>	<b>132</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 tiene una duración de 132 horas (5.5 días), se debe de tener claro esta información debido a que uno de los objetivos del presente proyecto de tesis es optimizar estos valores ya sean desde el punto de vista de tiempo y costo (Este cronograma es el planificado, es decir antes de la ejecución).

Así mismo a continuación se muestra del cronograma de real de cambio de cinta transportadora CVB-0004 real, es decir el tiempo que demoro en total el cambio de cinta transportadora.

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié 13 feb	jue 14 feb	vie 15 feb	sáb 16 feb	dom 17 feb	lun 18 feb	mar 19 feb	mié 20 feb	jue 21 feb
						0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18
1		<b>CAMBIO DE CINTA TRANSPORTADORA CVB-004 - REAL ANTES</b>	144 horas	15/02/19	21/02/19									
2		Preparación de Empalme de Sacrificio	3.75 horas	15/02/19	15/02/19									
3		Recepción de oreland 4 (Bloqueado y winche destensado por Operaciones)	0 horas	15/02/19	15/02/19									
4		Retiro de guarda de polea cola	0.25 horas	15/02/19	15/02/19									
5		Retiro de cobertores para instalación de bell clamps (1 y 2)	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
6		Instalación de andamios para instalación de mordaza y polin de fino	0.75 horas	15/02/19	15/02/19									
7		Retiro de bastidores para instalación de bell clamps (1 y 2)	0.75 horas	15/02/19	15/02/19									
8		Instalación de bell clamps (1 y 2)	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
9		Instalación de mordaza entre polea 9 y zona de corte	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
10		Corte de Faja	0.25 horas	15/02/19	15/02/19									
11		Asegurar con V-Plate extremo de faja usada	0.75 horas	15/02/19	15/02/19									
12		Instalación de mordaza sobre polea de cola	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
13		Jalado de faja usada para posicionamiento en mesa de empalme de sacrificio (Sin Gearless)	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
14		<b>Empalme de sacrificio</b>	<b>23 horas</b>	<b>15/02/19</b>	<b>16/02/19</b>									
15		Empalme de sacrificio	23 horas	15/02/19	16/02/19									
16		<b>Preparación de Empalme de Cierre - Armado de mesa</b>	<b>4 horas</b>	<b>15/02/19</b>	<b>15/02/19</b>									
17		Retiro de pulcord	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
18		Retiro de cobertores - bastidores estructura empalme de cierre	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
19		Retiro de bastidores - bastidores estructura empalme de cierre	1.25 horas	15/02/19	15/02/19									
20		Instalación de mesa de empalme de cierre	1.75 horas	15/02/19	15/02/19									
21		<b>Retiro de Faja Existente Trabajos Previos</b>	<b>94.5 horas</b>	<b>15/02/19</b>	<b>18/02/19</b>									
22		<b>Trabajos Previos</b>	<b>10.3 horas</b>	<b>15/02/19</b>	<b>15/02/19</b>									
23		Configuración de controlador de Gearless	4 horas	15/02/19	15/02/19									
24		Desbloqueo de motores Gearless	0.75 horas	15/02/19	15/02/19									
25		Instalación de V-Plate para jalado de faja existente	0.75 horas	15/02/19	15/02/19									
26		Puebas de configuración de Gearless	1 hora	15/02/19	15/02/19									
27		Instalación de cable para jalado de faja existente	0.5 horas	15/02/19	15/02/19									
28		Primer Jalado de 30 m de faja existente	1.5 horas	15/02/19	15/02/19									
29		Segundo Jalado de 40 m de faja existente	0.85 horas	15/02/19	15/02/19									
30		Tercer Jalado de faja existente	0.95 horas	15/02/19	15/02/19									
31		<b>Jalado de Faja Existente - Ingreso de faja nueva PRIMER LIBRO</b>	<b>21.15 horas</b>	<b>16/02/19</b>	<b>16/02/19</b>									
32		<b>Primer Movimiento</b>	<b>2.5 horas</b>	<b>16/02/19</b>	<b>16/02/19</b>									
33		Jalado de 350 m de faja	1.75 horas	16/02/19	16/02/19									
34		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19									
35		Corte	0.25 horas	16/02/19	16/02/19									
36		<b>Segundo Movimiento</b>	<b>2.7 horas</b>	<b>16/02/19</b>	<b>16/02/19</b>									
37		Colocación de V-Plate	0.5 horas	16/02/19	16/02/19									
38		Desbloqueo de Gearless	0.25 horas	16/02/19	16/02/19									
39		Jalado de 350 m de faja	1 hora	16/02/19	16/02/19									
40		Bloqueo de Gearless	0.55 horas	16/02/19	16/02/19									
41		Corte	0.4 horas	16/02/19	16/02/19									

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié 13 feb		jue 14 feb		vie 15 feb		sáb 16 feb		dom 17 feb		lun 18 feb		mar 19 feb		mié 20 feb		jue
						0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0
42		<b>Tercer Movimiento</b>	2.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
43		Colocación de V-Flate	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
44		Desbloqueo de Gearless	0.25 horas	16/02/19	16/02/19																	
45		Jalado de 350 m de faja	1.25 horas	16/02/19	16/02/19																	
46		Bloqueo de Gearless	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
47		Corte	0.25 horas	16/02/19	16/02/19																	
48		<b>Cuarto Movimiento</b>	2.55 horas	16/02/19	16/02/19																	
49		Colocación de V-Flate	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
50		Desbloqueo de Gearless	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
51		Jalado de 350 m de faja	1.15 horas	16/02/19	16/02/19																	
52		Bloqueo de Gearless	0.25 horas	16/02/19	16/02/19																	
53		Corte	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
54		<b>Quinto Movimiento</b>	2.6 horas	16/02/19	16/02/19																	
55		Colocación de V-Flate	0.15 horas	16/02/19	16/02/19																	
56		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	16/02/19																	
57		Jalado de 350 m de faja	1.15 horas	16/02/19	16/02/19																	
58		Bloqueo de Gearless	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
59		Corte	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
60		<b>Sexto Movimiento</b>	2.8 horas	16/02/19	16/02/19																	
61		Colocación de V-Flate	0.2 horas	16/02/19	16/02/19																	
62		Desbloqueo de Gearless	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
63		Jalado de 350 m de faja	1.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
64		Bloqueo de Gearless	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
65		Corte	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
66		<b>Septimo Movimiento</b>	2.75 horas	16/02/19	16/02/19																	
67		Colocación de V-Flate	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
68		Desbloqueo de Gearless	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
69		Jalado de 350 m de faja	1.25 horas	16/02/19	16/02/19																	
70		Bloqueo de Gearless	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
71		Corte	0.35 horas	16/02/19	16/02/19																	
72		<b>Octavo Movimiento</b>	2.8 horas	16/02/19	16/02/19																	
73		Colocación de V-Flate	0.55 horas	16/02/19	16/02/19																	
74		Desbloqueo de Gearless	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
75		Jalado de 350 m de faja	0.95 horas	16/02/19	16/02/19																	
76		Bloqueo de Gearless	0.4 horas	16/02/19	16/02/19																	
77		Corte	0.45 horas	16/02/19	16/02/19																	
78		<b>Jalado de Faja Existente - Ingreso a faja nueva SEGUNDO LIBRO</b>	46.6 horas	16/02/19	18/02/19																	
79		<b>Cambio de ángulo de poleas</b>	26 horas	16/02/19	18/02/19																	
80		Bloqueo de Gearless	0.5 horas	16/02/19	17/02/19																	
81		Posicionamiento de camión grúa	0.5 horas	17/02/19	17/02/19																	
82		Instalación de manobra para reposicionamiento de polea de ingreso (Retiro de pernos)	2 horas	17/02/19	17/02/19																	
83		Retiro y reubicación de polea #1	4 horas	17/02/19	17/02/19																	
84		Instalación de manobra para reposicionamiento de polea central	2.5 horas	17/02/19	17/02/19																	
85		Retiro y reubicación de polea central	5.5 horas	17/02/19	17/02/19																	
86		Regulación de altura de polea central (Incluye trabajos en caliente)	10.5 horas	17/02/19	18/02/19																	
87		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19																	

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	mié 13 feb		jue 14 feb		vie 15 feb		sáb 16 feb		dom 17 feb		lun 18 feb		mar 19 feb		mié 20 feb		jue 21 feb	
						0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6
88		<b>Noveno Movimiento</b>	<b>1.8 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
89		Jalado de 350 m de faja	1.15 horas	18/02/19	18/02/19																		
90		Eloqueo de Gearless	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
91		Corte	0.2 horas	18/02/19	18/02/19																		
92		<b>Décimo Movimiento</b>	<b>2.75 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
93		Colocación de V-Flate	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
94		Desbloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
95		Jalado de 350 m de faja	1.05 horas	18/02/19	18/02/19																		
96		Eloqueo de Gearless	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
97		Corte	0.15 horas	18/02/19	18/02/19																		
98		<b>Onceavo Movimiento</b>	<b>2.75 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
99		Colocación de V-Flate	0.35 horas	18/02/19	18/02/19																		
100		Desbloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
101		Jalado de 350 m de faja	1 hora	18/02/19	18/02/19																		
102		Eloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19																		
103		Corte	0.25 horas	18/02/19	18/02/19																		
104		<b>Doceavo Movimiento</b>	<b>3.25 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
105		Colocación de V-Flate	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
106		Desbloqueo de Gearless	0.55 horas	18/02/19	18/02/19																		
107		Jalado de 350 m de faja	0.95 horas	18/02/19	18/02/19																		
108		Eloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
109		Corte	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
110		<b>Treceavo Movimiento</b>	<b>2.5 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
111		Colocación de V-Flate	0.5 horas	18/02/19	18/02/19																		
112		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19																		
113		Jalado de 350 m de faja	0.75 horas	18/02/19	18/02/19																		
114		Eloqueo de Gearless	0.5 horas	18/02/19	18/02/19																		
115		Corte	0.25 horas	18/02/19	18/02/19																		
116		<b>Catorceavo Movimiento</b>	<b>2.55 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
117		Colocación de V-Flate	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
118		Desbloqueo de Gearless	0.55 horas	18/02/19	18/02/19																		
119		Jalado de 350 m de faja	0.95 horas	18/02/19	18/02/19																		
120		Eloqueo de Gearless	0.35 horas	18/02/19	18/02/19																		
121		Corte	0.25 horas	18/02/19	18/02/19																		
122		<b>Quinceavo Movimiento</b>	<b>2.8 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
123		Colocación de V-Flate	0.35 horas	18/02/19	18/02/19																		
124		Desbloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
125		Jalado de 350 m de faja	1 hora	18/02/19	18/02/19																		
126		Eloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
127		Corte	0.15 horas	18/02/19	18/02/19																		
128		<b>Dieciséisavo Movimiento</b>	<b>2.7 horas</b>	<b>18/02/19</b>	<b>18/02/19</b>																		
129		Colocación de V-Flate	0.45 horas	18/02/19	18/02/19																		
130		Desbloqueo de Gearless	0.65 horas	18/02/19	18/02/19																		
131		Jalado de 350 m de faja	0.85 horas	18/02/19	18/02/19																		
132		Eloqueo de Gearless	0.55 horas	18/02/19	18/02/19																		
133		Corte	0.2 horas	18/02/19	18/02/19																		

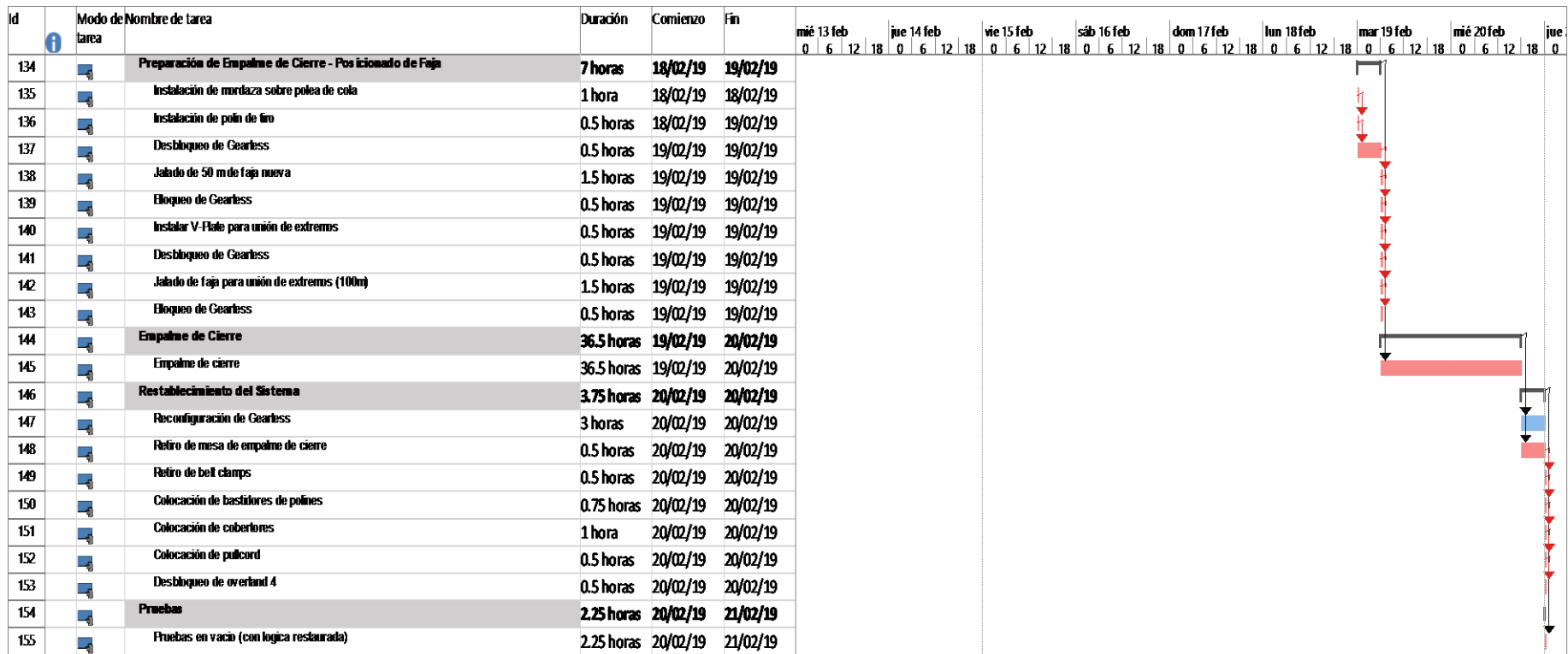


Figura 35. Cronograma de ejecución del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real antes de la mejora)

Fuente: archivos de empresa

El cronograma anterior referido a la fase del cambio de cinta transportadora CVB-0004 real es decir muestra las actividades y el tiempo real que demoro el proceso de cambio de cinta transportadora, este cronograma fue proporcionado por MMG como datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 17.** *Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Real antes de la mejora)*

Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Empalme de sacrificio	15/02/2019	16/02/2019	23
Retiro de Faja Existente - Ingreso de faja nueva	15/02/2019	18/02/2019	94.5
Empalme de Cierre	18/02/2019	20/02/2019	36.5
Pruebas	20/02/2019	21/02/2019	2.75
<b>Cambio de cinta transportadora CVB-004 - real antes</b>	<b>15/02/2019</b>	<b>21/02/2019</b>	<b>144</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de cambio de cinta transportadora en tiempo real tuvo una duración de 144 horas (6 días) comparado con el cronograma planificado (132 horas), podemos concluir que el cambio de cinta transportadora demoró 12 horas más de lo planificado, se debe de tener claro esta información debido a que uno de los objetivos del presente proyecto de tesis es optimizar estos valores ya sean desde el punto de vista de tiempo y costo.

#### **3.5.4. Propuesta de mejora**

La propuesta de mejora a implantar en el desarrollo del proceso de cambio de cinta transportadora en minera Las Bambas es una nueva secuencia de actividades y nuevos tiempos de trabajo dentro del área, mediante la aplicación de la Ingeniería de Métodos.

#### **Alternativas de solución / Matriz de priorización.**

En la parte introductoria del presente proyecto se mencionaron las alternativas de solución (Tabla N.º 9) mediante la matriz de priorización (Tabla N.º 5) y la Tabla N.º 8 de integración de causas primarias y secundarias respecto al problema planteado, se indica que el total de causas acumuladas que se presentan tienen un mayor impacto respecto al criterio de método, medición y mano de obra con un porcentaje



del 77.27%, lo cual es prioridad para dar solución, por lo que se determinó utilizar la herramienta de Ingeniería de métodos para lograr mejorar la eficiencia en el cambio de cinta transportadora.

### Implementación de la Propuesta

A continuación se aplican las 8 etapas del estudio del trabajo del autor Kanawaty

#### Paso 1:

**Seleccionar:** Se elige el proceso que será estudiado. Para continuar con la elección de la tarea a estudiar, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Consideraciones económicas
- Consideraciones técnicas
- Consideraciones humanas

A continuación, se verificará la determinación de cada consideración al momento de seleccionar el proceso al efectuar el estudio del trabajo, en la siguiente tabla:

Factores	Acciones a ejecutar
Consideración económica	Se realiza la pregunta en que si el tiempo que se tome en implantar este estudio será compensado económicamente, la decisión es si será factible efectuarlo o no. En esta consideración puede ser determinada mediante un diagrama de Pareto para identificar que proceso es más costoso o que proceso tiene mayores dificultades
Consideración técnica	Se busca implementar nuevas tecnologías dentro de los procesos, el cual determinamos automatizar, sin embargo; se debe realizar en primer lugar la medición del trabajo de manera experimental para determinar si es factible en la inserción de esta tecnología o no.
Consideración humana	Se debe realizar la medición del trabajo, ya que en muchas ocasiones el trabajo repetitivo causa malas posturas o fatigas las cuales debemos evitar.

Figura 36. Consideraciones a la hora de seleccionar el trabajo de estudio

Fuente: Kanawaty, 1996, p.78-81

En las anteriores consideraciones (figura 36) identificadas, se determinó que parte del proceso será seleccionado. En este caso, luego de revisar y verificar las tres consideraciones que son primordiales en el primer paso, se estableció que para la:

**Consideración económica:** Después de haber efectuado el diagrama de Pareto, se pudieron identificar las causas primarias y secundarias que ocasionaban la baja eficiencia en el proceso de cambio de cinta transportadora, lo cual se confirmó en la matriz de priorización y en la tabla N9 de acumulación de causas. Se identificaron las causas con mayor nivel de criticidad, por lo que se propuso implementar la Ingeniería de Métodos, ya que el tiempo en el que sería implementada esta herramienta compensaba económicamente a la empresa teniendo mejores resultados en el proceso.

**Consideración técnica:** Poder implementar una nueva tecnología para poder determinar si es necesaria la inserción tecnológica o solo se debe efectuar un análisis de los métodos utilizados respecto al estudio de métodos utilizando el DOP y DAP.

**Consideración humana:** Se identifica y se analiza la manera en que se está desarrollando el trabajo, por ello se realizan los diagramas, DOP y DAP, con los cuales se podrá analizar paso a paso como se ejecutan las actividades y de esta manera podremos reducir los tiempos. Y es en este punto donde se podrá dar inicio a la aplicación del estudio del trabajo en el cambio de cinta transportadora.

Entonces según lo expuesto podemos definir que la etapa de selección a mejorar estará dada por los dos procesos que se efectúan en el cambio de cinta transportadora detallado en la tabla siguiente:

**Tabla 18.** Resumen de la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II antes de la mejora propuesta

Actividades	Planificado	Real	Eficiencia
Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro)	727.5	752.75	96.65%
Cambio de cinta transportadora CVB-004	132	144	91.67%

Fuente:elaboración propia

El cuadro anterior muestra la selección de los 02 procesos que escogemos para realizar la implementación de mejoras haciendo uso de la ingeniería de métodos, este cuadro nos muestra los niveles de eficiencia altos como generación de blondas de faja tipo libro un 96.65% y cambio de cinta transportadora 91.67% (una comparación entre lo que se planificó y lo que realmente paso en su momento), entonces la interrogante es si se presenta niveles de eficiencia altos ¿Por qué se selecciona como procesos para mejorar?, recordemos que desde la descripción de la problemática el problema no se centraba en la eficiencia del proceso de la generación de blondas de faja tipo libro o el cambio de cinta transportadora en su forma planificada, sino que entraba un factor importante el cual es que estos procesos en su forma actual no se adecuan al proceso de mantenimiento actual (Es decir dentro de los tiempos actuales de una parada programada normal dentro del área de chancado primario y fajas overland), por ello es importante analizar los datos de eficiencia comparando los tiempos de estos procesos de generación de blondas de faja tipo libro y el cambio de cinta transportadora con los tiempos ideales que se necesitarían en que fueran ejecutados tal y como se muestra en la tabla de a continuación:

**Tabla 19.** *Eficiencia del cambio de cinta transportadora antes de la mejora con tiempos ideales*

Actividades	Ideal	Real	Eficiencia
Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro)	-	752.75	-
Cambio de cinta transportadora CBV-004	96	144	66.67%

Fuente: elaboración propia

La tabla anterior nos muestra que la generación de blondas de faja tipo libro no tiene un nivel de eficiencia, esto se debe a que este es un proceso que desde el punto de vista de tiempo no agrega un valor directo de mejora al proceso de cambio de cinta transportadora, es decir para que se entienda el proceso de generación de blondas de faja tipo libro es una actividad que no afecta directamente a las 96 horas ideales del proceso global, ya que esta actividad puede realizar se forma planifica con anterioridad.

Actualmente tiene una duración de 752.75 horas, entonces la pregunta es ¿qué pasaría si demoraría más?, la respuesta es nada debido a que la solución sería planificarla de tal forma que su inicio sea más antes y terminaría para la fecha que uno desea que esté terminada.

Asimismo, La tabla 20 si nos muestra que el proceso de cambio de cinta transportadora tiene un nivel de eficiencia del 66.67%, esto se interpreta de la siguiente manera, se tiene el dato del tiempo que demoró en forma real cuando se realizó el cambio de cinta transportadora que es de 144 horas, pero que el tiempo normal de parada es de 96 horas, entonces la eficiencia del proceso actual de cambio de cinta transportadora es de 66.67%, es decir se tiene 48 horas adicionales de parada lo cual genera costos por pérdidas de producción.

## **Paso 2:**

**Registrar:** En este segundo paso se prosigue a tomar evidencias del desarrollo de las actividades que se están estudiando. Se deben tomar los datos con la mayor exactitud posible al momento de registrar los hechos para poder elaborar un método mejorado.

Por lo que, este registro podemos elaborarlo en dos etapas: en la primera se puede elaborar un croquis o layout de planta para posteriormente elaborar diagramas que se puedan colocar dentro de un informe, que es la forma más sencilla de registrar los hechos es de forma manual, apuntarlos en alguna hoja e ir tomando los datos de todo el proceso que será estudiado.

La segunda forma es digitalizarlo e incorporarlo en una base de datos. Así mismo, existen diversas técnicas que se utilizan para el registro de los datos, como los diagramas y gráficos, los cuales sirven para consignar una sucesión de hechos en el orden en que ocurren o los que registran los sucesos, pero indicando su escala en el tiempo, a continuación se observan en la siguiente figura.

<b>A. GRAFICOS</b>	<p>Que indican la SUCESION de los hechos</p> <p>Cursograma sinóptico del proceso</p> <p>Cursograma analítico del operario</p> <p>Cursograma analítico del material</p> <p>Cursograma analítico del equipo o maquinaria</p> <p>Diagrama bimanual</p> <p>Cursograma administrativo</p>
<b>B. GRAFICOS</b>	<p>Con ESCALA DE TIEMPO</p> <p>Diagrama de actividades múltiples</p> <p>Simograma</p>
<b>C. DIAGRAMAS</b>	<p>Que indican MOVIMIENTO</p> <p>Diagrama de recorrido o de circuito</p> <p>Diagrama de hilos</p> <p>Ciclograma</p> <p>Cronociclograma</p> <p>Gráfico de trayectoria</p>

*Figura 37.* Gráficos y diagramas de uso más corriente en el estudio de métodos.  
Fuente: Kanawaty, 1996, p.84

La evidencia del desarrollo de este paso está en la figura 38 y referidas al DOP y DAP antes de la mejora del proceso de cambio de transportadora donde se ha tomado evidencia de todos los datos de las actividades a mejorar

Conociendo el proceso, es importante analizar cuáles son las actividades que agregan valor al proceso y cuáles no por lo cual es importante analizarlo, para ello utilizaremos la herramienta del DAP (Diagrama de análisis del proceso), herramienta mediante cuál podremos determinar cuantitativamente las actividades productivas e improductivas

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No. 1	OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>		EQUIPO <input type="checkbox"/>			
Objetivo: Realizar el diagrama de análisis de proceso		RESUMEN							
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	MEJORADO				
		Operación	157	-					
		Transporte	72	-					
		Espera	13	-					
		Inspección	41	-					
		Almacenamiento	30	-					
		Distancia (m)	7450	-					
		Tiempo (hr/hombre)	1479	-					
		Costo							
		Total							
Elaborado por:	Fecha: Javier sehuin	Comentarios							
Aprobado por:	Fecha: Edilbrando								
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (Horas)	Símbolo					Tipo de Actividad
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>ARMADO DE LIBRO #1</b>									
<b>JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)</b>									
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0						No productiva
MONTAJE DE EJE DE ATRIL EN ROLLO 1	1	0	1						Productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25						No productiva
MONTAJE ROLLO EN ATRIL	1	0	2.25						Productiva
INSTALACIÓN MORDAZA DE TIRO	1	0	2						Productiva
JALADO DE PUNTA CON BULLDOZER, HASTA PLATAFORMA DE MANIOBRAS SUPERIOR	1	200	4						No productiva
INSTALACIÓN DE WINCHE TENSOR EN LINEA #1	1	0	12						Productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0						No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25						No productiva
POSICIONADO DE CARRETE, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	1	0	2.25						Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	1	0	36.5						Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	1	0	0.5						Productiva
<b>PLEGADO DE FAJA TIPO LIBRO (TODOS LOS LIBROS)</b>									
<b>JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA</b>									
INSTALADO EL YUGO FIJO (USO DE MONTACARGA)	13	0	1.5						Productiva
INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	13	0	1.5						Productiva
JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO, CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA	13	200	3.5						No productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	13	0	0						No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	13	60	0.25						No productiva
POSICIONADO DE CARRETE, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	13	0	2.25						Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	13	0	36.5						Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	13	0	0.5						Productiva

ARMADO DE LIBRO #2						
JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)						
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0			No productiva
MONTAJE DE EJE DE ATRIL EN ROLLO 1	1	0	1			Productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25			No productiva
MONTAJE ROLLO EN ATRIL	1	0	2.25			Productiva
INSTALACIÓN BI-PLATE EN PUNTA DE FAJA	1	0	2			Productiva
JALADO DE PUNTA CON WINCHE UNIDO A BI-PLATE	1	75	2			No productiva
INSTALADO EL YUGO FIJO (USO DE MONTACARGA)	1	0	1.5			Productiva
INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	1	0	1.5			Productiva
JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO,	1	125	3.5			No productiva
CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA	1	0	2			Productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0			No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25			No productiva
POSICIONADO DE CARRETE, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	1	0	2.25			Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	1	0	36.5			Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	1	0	0.5			Productiva
PLEGADO DE FAJA TIPO LIBRO (TODOS LOS LIBROS)						
JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA						
INSTALADO EL YUGO FIJO (USO DE MONTACARGA)	13	0	1.5			Productiva
INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	13	0	1.5			Productiva
JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO,	13	200	3.5			No productiva
CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA	13	0	2			Productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	13	0	0			No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	13	60	0.25			No productiva
POSICIONADO DE CARRETE, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	13	0	2.25			Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	13	0	36.5			Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	13	0	0.5			Productiva
A LA ESPERA DE LIBRO #1	13	0	5.5			No productiva
JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA (6000 m)						
JALADO DE PUNTA CON BULLDOZER, HASTA PLATAFORMA DE MANIOBRAS SUPERIOR	1	50	6			No productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO (LIBRO #1 Y LIBRO #2)	1	0	36.5			Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	1	0	0.5			Productiva
<b>TOTAL</b>		7450	1479			

Figura 38. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método actual).

El diagrama DAP (Diagrama de análisis de proceso actual) nos muestra siguiente resumen como se muestra a continuación:

**Tabla 20.** *Resumen de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora).*

Actividad	Actual
Operación	157
Transporte	72
Espera	13
Inspección	41
Almacenamiento	30
Distancia (m)	7450
Tiempo (hr)	1479

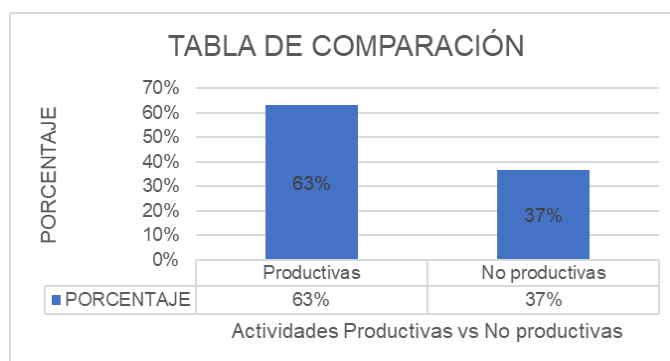
El resultado del DAP nos muestra cuantitativamente las actividades de operación, transporte, espera, inspección y almacenamiento, así mismo la distancia total recorrida por el material de 7450 m y tiempo total para obtener el plegado de faja tipo libro o armado de libro al 100% es de 1479 horas, entonces las actividades a mejorar e implementar deben estar enfocadas a mejorar estos valores.

Otro dato importante que se puede concluir del estudio pretest es saber cuánto representa la actividad productiva y cuanto la no productiva, tal y como se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 21.** *Porcentaje de Actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora)*

Actividad	Actual	Porcentaje
Productivas	198	63%
No productivas	115	37%
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>





*Figura 39.* Diagrama de barras de actividades productivas y no productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Planificado antes de la mejora)

El gráfico nos muestra que las actividades productivas representan el 63% del tiempo total requerido para poder realizar el plegado de faja tipo libro o armado de libro y el 37% representan las actividades no productivas, es importante conocer esta información para que las propuestas de mejora a plantear estén enfocadas a mejorar dichos valores.

Muchas de las actividades del proceso de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro se desarrollan en forma paralela por lo que es importante analizarlo desde el punto de vista cronológico, esto nos permitirá determinar el tiempo efectivo que se requiere para realizar la generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro de forma efectiva, para ello a continuación se analiza el cronograma planificado de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro planificado tal y como se muestra a continuación:

A continuación, en las siguientes tablas se observan las fichas de análisis de la eficiencia del proceso de plegado de faja tipo libro - armado de libro, antes de la mejora.

**Tabla 22.** Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "ARMADO DE LIBRO"</b>				
<b>EMPRESA</b>	Minera Las Bambas	<b>N° DE FICHA:</b>	01	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	Mantenimiento			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado en horas</b>	<b>Tiempo real en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Jalado de primera punta hacia la plataforma/ Generación de la primera blonda (200 metros) - libro 1 y 2	37	55.75	-50.68%
2	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (400 m) - libro 1 y 2	48	50.50	-5.21%
3	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (600 m) - libro 1 y 2	48	50.00	-4.17%
4	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (800 m) - libro 1 y 2	48	48.50	-1.04%
5	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1000 m) - libro 1 y 2	48	45.00	6.25%
6	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1200 m) - libro 1 y 2	48	47.50	1.04%
7	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1400 m) - libro 1 y 2	48	48.00	0.00%
8	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1600 m) - libro 1 y 2	48	48.50	-1.04%
9	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1800 m) - libro 1 y 2	48	45.00	6.25%
10	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2000 m) - libro 1 y 2	48	48.50	-1.04%

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "ARMADO DE LIBRO"</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>Minera Las Bambas</b>	<b>N° DE FICHA:</b>	01	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	<b>Mantenimiento</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado en horas</b>	<b>Tiempo real en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
11	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2200 m) - libro 1 y 2	48	48.50	-1.04%
12	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2400 m) - libro 1 y 2	48	48.75	-1.56%
13	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2600 m) - libro 1 y 2	48	48.75	-1.56%
14	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2800 m) - libro 1 y 2	48	48.25	-0.52%
15	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (3000 m) - libro 1 y 2	48	48.00	0.00%
16	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (6000 m)	18.5	23.25	-25.68%
<b>TOTAL</b>		<b>727,50</b>	<b>752.75</b>	<b>-3.47%</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 23.** Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora)

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "Ejecución del cambio de cinta transportadora"</b>				
<b>EMPRESA</b>	Minera Las Bambas	<b>N° DE FICHA</b>	02	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	Mantenimiento			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado en horas</b>	<b>Tiempo real en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Preparación y Empalme de Sacrificio	26.75	26.75	0.00%
2	Preparación de Empalme de Cierre - Armado de mesa	5	4	20.00%
3	Retiro de Faja Existente - Trabajos Previos	10	10.3	-3.00%
4	Jalado de Faja Existente - Ingreso de faja nueva PRIMER LIBRO	15	17	-13.33%
5	Jalado de Faja Existente - Ingreso de faja nueva SEGUNDO LIBRO	26	34.45	-32.50%
6	Preparación de Empalme de Cierre - Posicionado de Faja	7.25	8.5	-17.24%
7	Empalme de Cierre	36	37	-2.78%
8	Restablecimiento del Sistema	5	3.75	25.00%
9	Pruebas en vacío (con lógica restaurada)	1	2.25	-125.00%
<b>TOTAL</b>		<b>132</b>	<b>144</b>	<b>-9.09%</b>

Fuente: elaboración propia

A continuación, en las siguientes tablas se observan las fichas de análisis de la eficiencia del costo del proceso cambio de cinta transportadora, antes de la mejora:

**Tabla 24.** Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)

<b>FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE “ARMADO DE LIBRO”</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>Minera Las Bambas</b>	<b>N° DE FICHA</b>	03	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	<b>Mantenimiento</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE COSTOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Costo programado en \$</b>	<b>Costo real en \$</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Estudios	602008.88	602008.88	0.00%
2	Movimiento de Tierras	97004.69	97004.69	0.00%
3	Consumible Mecánicos	166750.05	166750.05	0.00%
4	Equipos Eléctricos - Procura	23100	23100	0.00%
5	Equipos Mecánicos - Procura	36843.34	158292.62	-329.64%
6	Fabricaciones mecánicas	39296.94	39296.94	0.00%
7	Facilidades Mecánicas - Procura	642700.32	661607.78	-2.94%
8	Flete - Procura	600000	600000	0.00%
9	Materiales Eléctricos - Procura	17262.24	17262.24	0.00%
10	Materiales Mecánicos	1888264.86	2373500.74	-25.70%
11	Servicio Confiabilidad	498262	498262	0.00%
12	Servicio Electricidad - Procura	419737	484537	-15.44%
13	Servicio grabación de cambio	27523.76	27523.76	0.00%
14	Servicio Mecánico - Procura	10682.5	11095	-3.86%
15	Alquiler de equipos móviles	809362.1	809362.1	0.00%
16	Consumible Mecánicos	11186.25	120000	-972.75%
17	Equipos Eléctricos - Construcción	46019.87	58571.81	-27.28%
18	Equipos Mecánicos - Construcción	50216.9	50216.9	0.00%
19	Fabricaciones mecánicas	2231.04	2231.04	0.00%
20	Facilidades Mecánicas - Construcción	10682.5	16488.39	-54.35%
21	Flete - Construcción	12764.2	60760.16	-376.02%
22	Servicio Andamios	12764.2	12764.2	0.00%
23	Servicio Civil	544795.92	544795.92	0.00%

24	Servicio Electricidad - Construcción	58971.81	154389.47	-161.80%
25	Servicio Mecánico - Construcción	479395	1296200.24	-170.38%
<b>TOTAL</b>		<b>7107826.37</b>	<b>8886021.93</b>	<b>-25.02%</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 25.** Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora)

FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE “EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE CINTA TRANSPORTADORA”				
<b>EMPRESA</b>	Minera Las Bambas	<b>N° DE FICHA</b>	04	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	Mantenimiento			
IDENTIFICACIÓN DE COSTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Costo programado en s/.	Costo real en s/.	Eficiencia
1	Servicio de cambio	1184774.12	1184774.11	0.00%
2	Alquiler de equipos	56334.18	108410.52	-92.44%
3	Servicios de consultoría	158814.37	158814.37	0.00%
<b>TOTAL</b>		<b>1399922.7</b>	<b>1451999</b>	<b>-3.72%</b>

Fuente: elaboración propia

### Paso 3:

**Examinar:** En este punto se examina la información que se pudo recolectar, realizando las interrogantes si las actividades se están desarrollando de manera y orden adecuado. La técnica utilizada para este tercer paso es el cuestionario, el cual aplica una serie de preguntas a cada actividad. Las dos actividades que se registraron en los diagramas son generación de blondas de faja tipo libro y cambio de cinta transportadora a las cuales aplicaremos los cuestionarios como se muestra a continuación:

## Evaluación del proceso de Generación de blondas de faja tipo libro

### Técnica del Interrogatorio sistemático

#### Pregunta 1: ¿Qué se hace?

En este proceso se realiza el pegado de todas las puntas de la faja por cada libro por separado y un pegado de empalme final entre el libro #1 y el libro#2, quedándonos la faja completa y lista, es decir como una sola faja todo.

#### Pregunta 2: ¿Por qué se hace?

El proceso de generación de blondas de faja tipo libro se realiza con el objetivo de poder tener unida y plegada toda la faja en una sola (5576 m), de tal forma que esté lista cuando se desee realizar el cambio total de la faja overland CVB-0004.

#### Pregunta 3: ¿Cómo se hace?

El proceso de Generación de blondas de faja tipo libro se realiza mediante un procedimiento técnico, pero previamente se tiene que realizar trabajos preliminares como son trabajos civiles, mecánicos, de estructuras y eléctricos – Instrumentación, después de ello se realiza el montaje de rollo en el atril, luego se realiza un jalado de punta del primer rollo de faja, luego el montaje del segundo rollo y un jalado de punta del mismo, hasta que las 2 puntas de ambos rollos de faja se encuentren en la estación de empalme, luego en ambas puntas se realiza un pelado de puntas para empalme, luego un empalme (Vulcanizado de faja en caliente) y luego un control de calidad al empalme, y luego un jalado de faja para armado de libro (Plegado de faja en forma de libro), este procedimiento se repite hasta culminar de unir todos los rollos de faja u toda la faja quede unida en una sola.

Hay que recordar que el Diagrama Analítico de Procesos DAP del proceso preliminar, se observa que el proceso cuenta con 313 actividades de los cuales 198 son actividades Productivas y 115 actividades Improductivas según se muestra en el siguiente cuadro:

**Tabla 26.** Evaluación de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)

	Actividad	Actual	
○	Operación	157	Actividades productivas <b>198</b>
□	Inspección	41	
⇒	Transporte	72	

D	Espera	13	Actividades improductivas
▽	Almacenamiento	30	
			<b>115</b>

Fuente: elaboración propia

Asimismo, aplicando la fórmula de % de actividades eficientes se tiene:

$$\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A.P.)}{\Sigma(N^{\circ} . A.P.) + \Sigma(N^{\circ} . A.I.)} \Rightarrow \frac{198}{198 + 115} = 63\%$$

Dónde:

N° A. P. = Número de actividades productivas

N° A. I. = Número de actividades improductivas

A continuación, se muestra el cuadro resumen del porcentaje de actividades productivas e improductivas

**Tabla 27.** *Porcentajes de Actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Antes de la mejora)*

Actividad	Actual	Porcentaje
Productivas	198	63%
No productivas	115	37%
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>

Como se puede apreciar las actividades productivas representan el 63% del total de actividades, por ello la presente tesis busca incrementar este porcentaje, así como también reducir el número de actividades de tal forma que se realicen el mínimo de actividades y cumpliendo de igual forma el objetivo de tener la generación de blondas de faja tipo libro al 100%.

## **Evaluación del proceso de Cambio de cinta transportadora CVB-004**

### **Técnica del Interrogatorio sistemático**

**Pregunta 1:** ¿Qué se hace?

Se realiza el reemplazo de la actual cinta transportadora que está en operación actualmente y se reemplaza por una cinta nueva de las mismas características, el objetivo es que la cinta nueva cumpla el mismo trabajo que cinta actual el cual es



transportar el material proveniente de la faja overland CVB-0003 y lo traslade hacia el stock pile para continuar con su proceso de producción.

**Pregunta 2:** ¿Por qué se hace?

El cambio de cinta transportadora se realiza por motivos de manteniendo, dentro de los cuales se considera el cambio de un equipo cuando este ya cumplió su tiempo de vida o por razones de niveles de disponibilidad y/o confiabilidad bajos como es en este caso de la faja overland CVB-0004.

**Pregunta 3:** ¿Cómo se hace?

El proceso de cambio de cinta transportadora se realiza mediante un procedimiento técnico, pero previamente se tiene que realizar trabajos preliminares como son trabajos civiles, mecánicos, de estructuras y Eléctricos e instrumentación que permitan en lo posterior el retiro e ingreso de la faja nueva, todo inicia con el acercamiento de punta de la cinta transportadora hacia la polea #1, luego se realiza el amordazamiento de la cinta con frenos hidráulicos y los frenos neumáticos en la cinta para lo cual se utilizará pórticos estructurales sobre fundaciones de hormigón de tal manera que garanticen una fijación segura para el empalme y los trabajos en la cinta donde se requiera un sistema de frenado, la ubicación de los belt clamp en la faja 0220-CVB-0004 es según plano, luego viene el corte de la cinta y el empalme provisional para luego realizar el retiro de la faja usada mediante un Bulldozer D-10 en forma progresiva cada 350 metros de faja, paralelamente y al estar unida la faja va ingresando la faja nueva, esta maniobra se repite 16 veces hasta que toda la faja logra ingresar en su totalidad, como última actividad se procede a realizar el empalme de cierre final el cual es mediante un vulcanizado en caliente según procedimiento técnico de empalmes, luego y control de calidad del empalme y puesta en marcha del equipo.

**Tabla 28.** *Evaluación de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora)*

	Actividad	Actual	
○	Operación	56	Actividades productivas <b>93</b>
□	Inspección	37	
⇒	Transporte	20	

D	Espera	1	Actividades improductivas  <b>25</b>
▽	Almacenamiento	4	

Fuente: elaboración propia

Asimismo, aplicando la fórmula de % de actividades eficientes se tiene:

$$\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A.P.)}{\Sigma(N^{\circ} . A.P.) + \Sigma(N^{\circ} . A.I.)} \Rightarrow \frac{93}{93+25} = 79\%$$

Dónde:

N° A. P. = Número de actividades productivas

N° A. I. = Número de actividades improductivas

A continuación, se muestra el cuadro resumen del porcentaje de actividades productivas e improductivas

**Tabla 29.** *Porcentajes de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II (Antes de la mejora)*

Actividad	Actual	Porcentaje
Productivas	93	79%
No productivas	25	21%
<b>Total</b>	<b>118</b>	<b>100%</b>

Como se puede apreciar las actividades productivas representan el 79% del total de actividades, por ello la presente tesis busca incrementar este porcentaje, así como también reducir el número de actividades de tal forma que se realicen el mínimo de actividades y cumpliendo de igual forma el objetivo de realizar el cambio de la cinta transportadora al 100%.

#### **Paso 4:**

**Establecer:** Se busca establecer una metodología que sea práctica y económica. Por lo tanto, la que será aplicada en esta investigación, es la que se ha venido desarrollando, Ingeniería de métodos que busca reducción de las actividades improductivas en el proceso de cambio de cinta transportadora. Luego de haber

analizado todas las actividades, se establece el nuevo método con el cual se mejorará el proceso de cambio de cinta transportadora. Para ello, se establecen los diagramas de procesos, tanto el DOP como el DAP.

**Establecer Nuevo Método del Proceso Generación de blondas de faja tipo libro:**

**Pregunta 1:** ¿Cómo se debería hacerse?

Para el proceso generación de blondas de faja tipo libro se deberá contar con un nuevo procedimiento de generación de blondas de faja tipo libro, nuevo layout de disposición de equipos y un nuevo cronograma, analizados mediante la ingeniería de métodos con un enfoque optimizado.

**Pregunta 2:** ¿Qué se debería hacer?

Establecer los nuevos diagramas de procesos DOP y DAP, layout de equipos, cronogramas de generación de blondas de faja y también el nuevo procedimiento como se muestran a continuación:

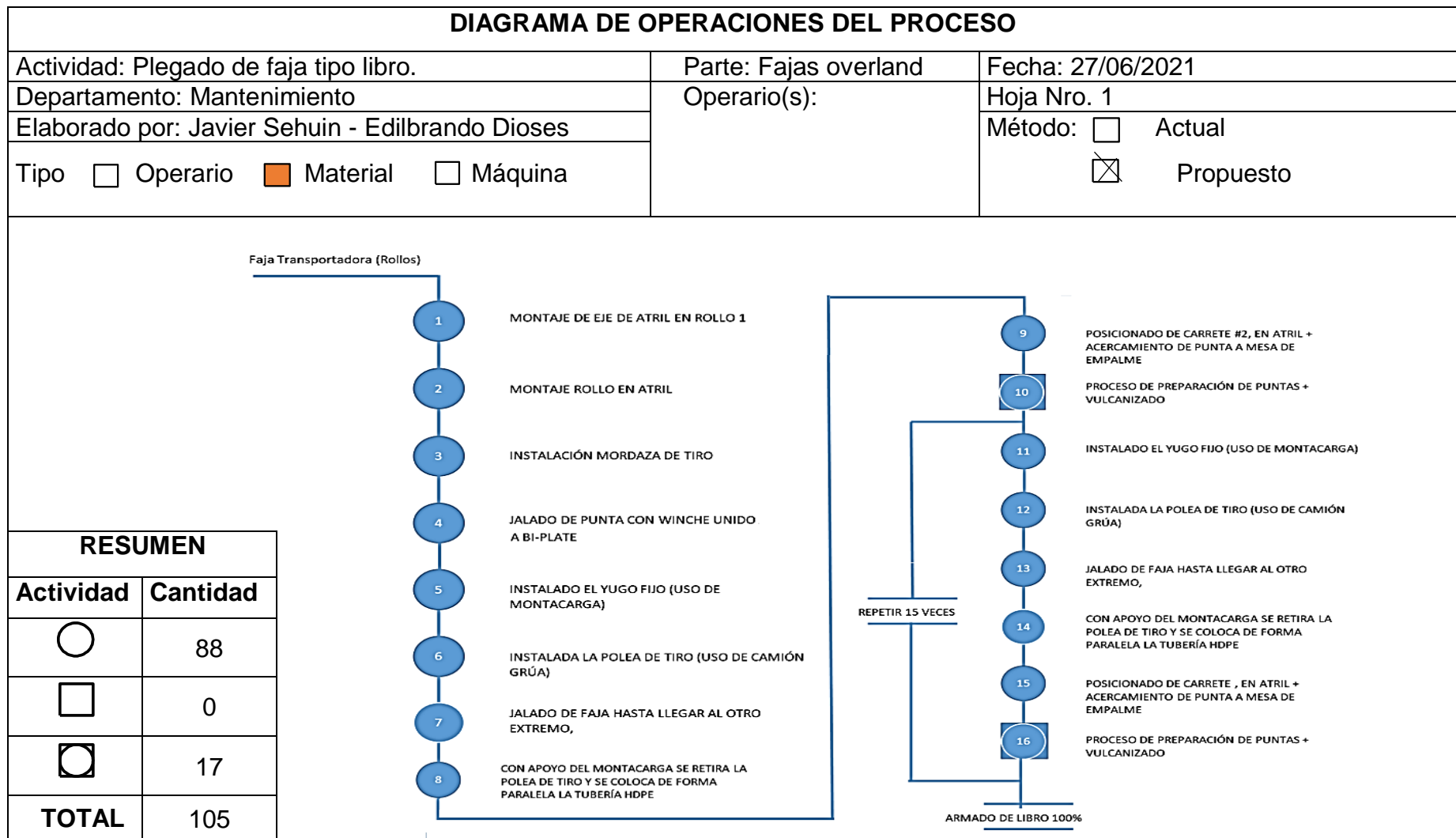


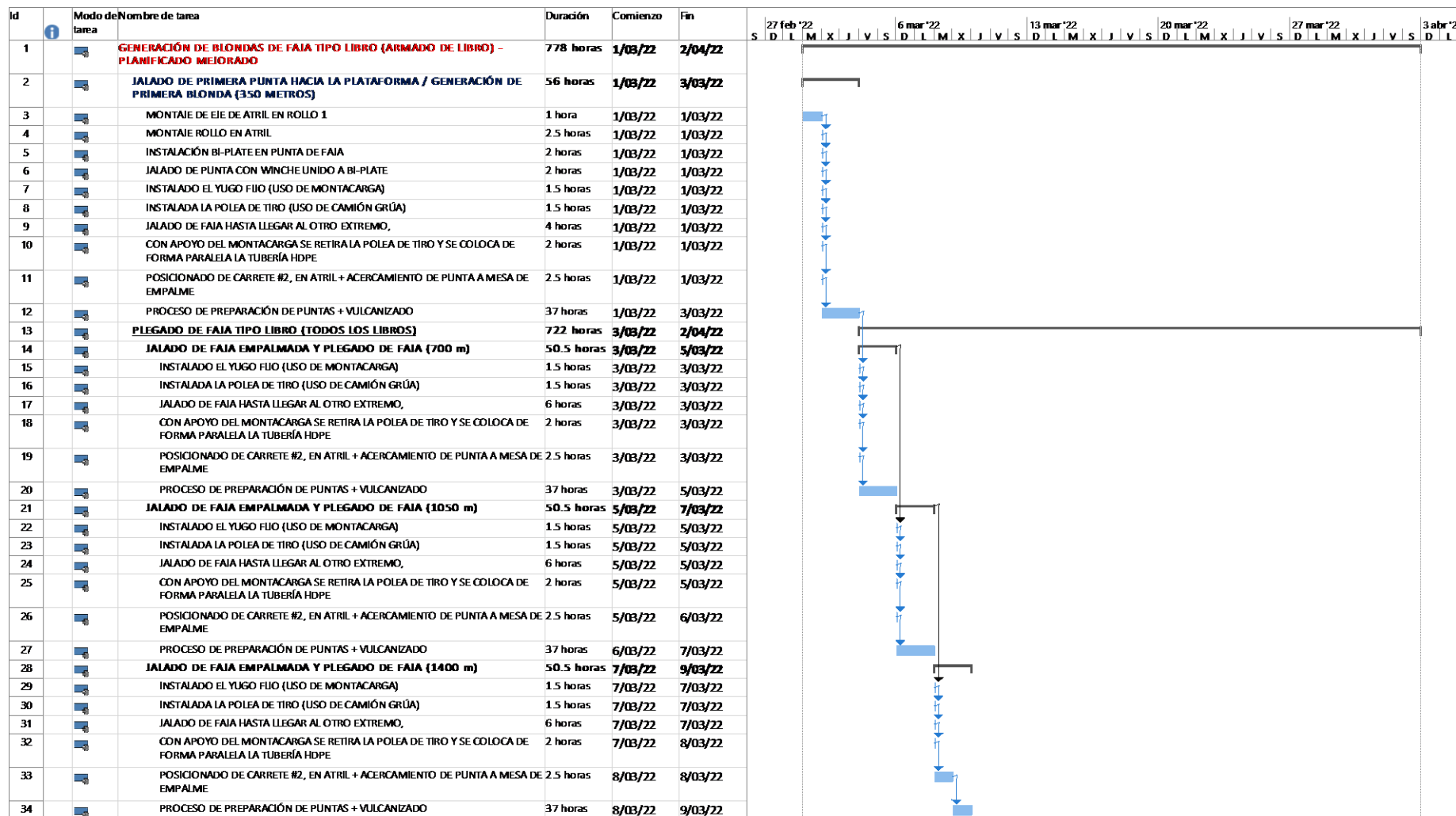
Figura 40. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (Método mejorado)  
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el DAP mejorado, en donde se puede apreciar que la cantidad de actividades se han reducido (Se analizará en la fase de resultados)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO						
Diagrama No.	Hoja No. 1	OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input checked="" type="checkbox"/>	EQUIPO <input type="checkbox"/>	
Objetivo: Realizar el diagrama de análisis de proceso		RESUMEN				
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	MEJORADO	
Proceso analizado:	Plegado de faja tipo libro (Armado de libro)	Operación	-	88		
		Transporte	-	36		
		Espera	-	0		
Metodo: <input checked="" type="checkbox"/> Actual <input type="checkbox"/> Propuesto		Inspección	-	17		
		Almacenamiento	-	18		
Localización: Transporte de mineral grueso - Fajas overland		Distancia (m)	-	7030		
		Tiempo (hr/hombre)	-	864		
Operario:		Costo				
		Total				
Elaborado por:	Fecha: Javier sehuin	Comentarios				
Aprobado por:	Fecha: Edilbrando					
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (Horas)	Símbolo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Observaciones
<b>ARMADO DE LIBRO #1</b>						
<b>JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)</b>						
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0			No productiva
MONTAJE DE EJE DE ATRIL EN ROLLO 1	1	0	1			Productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25			No productiva
MONTAJE ROLLO EN ATRIL	1	0	2.25			Productiva
INSTALACIÓN BI-PLATE EN PUNTA DE FAJA	1	0	2			Productiva
JALADO DE PUNTA CON WINCHE UNIDO A BI-PLATE	1	150	2			No productiva
INSTALADO EL YUGO FIJO (USO DE MONTACARGA)	1	0	1.5			Productiva
INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	1	0	1.5			Productiva
JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO, CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA	1	200	4			No productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	1	0	0			No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	1	60	0.25			No productiva
POSICIONADO DE CARRETE #2, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	1	0	2.25			Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	1	0	36.5			Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	1	0	0.5			Productiva
<b>PLEGADO DE FAJA TIPO LIBRO (TODOS LOS LIBROS)</b>						
<b>JALADO DE FAJA EMPALMADA Y PLEGADO DE FAJA</b>						
INSTALADO EL YUGO FIJO (USO DE MONTACARGA)	16	0	1.5			Productiva
INSTALADA LA POLEA DE TIRO (USO DE CAMIÓN GRÚA)	16	0	1.5			Productiva
JALADO DE FAJA HASTA LLEGAR AL OTRO EXTREMO, CON APOYO DEL MONTACARGA SE RETIRA LA POLEA DE TIRO Y SE COLOCA DE FORMA PARALELA LA TUBERÍA	16	350	6			No productiva
SOLICITUD DE ROLLO DE FAJA DE ALMACEN	16	0	0			No productiva
TRASLADO DE ALMACEN TEMPORAL HACIA ATRIL	16	60	0.25			No productiva
POSICIONADO DE CARRETE #2, EN ATRIL + ACERCAMIENTO DE PUNTA A MESA DE EMPALME	16	0	2.25			Productiva
PROCESO DE PREPARACIÓN DE PUNTAS + VULCANIZADO	16	0	36.5			Productiva
VERIFICACIÓN DE CALIDAD DE EMPALME	16	0	0.5			Productiva
<b>TOTAL</b>		7030	864			

Figura 41. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I (método propuesto).

A continuación, también se muestra el cronograma propuesto de Generación de blondas de faja tipo libro armado de libro, indicando el nuevo tiempo estimado después de haber implementado la mejora:











El cronograma anterior referido a la fase generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro planificado mejorado (Propuesto), este cronograma fue elaborado mediante la nueva mejora implementada para el armado de libro, con estos datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 30.** Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I (método propuesto)

Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Jalado de primera punta hacia la plataforma / generación de primera blonda (350 metros)	1/03/2022	3/03/2022	56
Generación de blondas de faja tipo libro (todos los libros)	3/03/2022	2/04/2022	722
<b>Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro) - planificado mejorado</b>	<b>1/03/2022</b>	<b>2/04/2022</b>	<b>778</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de generación de blondas de faja tipo libro o armado de libro mejorado tiene una duración de 778 horas (34 días), frente a las 752.75 horas (32 días), podemos concluir que la generación de blondas de faja tipo libro aumento en 25.25 horas más de lo planificado, esto nos lleva a concluir que el tiempo de armado de libro ha aumentado, viéndose esto no como una mejora de eficiencia, pero la realidad es que se ha mejorado notablemente en el sentido de que con la nueva propuesta mejorada solo se está haciendo uso del 50% de los recursos, es decir cuando se haga el análisis de los costos notaremos que se ha generado un gran ahorro con esta nueva propuesta, es importante aclarar que el proceso de armado de libro no tiene efecto directo en un cambio de cinta transportadora, ya que este se puede ejecutar mientras la faja se encuentra en operación, es decir el factor tiempo es relativo como medida de eficiencia, ya que este proceso puede demorar más tiempo del actual, su verdadera medición la podremos determinar en los costos, ya que si calculamos que los costos han bajado entonces podremos afirmar que la propuesta mejora el proceso de eficiencia del proceso.

A continuación, se prosigue con el procedimiento técnico de la ejecución del proyecto de cambio de cinta transportadora.

### **3.5.4. Procedimiento técnico de cambio de cinta transportadora CVB-004**

El cambio total de faja transportadora CVB-0004, del presente proyecto constará de 2 fases las cuales se describen a continuación:

- Fase I: Generación de blondas de faja tipo libro
- Fase II: Ejecución de cambio de faja

A continuación, se desarrollaron cada una de las fases descritas, describiendo los trabajos mecánicos, civiles, eléctricos etc., requeridos para el desarrollo del proyecto.

#### **Fase 1: Generación de blondas de faja tipo libro**

Debido a la urgencia del cambio de faja transportadora CVB-0004, es necesario evaluar todas las alternativas que permitan reducir el tiempo de la generación de blondas de faja tipo libro, por ello la presente propuesta propone ejecutar la generación de blondas de faja tipo libro en 1 solo libro de forma optimizada, la cual llamaremos LÍNEA 1, la línea manejará sus propios recursos en forma independiente (Excepto Equipos móviles como son grúa telescópica, Montacarga de 15 ton y camión grúa), de esta manera se podrá dividir el tiempo total de generación de blondas de faja tipo libro de 40 días (Dato proporcionado por una empresa especializada en vulcanizado de fajas), esto en cumplimiento con el objetivo de la presente tesis de optimizar el tiempo total del proyecto

El objetivo de esta fase del proyecto es tener los 5576 m de faja unida al 100% (unida mediante los empalmes en caliente), para lograr este objetivo se requiere un área geográfica que permita realizar estas uniones de faja, en la actualidad el área geográfica se tiene preparada al 50%, por lo que se requiere realizar trabajos anteriores a la generación de blondas de faja tipo libro, es por ello que esta fase estará conformada por 2 etapas, las cuales se describen a continuación:

- Etapa I: Trabajos Preliminares
- Etapa II: Ejecución de la Generación de blondas de faja tipo libro.

A continuación, se muestra el área geográfica de cómo se encuentra actualmente.



Figura 43. Área de ejecución de blondas tipo libro

El cuadro amarillo con línea entrecortadas esquematiza el área requerida para poder ejecutar las blondas de faja tipo libro, actualmente el área no está preparada al 100% (Tal y como se muestra en la siguiente foto) por lo que primero se deberá de realizar un levantamiento topográfico del área, y se elaborara un plano geográfico del área y posteriormente se tendrá que realizar el movimiento de tierras, según los planos definidos, a continuación se muestra una foto actual más cercana del área donde el presente proyecto pretende realizar la generación de blondas de faja tipo libro.



Asimismo, en la siguiente imagen se muestra el detalle del área donde se desea desarrollar el plegado de faja tipo libro, el cuadro rojo representa la zona actual ya preparada, mientras que el cuadro azul representa la nueva a preparar:



Figura 44. Área de plegado de faja tipo libro

Con base en este antecedente, es que se ha dividido esta fase el proyecto en 2 etapas que se desarrollarán a continuación:

**Etapa I: Trabajos preliminares.**

Antes de realizar la generación de blondas de faja tipo libro se requiere realizar trabajos preliminares los cuales se describen a continuación:

- Replanteo de área y movimiento de tierras Movimiento de tierras
- Ejecución de trabajos civiles.
- Fabricación y montaje de estructuras metálicas.
- Selección y adquisición de equipos mecánicos – eléctricos, equipos móviles

Los trabajos preliminares se ejecutarán para la generación de blondas de faja tipo libro línea #1.

A continuación, se muestra el metrado de los trabajos preliminares y del armado tipo libro:

**Tabla 31.** *Metrado de trabajos preliminares y del armado del libro (método propuesto)*

<b>Descripción de actividades - Armado de libro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
<b>Obras provisionales</b>		
Cartel de identificación de obra de 3.6 m x 2.4 m	1	Unid
Almacén y guardianía (01 unid)	1	unid
Movimiento de equipo y herramientas	1	Glb
Contenedores de oficina	3	Unid
<b>Trabajos preliminares</b>		
Orden y limpieza del área en general	1	Glb
Habilitación de estacionamiento de unidades	1	Glb
Trazo y replanteo	1	Glb
Reubicación de contenedor de 40 pies en site incluye energizado + aterramiento	12	Unid
Reubicación de contenedor de 20 pies en site incluye energizado + aterramiento	8	unid
Elaboración, implementación y administración del plan de seguridad y salud en el trabajo	1	Glb

Levantamiento topográfico de área	1	Glb
<b>Movimiento de tierras</b>		
Nivelación con retroexcavadora para conformación de talud	15	M3
Afirmado de piso y talud	1	Glb
Transporte de material de hormigón grueso mejorado con piedra de 2" a 4"	10	M3
Relleno y compactado con material de hormigón grueso mejorado con piedra de 2" a 4"	1	Glb
Transporte de material de afirmado seleccionado (60% afirmado + 40% hormigón fino)	50	M3
Colocación, conformación y compactación de material (60% afirmado + 40% hormigón fino)	1	Glb
Eliminación de material excedente a 7.5 km de la obra	10	M3
<b>Trabajos civiles</b>		
Trazado de área	1	GLB
Excavación y afirmado para instalación de dados de concreto winche y soporte de cable	1	Unid
Excavación y encofrado para instalación de dados de concreto atril y soporte primario	1	Unid
Vaciado de dado de concreto alineadores (4 Und)	4	Unid
Encofrado de dado de concreto + armadura winche (1 Und)	1	Unid
Vaciado de dado de concreto + fraguado winche (1 Und)	1	Unid
Encofrado - dado soporte polea de cable (2 Und)	2	Unid
Vaciado, fraguado - dado soporte polea de cable (2 Und)	2	Unid
Encofrado - dado soporte guía de cable (1 Und)	1	Unid
Vaciado, fraguado - dado soporte guía de cable (1 Und)	1	Unid
Excavación, enrocado y concreto atril 1	1	Unid
Instalación de dado prefabricado atril 1 (2 Und)	2	Unid
Encofrado - dado de concreto + armadura Atril 1	1	Unid
Vaciado, fraguado - dado de concreto atril 1	1	Unid
Encofrado - dado soporte primario (2 Und)	2	Unid
Vaciado, fraguado - dado soporte primario (2 Und)	2	Unid

Afirmado de plataforma acceso cama baja	1	Unid
Arreglo de acceso principal	1	Unid
Reubicación de 2 módulos de Jaulas Faraday	2	Unid
Nivelación de mesa de empalme	1	Unid
<b>Trabajos eléctricos</b>		
Instalación de pararrayos (5 unidades) incluye retenida + guardas de protección.	5	Unid
Aterramiento de 2 jaulas Faraday	2	Unid
Ubicación de equipos eléctricos	3	Unid
Torres de iluminación + salida 220 V (9 unidades)	9	Unid
Habilitación de tableros (realizar pruebas)	3	Unid
Enterrar tubería de alimentación winche	1	Unid
<b>Trabajos de montaje de estructuras y equipos mecánicos</b>		
Mesa de empalme #1 (1 unidad)	1	Unid
Jaula Faraday libro #1 (10 módulos)	10	Unid
Atril #1	1	Unid
Soporte cinta primaria libro #1 (1 unidad)	1	Unid
Soporte guía de cinta libro #1 (1 unidad)	1	Unid
Soporte de winche libro #1 (1 unidad)	1	Unid
Soporte poste retráctil libro #1 (7 pares)	7	Unid
Soporte polea de cable libro #1(2 unidades)	2	Unid
Soporte guía cable libro #1 (1 unidad)	1	Unid
Soporte de apoyo de cable libro #1(1 unidad)	1	Unid

A continuación, se desarrollará cada una de estas actividades con el objetivo de tener el plan requerido para la generación de blondas de faja tipo libro.

#### **Replanteo de área y movimiento de tierras.**

- Se deberá solicitar a la empresa minera MMG el archivo de la topografía de terreno y la información topográfica de referencia, relativa al sistema de coordenadas, niveles, vértices de triangulación, monolitos o puntos de referencia (PR), ubicados en el lugar de las obras o sectores adyacentes. La



información de topografía se expresará para coordenadas en el sistema ortogonal plano contemplado por el proyecto, y para elevaciones en metros sobre el nivel de mareas (msnm), ligados a los respectivos puntos de referencia con cotas del proyecto.

- Se deberá realizar el replanteo de las obras usando la red topográfica definida para el proyecto. Sobre la base de los puntos de referencia entregados por la empresa minera MMG, se establecerán en terreno los puntos de referencia auxiliares y marcas necesarias en el área de trabajo, las que se utilizarán para poder replantear las obras. Los puntos que se marquen deberán quedar fuera del área de las obras y en lugares donde no sufran ningún deterioro durante el movimiento de tierras. Los puntos de referencia estarán materializados por elementos fijos inamovibles.
- El procedimiento de trabajo para la instalación de los puntos de referencia auxiliares y los replanteos, deberán ser establecidos por protocolos topográficos establecidos, los que deberán ser aprobados.
- Las mediciones se harán en el sistema métrico decimal y grados centesimales.
- A partir del levantamiento topográfico, se elaborará plano final de detalle de nivelación de plataforma y ampliación de plataforma para generación de blondas de faja tipo libro, dicho plano final de detalle, deberá de especificar el sistema de coordenadas, niveles, vértices de triangulación, monolitos o puntos de referencia

### **Trabajos civiles.**

Compuesto por todos los trabajos civiles requeridos por el proyecto y nacen en función de los requerimientos de estructuras metálicas, estos trabajos civiles son dados de concreto de, los cuales representan las bases sobre las cuales descansarán las estructuras metálicas.

**Tabla 32.** *Trabajos civiles requeridos para el proyecto*

<b>Descripción</b>	<b>Largo x Ancho X Alto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Und</b>
Dado de concreto para estructura atril	1.8 m X 2.4 m X 1.4 m	2	Und
Dado de concreto para soporte cinta primaria	1 m X 3.6 m X 1.2 m	2	Und

Dado de concreto para soporte de guía cinta	2 m X 3 m X 1.4 m	2	Und
Dado de concreto para soporte de polea de cable	3 m X 1 m X 1 m	1	Und
Dado de concreto para soporte guía de cable	1.2 m X 3 m X 1 m	1	Und
Dado de concreto para winche tensor	1.5 m X 2.4 m X 1 m	1	Und

Fuente: elaboración propia

Todos los trabajos en cuanto a obras civiles deberán ser concluidas al 100%, para posteriormente realizar el montaje de las estructuras metálicas.

### **Fabricación de estructuras metálicas.**

Estas estructuras serán diseñadas y fabricadas de tal modo que viabilicen las maniobras de generación de blondas de faja tipo libro para línea 1 y línea 2.

**Tabla 33.** *Estructuras metálicas requeridas para el proyecto*

Descripción	Cantidad requerida	Unid	Cantidad Existente	Cantidad por fabricar
Atril	1	Unid	1	0
Soporte cinta primaria	1	Unid	-	-
Mesa de empalme	1	Unid	1	0
Soporte guía de cinta	1	Unid	-	-
Yugo fijo de tiro	1	Unid	4	-
Soporte poste retráctil	14	Unid	10	4
Polea de tiro	1	Unid	-	-
Soporte de polea de cable	1	Unid	-	-
Soporte de guía de cable	1	Unid	-	-
Jaulas Faraday	12	Unid	24	-

Fuente: elaboración propia

Todas las estructuras faltantes deberán ser fabricadas al 100%, como parte de los trabajos preliminares.

## Selección y adquisición de equipos mecánicos – eléctricos, equipos móviles

La selección de equipos se hará en función de los cálculos proveídos por la empresa especializada, a partir de ello se ha optado por los siguientes equipos:

**Tabla 34.** Selección y adquisición de equipos requeridos para el proyecto

<b>Equipos mecánicos</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>	<b>Estado Por:</b>
Winche electromecánico de 20 tn, con cable acerado de 300 m de 1 1/4 de diámetro, con gancho en extremo para jalado	1	Equipo	Comprar
<b>Equipos Eléctricos</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>	<b>Estado Por:</b>
Generador eléctrico de 220 V + Tableros	1	Equipo	Alquilar
Generador eléctrico de 380 V + Tableros	1	Equipo	Alquilar
Generador eléctrico de 440 V + Tableros	1	Equipo	Alquilar
Torres de iluminación terex	9	Equipo	Alquilar
<b>Equipos Móviles</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>unidad</b>	<b>Estado Por:</b>
Grúa telescópica 220 tn	1	Equipo	Alquilar
Camión grúa de 22 tn	1	Equipo	Alquilar
Montacargas de 15 tn	1	Equipo	Alquilar
Cama baja de 60 tn	1	Equipo	Alquilar

## Montaje y distribución de equipos y estructuras

Una vez fabricados todas las estructuras metálicas y adquirido los equipos se procede al montaje y distribución de estos:

**Tabla 35.** Montaje de equipos – proyecto de mejora

<b>Montaje de estructuras</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Unid</b>
Montaje de atril	1	Unid
Montaje de soporte cinta primaria	1	Unid
Montaje de mesa de empalme	1	Unid
Montaje de soporte guía de cinta	1	Unid
Montaje de yugo fijo de tiro	2	Unid
Montaje de soporte poste retráctil	14	Unid
Montaje de polea de tiro	1	Unid
Montaje de soporte de polea de cable	1	Unid
Montaje de soporte de guía de cable	1	Unid
Montaje de jaulas Faraday	12	Unid
<b>Instalación de equipos mecánicos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Unid</b>
Instalación y montaje de winche electromecánico de 15 Tn, con cable acerado de 300 m de 1 1/4 de diámetro, con gancho en extremo para jalado	1	Equipo

Todas las estructuras deberán ser instaladas al 100%, salvo los postes retráctiles que solo se montarán la base, una vez terminado la generación del libro se procede a completar los postes.

**Tabla 36.** Distribución de equipos – proyecto de mejora

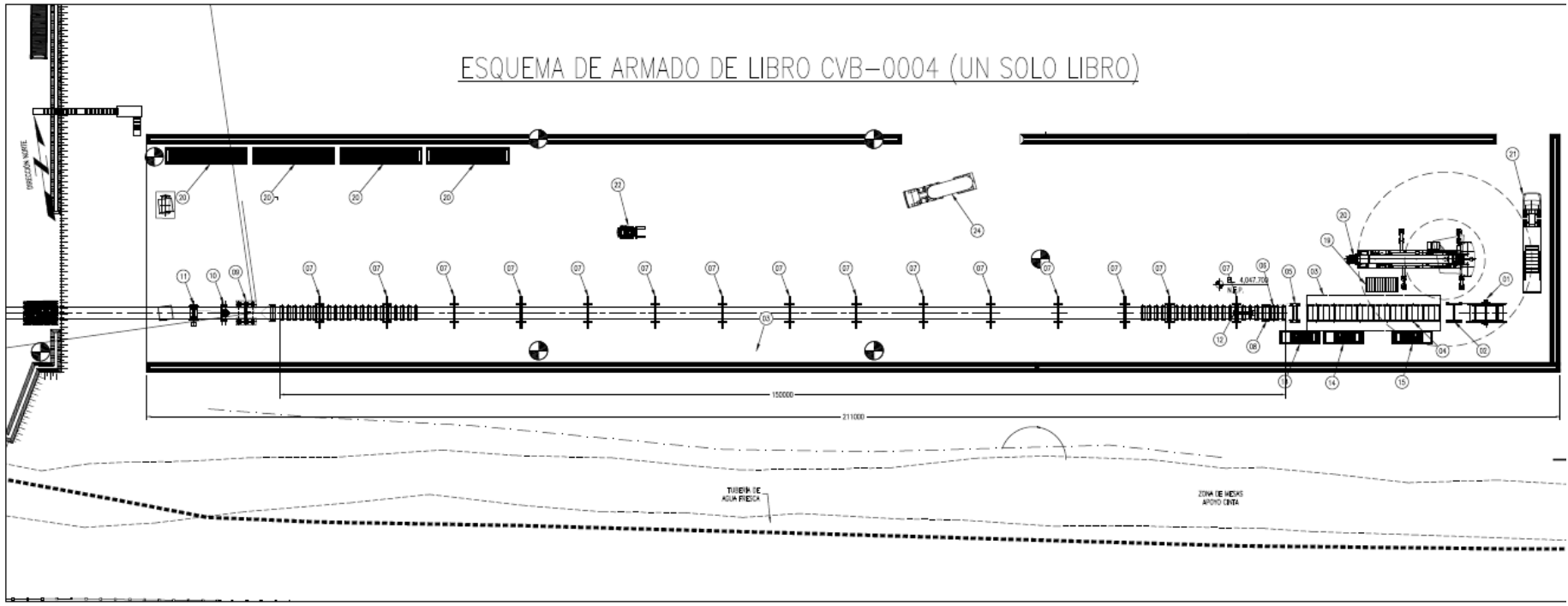
<b>Distribución de Equipos Eléctricos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Distribución de generador eléctrico de 220 V + tableros	1	Equipo
Distribución de generador eléctrico de 380 V + tableros	1	Equipo

Distribución de generador eléctrico de 440 V + tableros	1	Equipo
Distribución de torres de iluminación terex	9	Equipo
<b>Distribución Equipos Móviles</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Ubicación de grúa telescópica 220 tn	1	Equipo
Ubicación de camión grúa de 22 tn	1	Equipo
Ubicación de montacarga de 15 tn	1	Equipo
Ubicación de cama baja de 60 tn	1	Equipo

Todos estos equipos eléctricos, deberán ser habilitados y listos para su uso (tendido de cable, habilitación de generadores, tomas de tableros)

Todos los equipos deberán estar al 100% en campo, una vez terminado los trabajos preliminares, a continuación, se muestra el layout de equipos, obras civiles, estructuras metálicas:

A continuación se muestra el nuevo layout propuesto después de realizar todos los trabajos preliminares, el cual propone un solo libro para el plegado de faja tipo libro, tal y como se muestra a continuación:



PLANTA - DISPOSICIÓN DE EQUIPOS  
1:300

CONSIDERACIONES

- 1.- LA LONGITUD EFECTIVA DEL LIBRO SERA DE 150 METROS.
- 2.- LA LONGITUD DE LA PLATAFORMA ACTUAL DEL ARMADO DE LIBRO ES DE 134 METROS, LA LONGITUD TOTAL DE LA PLATAFORMA SERA DE 211 METROS
- 3.- SE REQUIERE REALIZAR UNA AMPLIACIÓN DE PLATAFORMA DE 77 X 35 METROS, OCUPANDO EL AREA ACTUAL DE GEOTEC.
- 3.- SE CONSIDERA UN SOLO LIBRO PARA LOS 5576 METROS

DISPOSICIÓN DE EQUIPOS EN PLATAFORMA		
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	01	ATRIEL CINTA NUEVA P/ CARBETE
2	01	SOPORTE CINTA PRIMARIA
3	01	JAJULA FARADAY
4	01	MESA DE EMPALME
5	01	SOPORTE GUIA DE CINTA
6	01	YODO FLUO DE TIRO
7	14	SOPORTE DE POSTE RETRACTIL
8	01	YODO DE TIRO
9	01	SOPORTE DE PULEA DE CAJILE
10	01	SOPORTE DE GUIA DE CAJILE
11	01	WINCHE - CAPICERO 20 TON
12	01	CARRIO APOYO DE CAJILE
13	02	GENERADOR ELECTRICO 450 KW
14	01	GENERADOR ELECTRICO 100 KW
15	16	CARRIOTE DE CINTA
16	01	GRUA GIRONTE GANNS275
17	01	CAMION CAMA BARRA
18	01	MONTACARGA MOVIL
19	04	CONTENEDORES DE 40 PIES
20	01	CAMION GRUA DE 30 TON

Figura 45. Layout propuesto del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I

## Etapa II: Ejecución de blondas de faja tipo libro.

Una vez se hayan culminado al 100% los trabajos preliminares, se procederá a la etapa II generación de blondas de faja tipo libro (Un solo plegado de faja tipo libro) quedándonos la faja completa y lista para el montaje de esta sobre la faja en operación:

### Procedimiento técnico de generación de blondas de faja tipo libro

Un objetivo específico es de plantear un procedimiento técnico que permita viabilizar la generación de blondas de faja tipo libro, y en coherencia dicho objetivo a continuación se procederá a detallar el paso a paso de este procedimiento.

#### Paso 1: Insertado de eje de atril a carrete con faja.

El primer paso es insertar el eje del atril, hacia el agujero cuadrado que posee el carrete con faja, para ello se requiere los siguientes equipos y herramientas:

**Tabla 37.** Equipos, herramientas y materiales para el paso 1, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I

Equipos móviles		
Descripción	Cantidad	Und
Montacarga de 15 ton	1	Equipo
Herramientas		
Descripción	Cantidad	Und
Eje de atril + componentes	1	Und
Llaves mixtas de 1 1/8"	2	Und
Escalera de 3 pasos	1	Und
Materiales		
Descripción	Cantidad	Und
Carrete con rollos de faja de 200 ml	1	Und

Una vez insertado, 4 personas proceden a colocar el disco de seguro y a asegurarlo respectivamente.

**Paso 2: Izaje de carrete 1 a cama baja de 60 ton, traslado hacia ubicación de atril, línea 1.**

El segundo paso, es el izaje del rollo de faja de 350 m + carrete con un peso aproximado de 41 ton a cama baja, luego se trasladará desde donde está almacenado hacia la ubicación de la plataforma de libro, para ello se hace uso de los siguientes equipos, herramientas, materiales:

**Tabla 38.** Equipos, herramientas y materiales para el paso 2, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I

<b>Equipos móviles</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Grúa telescópica 220 tn	1	Equipo
Cama baja de 60 tn	1	Equipo
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Eslinga de cadena de acero 4 ramales de 5/8"	1	Unid
Tensor de carga	4	Unid
Cadena tensora de carga de 5/8" x 5 metros	4	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Carrete con rollos de faja de 200 ml	1	unid

### **Paso 3: Posicionamiento de carrete en atril**

Una vez la cama baja, llegue con el carrete + el rollo de faja hacia el patio de generación de libro se procede al posicionamiento del carrete + faja, sobre el atril, asegurando que el freno del atril este activo, para ellos se hace uso de los siguientes recursos:

**Tabla 39.** Equipos, herramientas y materiales para el paso 3, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I

<b>Equipos móviles</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Grúa telescópica 220 tn	2	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Atril	1	Unid



Eje de atril + componentes	1	Unid
Llaves mixtas de 1 1/8"	2	Unid
Andamios de 1 cuerpo lado izquierdo	1	Unid
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Eslinga de cadena de acero 4 ramales de 5/8"	1	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Carrete con rollos de faja de 350 ml	1	unid

#### **Paso 4: Jalado de primera punta hacia otro extremo uso de Bi-plate**

Esta maniobra consiste en jalar la punta del rollo de faja y extenderla a lo largo de la plataforma inferior, para ello se instalará un Bi-plate en el extremo de la punta de la faja y luego se inicia el jalado de faja se coordina con la persona que se encuentra en el atril para que se realice el desbloqueo del freno y se sincronice con la velocidad del winche a lo largo de su recorrido.

Para esta maniobra se hace usos de los siguientes recursos:

**Tabla 40.** Equipos, y aparejos para el paso 4, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Winche de 20 ton	1	Equipo
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Bi-plate	1	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 25 ml	1	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 50 ml	1	Unid
Grillete de 1 1/4"	3	Unid

#### **Paso 5: Generación de primera blonda.**

Una vez se haya jalado el extremo de la faja hacia el otro extremo, quedará faja por desembobinar en el carrete (Aproximadamente 200 m), por lo que se procede a realizar la primera blonda, para ello se sujetan con 02 estrobos en los extremos

para ser fijadas en las orejas de 2 dados de concreto y el otro extremo del estrobo en las orejas del yugo, con apoyo del camión grúa de 24 Ton se levanta la faja para facilitar el ingreso del polín de tiro con ayuda de un montacargas de 15 ton.

El polín de tiro ingresa por el lado costado de la faja, se retira la maniobra de la grúa y el montacargas y se desenrolla el cable del winche y se instala al grillete junto a los estrobos unidos al polín de tiro, por con siguiente el operador del winche empezará a embobinar el cable de este, des embobinado a la vez el carrete y formando la primera blonda de la faja tipo libro, para ello se hará uso de los siguientes recursos:

**Tabla 41.** *Equipos, herramientas y materiales para el paso 5, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I*

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Winche tensor de 20 tn	1	Equipo
Montacarga de 15 ton	1	Equipo
Camión grúa de 24 ton.	1	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Polín de tiro	1	Unid
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Yugo de tiro para retenida	1	Unid
Grillete de 1 1/4"	4	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 6 ml	6	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 3 ml	2	Unid
Grillete de 1 1/2"	1	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Tubería HDP DE ø25" X 84" de longitud	2	unid

Una vez se halla desenrollado todo el carrete con la faja, la última punta del carrete deberá quedar dentro de la jaula, para posteriormente iniciar con el primer empalme

### **Paso 6: Posicionado de carrete #2, en atril.**

Se procede a repetir el paso 1, paso 2 y paso 3 anteriormente descritos, ahora se procede a desembobinar el carrete haciendo uso de un pequeño winche de 5 ton hacia la estación de empalme, para preparar ambos extremos de faja: final del primer rollo e inicio del segundo rollo montado en el atril y poder realizar el primer empalme (Vulcanizado en caliente), para esta maniobra se hace uso de los siguientes recursos:

**Tabla 42.** Equipos, herramientas y materiales para el paso 6, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I

<b>Equipos móviles</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Montacarga de 15 ton	1	Equipo
Grúa telescópica 220 tn	1	Equipo
Cama baja de 60 tn	1	Equipo
Grúa telescópica 220 tn	1	Equipo
Winche de 5 ton	1	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Eje de atril + componentes	1	Unid
Atril	1	Unid
Andamios de 1 cuerpo lado izquierdo	1	Unid
Llaves mixtas de 1 1/8"	2	Unid
Escalera de 3 pasos	1	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Carrete con rollos de faja de 200 ml	1	unid
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Eslinga de cadena de acero 4 ramales de 5/8"	1	Unid
Tensor de carga	4	Unid
Cadena tensora de carga de 5/8" x 5 metros	4	Unid

**Paso 7: Proceso de pelado de puntas para empalme** (Proceso aplica para la generación de blondas de faja tipo libro y también para el Cambio de cinta transportadora fase de empalme temporal y empalme de cierre)

**Preparación de puntas para empalme.**

Una vez que se tenga ambas puntas, final e inicial de cada rollo de faja, se inician los siguientes procesos:

**Medición**

El objetivo de este proceso es marcar el área de ambas fajas donde se realizará el empalme de longitud de 6000 mm según la norma CEMA (Longitud para fajas ST 5300), La medición se realiza en ambos extremos de los rollos de faja (rollo 1 y rollo 2), Luego se acomodan las puntas para que queden alineadas las marcas colocadas. Después se realiza el trazado de pasos, para realizar esta actividad se requiere los siguientes recursos

**Tabla 43.** *Herramientas de medición para el paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

Herramientas		
Descripción	Cantidad	Unid
Escuadras	2	Unid
Tira-línea	1	Unid
Flexómetro de 8 m	1	Unid



*Figura 46.* Medición y trazado.

## Pelado

Las 2 puntas trazadas para el empalme, ahora se proceden al pelado de estas haciendo uso de cuchillas Olfa o multimaster y con ayuda de la mordaza auto prensora. El corte lo realiza personal capacitado y se hace colocándose de rodillas sobre la faja y cortando, manteniendo el cuerpo fuera de la línea de fuego del cuchillo. Se debe asegurar el filo de las hojas para no hacer mucha presión, para esto se deben cambiar las hojas cuantas veces sean necesarias. El maestro cortador usará guante anticorte en las manos y en la mano de apoyo usará un guante de malla de acero.

En seguida se procede a realizar el chaflán de 20 mm, para luego con el apoyo del winche de 5 Ton empezar a retirar el cover de carga.

**Tabla 44.** Equipos herramientas y materiales para el proceso de pelado del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora, Fase I y Fase II.

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Winche de 5 ton	1	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Cuchilla olfa o multimaster	1	Unid
Mordaza autopresora	1	Unid
Cúter industrial	5	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Hojas de cuchilla olfa o multimaster	4	unid
Hojas de cúter industrial	8	unid



*Figura 47. Pelado de Punta de Faja*

### **Realización de Ventana**

A continuación, se procede a realizar la ventana que tiene una longitud aproximada de 27 cm. Esta es la zona de transición donde van a entrar las cuerdas de piano, a continuación, se muestra los recursos requeridos para este proceso.

**Tabla 45.** *Herramientas y materiales para el proceso de realización de ventana del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Cuchilla olfa o multimaster	1	Unid
Mordaza autopresora	1	Unid
Cúter industrial	5	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Hojas de cuchilla olfa o multimaster	4	unid
Hojas de cúter industrial	8	unid



*Figura 48. Realización de la ventana*

### **Paso de cuerdas de piano**

Colocadas las cuerdas de piano, se instala la garra que es jalada con el winche de 5 Ton para de esta forma jalar los cables. En este paso se debe instalar retenidas para evitar que el cable golpee a algún trabajador en caso se rompa y es necesario asegurar que nadie se coloque en la línea de fuego del cable tensado, a continuación, se muestra los recursos requeridos para este proceso.

**Tabla 46.** *Equipos y materiales para el proceso colocación de las cuerdas de piano del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Winche de 5 ton	1	Equipo
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Cuerdas de piano	105	unid
Soga nylon (para retenida)	8	unid



Figura 49. Colocación de las cuerdas de piano.

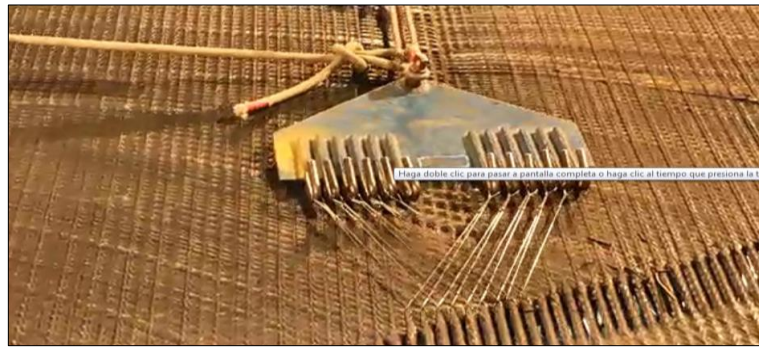


Figura 50. Jalado de Garra con winche

### Corte de punta de extremo

Cuando se Terminen de pasar las cuerdas de piano al 100% (95 en total), se procede a cortar la punta de la faja del extremo que sobra con un esmeril y disco de corte. Luego se levantan los cables para retirar el cover de retorno y solo quedarnos con los cables, a continuación, se muestra los recursos requeridos para este proceso.

**Tabla 47.** Equipos y materiales para el proceso, corte de punta del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

Equipos		
Descripción	Cantidad	Unid
Esmeril de $\varnothing$ 7.5"	1	Equipo
Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Disco de corte $\varnothing$ 7.5"	4	unid





Figura 51. Corte de punta.



Figura 52. Retiro de cover de retorno

### Raspado o Pulido

Se procede a raspar toda la zona del chaflán de 20 mm de longitud y la zona de transición. Se tiene que dejar bien pulida para continuar con el proceso, tomando siempre las medidas necesarias de limpieza para que no afecte posteriormente al empalme y así pueda cumplir su tiempo de vida útil sin presentar problemas, a continuación, se muestra los recursos requeridos para este proceso.

**Tabla 48.** Equipos y materiales para el proceso de raspado del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

Equipos		
Descripción	Cantidad	Unid
Escobilla circular eléctrica	1	Equipo
Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Hoja de Escobilla	2	unid



Figura 53. Pulido con motor recto

### Aplicación de Cemento Vulcanizante

Una vez pulido todos los cables de ambos extremos de faja, Sobre toda la superficie de los cables es esparcido un cemento especial para faja. Luego se espera que este cemento seque por aproximadamente una hora.

**Tabla 49.** Herramientas y materiales para el proceso de aplicación de cemento vulcanizante del paso 7, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

Herramientas		
Descripción	Cantidad	Unid
Brocha	6	Unid
Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Cemento vulcanizante	5	Kit



Figura 54. Aplicación de cemento vulcanizante

### **Paso 8: Juntado y preparación de puntas para Empalme.**

Para iniciar este proceso es importante mantener una temperatura mínima de 10 °C dentro de la caseta de empalme de trabajo. Para ello se instalaron 2 reflectores adicionales que ayudan con la iluminación y con la temperatura ambiente.

#### **Marcación de cables**

Una vez que el cemento se encuentre seco se procede a encintar los cables. Esto permitirá que se realice los cortes de los cables con precisión.

**Tabla 50.** Herramientas y materiales para el proceso de marcación de cables del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Cinta aislante de color amarillo	2	Unid
Cinta aislante de color rojo	2	Unid
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Tiralíneas	2	Unid
Cordel de 20 m	1	Unid



*Figura 55.* Cables marcados con cintas

#### **Alineamiento de faja**

Para alinear las fajas se requiere el uso de tiralíneas y cordel que se colocan en el centro de la faja.

Con las puntas una frente a la otra, se ubica en 6 puntos diferentes el centro de la faja (3 puntos por cada punta de faja). Con los centros bien ubicados se marca con cordel desde centro a centro.

Para hacer coincidir se debe dar pequeños golpes en los costados de la punta que se encuentre desalineada.



*Figura 56. Puntos centros para alineamiento.*

### **Aseguramiento de la faja**

Para que la faja se encuentre estable es necesario asegurarla utilizando eslingas y tacos de madera.

**Tabla 51.** *Herramientas y materiales para el proceso de aseguramiento de faja del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Eslinga de 2 ton x 4 metros	2	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Tacos de 2 m de 4"x4"	2	Unid





Figura 57. Colocación de eslingas y tacos.

### Colocación de Cover de Retorno

**Tabla 52.** Herramientas y materiales para el proceso de colocación de cover de retorno del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

HERRAMIENTAS		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unid
Rodillo de Púas de 4 mm	1	Unid
Rodillo de Púas de 12 mm	1	Unid
MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unid
Cover de retorno	1	Kit
Plástico transparente de 2 m x 6 m	2	Unid

Se coloca un plástico transparente en la parte inferior; luego viene la cubierta de retorno de 10 mm y se coloca sobre la zona a vulcanizar cortando la parte sobrante. Después se golpea y se pasa el rodillo de púas para eliminar las bolsas de aire.



*Figura 58. Colocación de cover de Retorno.*

### **Armado de Cables o Tejido**

Se inicia el armado con cables de ambos extremos respetando el método de los 3 pasos y dejando una luz de 42 mm entre las puntas escogidas. La goma cojín, que da adherencia a los cables al momento del vulcanizado, se coloca entre los cables y son compartidos y alineados para ambos extremos de tal forma que tengan uniformidad para poder cerrar bien los cantos.

Los 95 cables son ubicados de acuerdo con un orden establecido, teniendo un espaciamiento de 2 mm entre cables. Se inicia con el cable del centro N° 48 y se sigue una secuencia del tejido de los pasos. Existen 3 tipos de cables o 3 pasos: El cable corto es de 1424 mm, el mediano de 2649 mm y el largo de 3874 mm. Los cables cortos se unen con los medianos y los cables largos se prolongan hasta el otro extremo.

Es importante señalar que los trabajadores realizan la labor de rodillas y sin casco; y que el encargado de realizar el corte se envuelve las botas con plástico. Esto con el fin de evitar que la faja se contamine con tierra o agua.



Figura 59. Tejido de Cables.

### Relleno de Cortes

Al finalizar el proceso de tejido, se procede a rellenar los espacios existentes entre las puntas de los cables y en la zona de transición. Se utiliza de relleno la goma cojín, también llamados tallarines.

**Tabla 53.** *Materiales para el proceso de relleno de cortes del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Goma Cojín	1	Kit



Figura 60. Relleno de cortes.



Figura 61. Vista del término del tejido

### Aplicación de Cemento Vulcanizante

Se coloca el cemento vulcanizante a los cables tejidos con una brocha, esparciéndola por toda el área a vulcanizar.

**Tabla 54.** Herramientas y materiales para el proceso de aplicación de cemento vulcanizante del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

Herramientas		
Descripción	Cantidad	Unid
Brocha	6	Unid
Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Cemento vulcanizante	5	Kit



Figura 62. Cemento vulcanizante



## Colocación del cover de carga

Después de aplicar el cemento vulcanizante a los cables tejidos y chaflanes, se coloca la cubierta de carga de 20 mm, esta se dimensiona y se corta lo sobrante. Luego se dan golpes en toda la superficie para tener uniformidad en todo el empalme y eliminar las bolsas de aire. En la parte inferior del cover también se aplica cemento vulcanizante.

**Tabla 55.** Herramientas y materiales para el proceso de colocación de cover de carga del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

Herramientas		
Descripción	Cantidad	Unid
Brocha	2	Unid
Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Cover de carga	1	Kit
Cemento vulcanizante	5	Kit



*Figura 63.* Cemento vulcanizante en cover de carga

## Colocación del número de empalme.

La colocación de la marca es un proceso imprescindible, debido a que nos permitirá identificar el número de empalme, el nombre de la empresa y la fecha en que se realizó. Con esto estableceremos un buen control de calidad y se podrá reconocer en forma rápida que empalme tiene fallas, ante cualquier eventualidad.



Figura 64. Colocación de la marca.

### Papel Siliconado

Luego de poner la marca, se coloca el papel siliconado. La función que cumple este material es la de facilitar el desprendimiento de la faja y del metal cuando se haya finalizado el proceso de vulcanizado.

**Tabla 56.** *Materiales para el proceso de colocación de papel siliconado del paso 8, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

Materiales		
Descripción	Cantidad	Unid
Papel siliconado 2.2 m x 6 m	2	Unid



Figura 65. Colocación de la marca.

### Paso 9: Vulcanizado.

Para este proceso haremos uso de los siguientes recursos:

**Tabla 57.** Equipos herramientas y materiales para paso 9, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Bombas de agua + accesorios	2	Equipo
Data Logger. 13 termocuplas + tableros de control	6	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Prensa de vulcanizado para faja de 72"	2	Set
Platos calefactores de aluminio	12	Unid
Rieles de alineamiento	2	Unid
Bolsas de presión	12	Unid
Placas delgadas de aluminio	12	Unid

### **Ubicación de Platos Calefactores**

Para dar inicio al proceso de vulcanizado se emplean 6 platos calefactores de aluminio que permitirán la conducción del calor a través del área a vulcanizar. También permite que se llegue a la temperatura adecuada para que el proceso culmine con éxito. Hay que considerar que durante los trabajos preliminares ya se habían colocado en la parte inferior de la ubicación del empalme, otros 6 platos calefactores y sus rieles.



*Figura 66.* Colocación de Platos Calefactores.

### **Colocación de Bolsas de Presión**

Las 6 bolsas de presión son puestas en el área a vulcanizar; las bolsas de presión pequeñas se colocan a los extremos y las grandes van al medio. Estas son alimentadas por bombas de agua a través de mangueras, llaves y manómetros.

Las bolsas de presión permitirán que el empalme pueda adherirse a los covers y quedar de forma permanente. Seguidamente se colocan las placas delgadas de aluminio sobre las bolsas de presión.



*Figura 67. Colocación de Bolsas de Presión.*



*Figura 68. Placas delgadas de aluminio sobre bolsas de presión.*

### **Montado de Rieles**

Después de colocar las bolsas de presión y las placas delgadas de aluminio, se colocan encima 25 vigas o rieles prensas que son asegurados con pernos fijadores. Ellos proporcionan seguridad al momento de realizarse el vulcanizado, ya que fijan las bolsas de presión y los platos calefactores.





*Figura 69. Rieles asegurados con pernos.*

### **Instalación de Data Logger. 13 termocuplas**

Se instala la parte instrumental del Data Logger, de 13 termocuplas y módulo de presión Fluke PV 350. El data Logger permite monitorear la temperatura y la presión por las cuales atraviesa el empalme hasta el final del vulcanizado

Los parámetros de vulcanizado son:

- Presión 180 psi.
- Temperatura 145 °C ± 3.
- Tiempo de vulcanizado 90 min.
- Apertura de prensa < 80 °C. Ideal a 35 °C



*Figura 70. Data Logger*

### **Proceso de Vulcanizado**

- **Etapas de Calefacción y Presión**

Una vez que todo este seguro y bien instalado empezamos a darle temperatura al empalme con los 6 tableros de control que se tienen y también se empiezan a presurizar las bolsas. Se inicia con una temperatura ambiental de entre 10 a 12 °C y se sube hasta 50 °C a la vez que se sube la presión a 50 PSI, luego se sube hasta 80 °C y 100 PSI. Al llegar a los 100 °C se sube la presión al máximo de 180 PSI. Posteriormente la temperatura seguirá ascendiendo hasta la temperatura de vulcanizado de 145 °C



*Figura 71.* Tableros de control para regular temperatura.



*Figura 72.* Bombas para regular presión de las bolsas.

- **Etapas de Vulcanizado**

Al llegar a los 145 °C y con una presión de 180 PSI se da el tiempo de vulcanizado al empalme de 90 minutos



*Figura 73. Vulcanizado*

- **Etapas de Enfriamiento**

Terminado el vulcanizado se apagan los tableros de control haciendo que la temperatura descienda progresivamente por unos 15 minutos (enfriamiento al ambiente), luego enfriar con agua hasta los 35 °C. A causa de la disminución en la temperatura, la presión de vapor al interior de las bolsas se reducirá llegando a los 135 PSI aproximadamente. Los factores ambientales pueden influir en el valor final a alcanzar en la presión del sistema.

- **Desmontaje de Equipos**

Después del enfriamiento se procede a retirar los rieles, los platos de aluminio y todo lo que se encuentre en la parte superior. Luego se procede a realizar el control de calidad del empalme.



*Figura 74. Vista de Empalme Terminado*

**Paso 10: Jalado de Faja Empalmada y Plegado tipo libro.**

Luego de calificar el empalme como correcto y verificar que cumpla con los estándares de control de calidad, se procede a jalar la faja y a plegarla en forma de libro. Para ello se requiere el uso de los siguientes recursos:

**Tabla 58.** *Equipos, herramientas y materiales para paso 10, del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y Fase II.*

<b>Equipos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Winche tensor de 20 tn	1	Equipo
Montacarga de 15 ton	1	Equipo
Camión grúa de 24 ton.	1	Equipo
<b>Herramientas</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Polín de tiro	1	Unid
<b>Aparejos</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Yugo de tiro para retenida	1	Unid
Grillete de 1 1/4"	4	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 6 ml	6	Unid
Estrobo guardacabo de acero de ø 1" de 3 ml	2	Unid
Grillete de 1 1/2"	1	Unid
<b>Materiales</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unid</b>
Tubería HDP DE ø25" X 84" de longitud	2	unid

El camión grúa realiza el izaje de la faja para facilitar que el montacargas pueda colocar el tambor jalador con sus brazos apertura dos, realizando la misma maniobra descrita en el Paso 5. Jalado de primer rollo de faja.





*Figura 75. Colocación del tambor jalador para faja empalmada*

Una vez colocado el polín de tiro, el winche de 20 ton empieza el jalado, obteniendo de esta manera que se sobrepongan unas tras otra, hasta que la punta de la faja empalmada quede en la caseta de empalme.



*Figura 76. Jalado de Faja con winche 20 ton.*

A continuación, se instala el siguiente carrete de faja sobre el atril y se jala la punta con el winche de 5 ton y la mordaza auto prensora (Mordaza tipo perro), para de esta forma iniciar nuevamente el proceso de pelado de puntas, empalme y vulcanizado, el cual dura aproximadamente 36 horas. De esta manera todo el procedimiento descrito se hace repetitivo con excepción del Paso 4, que ya no aplica y nos pasamos del paso 3 al paso 5, hasta completar los 16 empalmes requeridos para la línea #1, haciendo un total de 5576 metros de faja plegada en forma de libro.



*Figura 77. Generación de blondas de faja tipo libro*



*Figura 78. Generación de blondas de faja tipo libro*

**Establecer Nuevo Método del Proceso Cambio de cinta transportadora:**

**Pregunta 1:** ¿Cómo se debería hacerse?

Para el proceso cambio de cinta transportadora se deberá contar con un nuevo procedimiento, nuevo layout de disposición de equipos y un nuevo cronograma, analizados mediante la ingeniería de métodos con un enfoque optimizado.

**Pregunta 2:** ¿Qué se debería hacer?

Establecer los nuevos diagramas de procesos DOP y DAP, layout de equipos, cronogramas de generación de blondas de faja y también el nuevo procedimiento como se muestran a continuación:

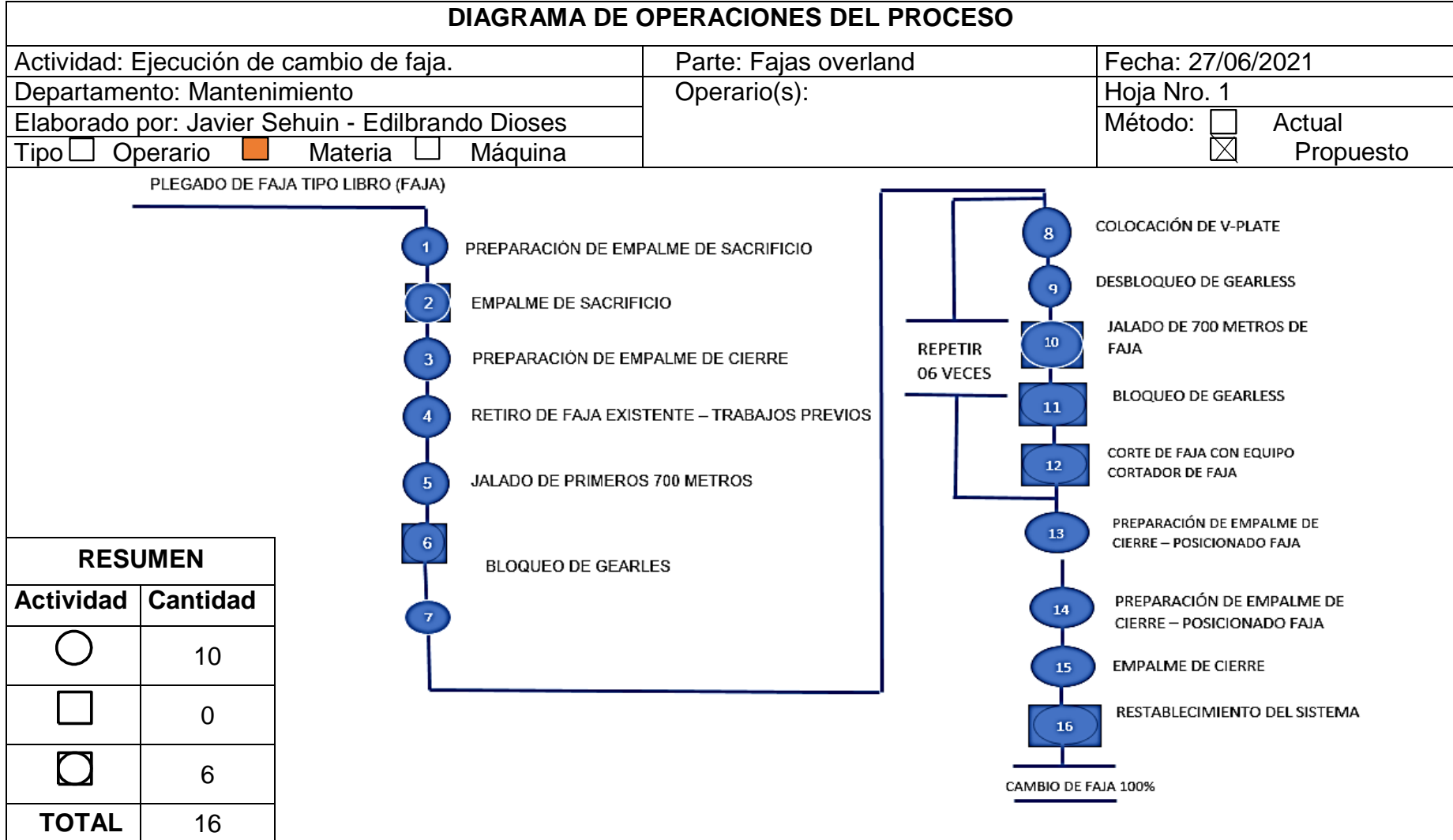


Figura 79. Diagrama de operaciones del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (Método mejorado)  
Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra el diagrama de análisis de proceso optimizado, las actividades se han reducido notablemente (Se verá en la fase de análisis de resultados)

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO						
Diagrama No.	Hoja No. 1	OPERARIO <input type="checkbox"/>		MATERIAL <input type="checkbox"/>	EQUIPO <input type="checkbox"/>	
Objetivo: Realizar el diagrama de análisis de proceso		<b>RESUMEN</b>				
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	MEJORADO	
		Operación	-	35	-	
		Transporte	-	12	-	
		Espera	-	0	-	
		Inspección	-	20	-	
		Almacenamiento	-	3	-	
Proceso analizado: Cambio de cinta transportadora		Distancia (m)	-	5750	-	
		Tiempo	-	116.25	-	
Operario:		Costo				
		Total				
Elaborado por:	Fecha: Javier sehuin	Comentarios				
Aprobado por:	Fecha: Edilbrando					
Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (Horas)	Símbolo <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Observaciones
<b>ARMADO DE LIBRO #1</b>						
<b>JALADO DE PRIMERA PUNTA HACIA LA PLATAFORMA / GENERACIÓN DE PRIMERA BLONDA (200 METROS)</b>						
Recepción de overland 4 (Bloqueado y winche destensado por Operaciones)	1	0	0			No productiva
Retiro de guarda de polea cola	1	0	0.5			Productiva
Retiro de cobertores para instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	1			Productiva
Instalación de andamios para instalación de mordaza y polin de tiro	1	0	1			Productiva
Retiro de bastidores para instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	1			Productiva
Instalación de belt clamps (1 y 2)	1	0	0.5			Productiva
Instalación de mordaza entre polea 9 y zona de corte	1	0	0.5			Productiva
Corte de Faja	1	0	0.25			Productiva
Asegurar con BI-Plate extremo de faja usada	1	0	1			Productiva
Instalación de mordaza sobre polea de cola	1	0	0.5			Productiva
Jalado de faja usada para posicionamiento en mesa de empalme de sacrificio (Sin Gearles )	1	50	0.5			No productiva
Empalme de sacrificio	1	0	21.5			Productiva
Verificación de calidad de empalme	1	0	0.5			Productiva
Retiro de pullcord	1	0	1			Productiva
Retiro de cobertores - bastidores estructura empalme de cierre	1	0	1			Productiva
Retiro de bastidores - bastidores estructura empalme de cierre	1	0	1			Productiva
Instalación de mesa de empalme de cierre	1	0	2			Productiva
<b>TRABAJOS PREVIOS</b>						
Configuración de controlador de Gearless	1	0	3			Productiva
Desbloqueo de motores Gearless	1	0	0.5			Productiva
Instalación de BI-Plate para jalado de faja existente	1	0	1			Productiva
Pruebas de configuración de Gearless	1	0	0.5			Productiva
Instalación de cable para jalado de faja existente	1	0	0.5			Productiva
Primer Jalado de 30 m de faja existente	1	30	1.5			No productiva
Segundo Jalado de 40 m de faja existente	1	40	1.5			No productiva
Tercer Jalado de faja existente	1	30	1.5			No productiva

JALADO DE FAJA EXISTENTE - INGRESO DE FAJA NUEVA							
PRIMER LIBRO							
Primer movimiento							
Solicitud de autorización para ingreso de faja libro #1	1	0	0				No productiva
Jalado de 700 m de faja	1	700	1.25				Productiva
Bloqueo de Gearless	1	0	0.5				Productiva
Corte de Faja	1	0	0.25				Productiva
Segundo a Octavo movimiento (Se repite 7 veces)							
Colocación de BI-Plate	7	0	0.5				Productiva
Desbloqueo de Gearless	7	0	0.5				Productiva
Jalado de 700 m de faja	7	700	1.25				No productiva
Bloqueo de Gearless	7	0	0.5				Productiva
Corte de Faja	7	0	0.25				Productiva
Preparación de Empalme de Cierre - Posicionado de Faja	1	0	7.5				Productiva
Empalme de Cierre	1	0	35.5				Productiva
Verificación de calidad de empalme	1	0	0.5				Productiva
Restablecimiento del Sistema	1	0	5				Productiva
Pruebas en vacío (con logica restaurada)	1	0	1				Productiva
Faja cambiada al 100%	1	0	0				No productiva
<b>TOTAL</b>		5750	116.25				

Figura 80. Diagrama DAP del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método propuesto).

A continuación, también se muestra el cronograma propuesto del cambio de cinta transportadora, indicando el nuevo tiempo estimado después de haber implementado la mejora:



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	13 abr		jue 14 abr		vie 15 abr		sáb 16 abr		dom 17 abr		lun 18 abr		mar 19 abr		mié 20 abr		jue 21 abr	
						6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12	18	0	6	12
42		<b>Tercer Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
43		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
44		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
45		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
46		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
47		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		
48		<b>Cuarto Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
49		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
50		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
51		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
52		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
53		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		
54		<b>Quinto Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
55		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
56		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
57		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
58		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
59		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		
60		<b>Sexto Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
61		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
62		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
63		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
64		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
65		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		
66		<b>Septimo Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
67		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
68		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
69		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
70		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
71		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		
72		<b>Octavo Movimiento</b>	2.55 horas	16/04/22	16/04/22																		
73		Colocación de V-Plate	0.13 horas	16/04/22	16/04/22																		
74		Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
75		Jabado de 700 m de faja	1.25 horas	16/04/22	16/04/22																		
76		Eliques de Gearless	0.5 horas	16/04/22	16/04/22																		
77		Corle	0.17 horas	16/04/22	16/04/22																		



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	13 abr	jue 14 abr	vie 15 abr	sáb 16 abr	dom 17 abr	lun 18 abr	mar 19 abr	mié 20 abr	jue 21 abr
						6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18	0 6 12 18
78	🔧	Preparación de Empalme de Cierre - Posicionado de Faja	7.5 horas	16/04/22	17/04/22									
79	🔧	Instalación de mortaza sobre polea de cola	1 hora	16/04/22	16/04/22									
80	🔧	Instalación de polin de tiro	1 hora	16/04/22	17/04/22									
81	🔧	Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/04/22	17/04/22									
82	🔧	Jalado de 50 m de faja nueva	1.5 horas	17/04/22	17/04/22									
83	🔧	Eloqueo de Gearless	0.5 horas	17/04/22	17/04/22									
84	🔧	Instalar V-Plate para unión de extremos	0.5 horas	17/04/22	17/04/22									
85	🔧	Desbloqueo de Gearless	0.5 horas	17/04/22	17/04/22									
86	🔧	Jalado de faja para unión de extremos (100m)	1.5 horas	17/04/22	17/04/22									
87	🔧	Eloqueo de Gearless	0.5 horas	17/04/22	17/04/22									
88	🔧	Empalme de Cierre	36 horas	17/04/22	18/04/22									
89	🔧	Empalme de cierre	36 horas	17/04/22	18/04/22									
90	🔧	Restablecimiento del Sistema	5 horas	18/04/22	18/04/22									
91	🔧	Reconfiguración de Gearless	3 horas	18/04/22	18/04/22									
92	🔧	Retiro de mesa de empalme de cierre	1 hora	18/04/22	18/04/22									
93	🔧	Retiro de belt clamps	1 hora	18/04/22	18/04/22									
94	🔧	Colocación de bastidores de polines	1 hora	18/04/22	18/04/22									
95	🔧	Colocación de coberturas	1 hora	18/04/22	18/04/22									
96	🔧	Colocación de pulcond	0.5 horas	18/04/22	18/04/22									
97	🔧	Desbloqueo de overland 4	0.5 horas	18/04/22	18/04/22									
98	🔧	Pruebas	1 hora	18/04/22	19/04/22									
99	🔧	Pruebas en vacío (con logica restaurada)	1 hora	18/04/22	19/04/22									

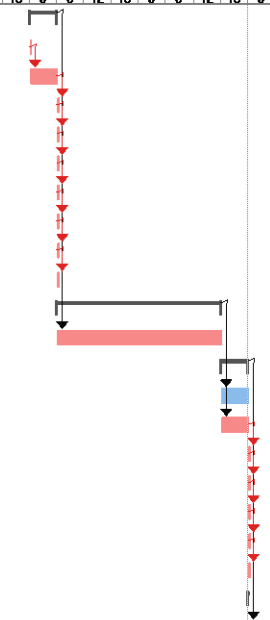


Figura 81. Cronograma propuesto del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II.

Fuente: elaboración propia



El cronograma anterior referido a la fase cambio de cinta transportadora, este cronograma fue elaborado mediante la nueva mejora implementada para esta fase, con estos datos importantes podemos resumirlo de la siguiente manera:

**Tabla 59.** *Resumen de tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método propuesto)*

Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	Horas (Hr)
Empalme de sacrificio	15/04/2022	16/04/2022	22
Retiro de Faja Existente - Ingreso de faja nueva	15/04/2022	16/04/2022	46.5
Empalme de Cierre	17/04/2022	18/04/2022	36
Pruebas	18/04/2022	19/04/2022	1
<b>Cambio de cinta transportadora CVB-004 - planificado mejorado</b>	<b>15/02/2019</b>	<b>20/02/2019</b>	<b>96</b>

El cuadro anterior nos indica que el proceso de cambio de cinta transportadora tiene una duración de 96 horas (4 días) comparado con el cronograma planificado (144 horas), podemos concluir que la mejora del proceso de cambio de cinta transportadora fue de 48 horas (2 días), podemos concluir que el tiempo mejoró 33.33%, esta mejora lo traduciremos en el aspecto económico en lo siguiente.

#### **Procedimiento de la ejecución del cambio de faja Overland 0220-CVB-004**

Para la viabilidad de nuestra propuesta de cambio de cinta transportadora es necesario primero establecer una ruta alterna de tránsito para las unidades, ya que nuestra propuesta ocupará parte de la vía utilizada actualmente

#### **Plan de desvío vehicular**

- En la “Fase 1” de facilidades temporales para el cambio de faja, se instalarán todas fundaciones, estructuras y equipos necesarios que indiquen los bloqueos y desvíos de rutas.
- En la “**Fase 2 & Fase 3**”, se activarán los bloqueos y desvíos, permitiendo la correcta ejecución y/o instalación de los equipos en zona de maniobras. (Plataforma demaniobras / Torre N° 2)



Figura 82. Layout rutas de desvío vehicular para los cierres de vía requeridos para la ejecución de los trabajos de cambio de faja

## **Construcción facilidades temporales**

La “**Fase 1**” de facilidades temporales (Previos a la parada) para el cambio de faja se instalaron todas las fundaciones, estructuras y equipos necesarios para la ejecución de los empalmes y el armado de Libros N° 1 / N° 2. (Plataforma Inferior)

La “**Fase 2**” de facilidades (Previos a parada) comprende todas las fundaciones estructuras y equipos necesarios para:

### **Jalado de extremos de punta de Libro.**

En la plataforma superior previamente preparada estructuralmente, con equipos para la ejecución del empalme de sacrificio. Así como también las cimentaciones y/o estructuras para el ingreso de faja nueva (5600 m) y retiro de faja existente (5600 m).

La “**Fase 3**” facilidades (Durante parada), comprende realizar el corte de faja, entre polea tensora y polea motriz.

“**Empalme de Sacrificio A**” Empalme con faja nueva, para el ingreso de faja nueva

“**Empalme de Temporal B**” Empalme con faja temporal (40 m), para retiro de faja existente.

“**Empalme de Sacrificio A**”: deberá de ser vulcanizado en caliente, este empalme permitirá la unión entre la faja nueva y usada para el inicio del jalado de la faja hacia el overland conveyer 0220-CVB-0004.

“**Empalme Temporal B**”: deberá de ser con grapas Crosby, se debe de diseñar para una resistencia mínima de 15 tn; (Esto garantiza el correcto jalado de la faja existente)

Distribución de equipos para las Fases N° 2 y N° 3, se muestra en la figura 83.

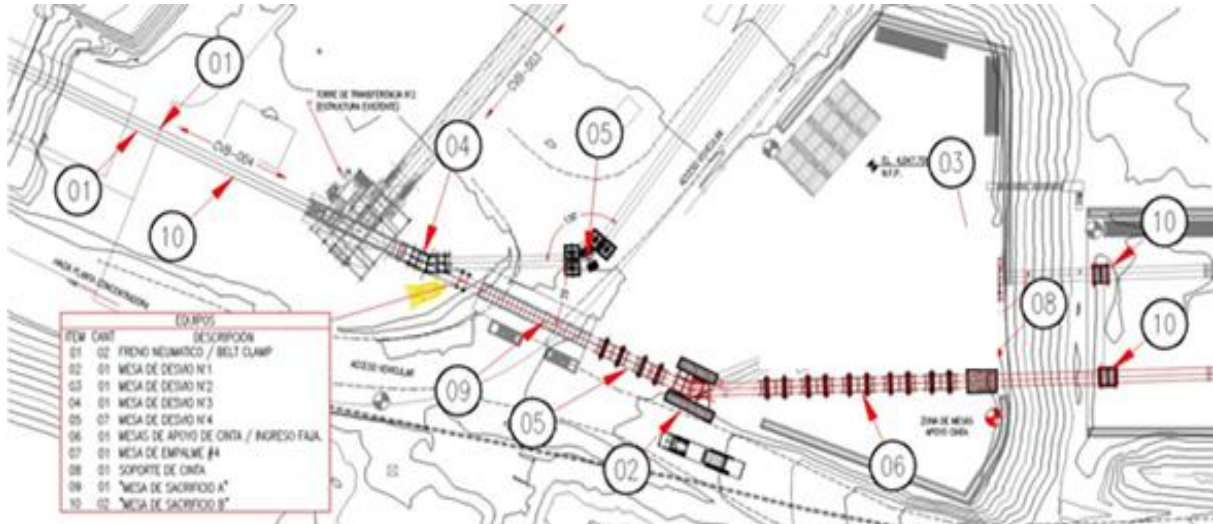


Figura 83. Layout facilidades para el cambio de faja

## Fase N° 2 / actividades en pre-parada

### Acondicionamiento empalme sacrifico-A

- Armado estructural de la mesa para “**Empalme de sacrificio A**” en la posición indicada en el Layout LP12815C-0420-0410-DWG-00501, será realizada antes de la parada. Se considerará, conexión y posicionamiento de las correspondientes jaulas de Faraday, el aterramiento de las jaulas de Faraday, las coberturas de impermeabilización, calefactores, tanques de agua, Espacios para equipos de maniobras (Descarga de prensa Vulcanizadora).
- Jalado de extremo de libro para “**Empalme de sacrificio A**”; Para llevar el extremo del rollo hacia la mesa de empalme de sacrificio cerca a la polea cola de la faja 0220-CVB-0004 desde la Plataforma Inferior, se utilizará un bulldozer D10, dejando el extremo sujetado y preparado para hacer el empalme. (Ver Maniobra N° 1)



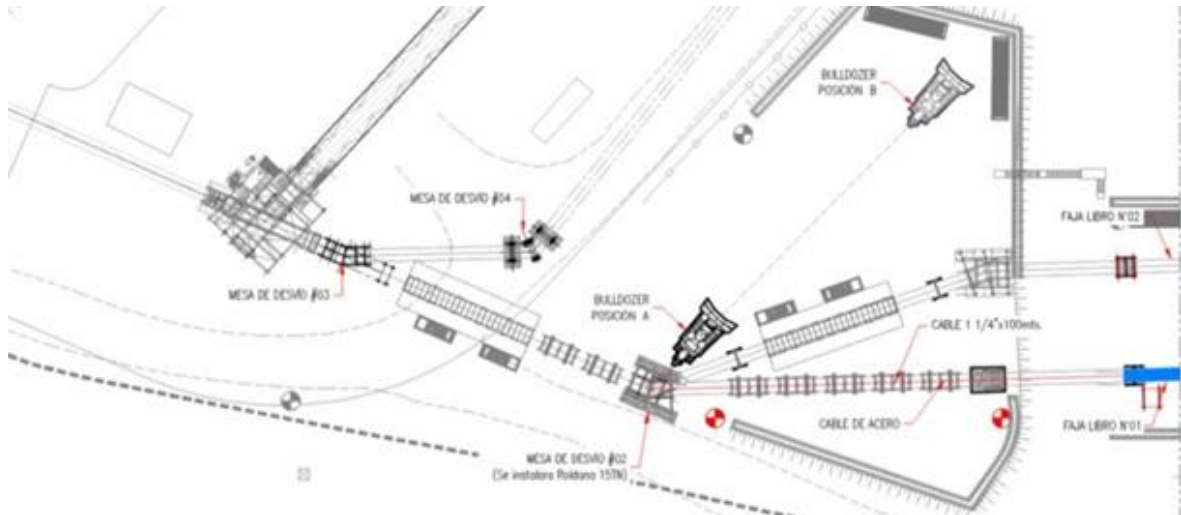


Figura 84. Jalado de Extremo Libro N° 1 / Plataforma Inferior hacia "Empalme de Sacrificio A"

Tabla 60. Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme de sacrificio-A (maniobra 1)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
1	Jalado de faja nueva; punta final del libro n°1 a mesa de empalme n°3.	Bulldozer D10	1	Mordaza 15t	3
				Estrobos metálicos 3 m / $\varnothing$ 1"	4
				Estrobos metálicos 3 m / $\varnothing$ 1.1/4"	2
				Grillete $\varnothing$ 1.1/4"	8
				Cable $\varnothing$ 1.1/4" 100 m	1
				Roldana $\varnothing$ 1 1/4" / 15t	1
				Candado Crosby $\varnothing$ 1.1/4" x $\varnothing$ 3/4"	8
				Roldana 15t.	1
				Tecles 5t.	4
				Grillete de $\varnothing$ 2"	1
				Grillete G-2130 $\varnothing$ 1 1/2"	1
				Guarda cable G-414 (cable $\varnothing$ 1 1/4")	2
				Cadena de aleación Grado 100 $\varnothing$ 3/4" x 6 m 16t	1
				Gancho de Quijada S-317 $\varnothing$ 3/4" 16t	2
Bi-Plate 15t 0.7mx0.5mx3/4"	2				

				Pernos A-325 5/8"x4" + arandela y tuercas	16
--	--	--	--	---	----

Fuente: elaboración propia

### Acondicionamiento empalme temporal B

- Se utilizará una faja externa de 100 metros y se instalará en las mesas desviadoras #3 y #4. Se utilizan Bulldozer, pastecas de 15t. Se pelará y prepara el extremo de faja que va en la mesa desviadora #3 cerca a la polea de cola (Ver Maniobra N° 2 Y N° 3).
- Amordazar las fajas de libro en plataforma superior, evitando sudeslizamiento a plataforma inferior (Plataforma de Libros).
- Armado parcial de la “**Mesa, empalme de cierre**”, será armada parcialmente antes de la parada, ya que se encuentra sobre la estructura de la faja funcionando, considerando la instalación de la estructura de la mesa, las prensas, conexionado eléctrico, posicionamiento de las correspondientes jaulas de Faraday, el aterramiento de las jaulas de Faraday, las coberturas de impermeabilización, calefactores, etc.

**Tabla 61.** Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme temporal B (maniobra 2)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
2	Colocación de la faja nueva; Libro N° 1 en Mesa Empalme N° 3	Bulldozer D10 Camión Grúa Montacarga	1	Yugo-giro ø5"	1
			1	Cable ø 1.1/4" 60 m	1
			1	Candado crosby ø 1.1/4" x ø3/4"	10
				Estrobos ø1"x3m.	0
				Estrobos ø1.1/4" x 3 m.	2
				Grilletes ø1.1/4"	4
				Mordaza 5t (retención)	1
				Tecles 5t	4
				Tecles 15t	0
				Mordaza (perro)	0
				Eslinga 5t	2
				Roldana ø 1.1/4". / 15t	1
				Grillete G-2130 ø 2"	1
				Grillete G-2130 ø 1 1/2"	1
	Guarda cable G-414 (CABLE Ø1 1/4")	2			

				Cadena de aleación Grado 100 Ø3/4" x 6 m 16t	1
				Gancho de quijada S- 1317 Ø3/4" 16t	2
				Bi-PLATE 15t 0.7mx0.5mx3/4"	2
				Pernos A-325 5/8"x4" + arandela y tuercas	16

Fuente: elaboración propia

**Tabla 62.** Lista de Herramientas para el acondicionamiento del empalme temporal B (maniobra 3)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
3	Jalado de Faja externa en Mesa de desvío N° 3 y N° 4	Bulldozer D10 Camión Grúa Montacarga	1	Cable Ø 1 1/4" 40 m	1
			1	Grillete G-2130 Ø 2"	1
			1	Grillete G-2130 Ø 1 1/2"	1
				Guarda cable G-414 (Cable Ø1")	2
				Roldana Ø 1.1/4". / 15t	1
				Cadena de aleación Grado 100 Ø3/4" x 6 m 16t	1
				Gancho de quijada S- 1317 Ø3/4" 16t	2
				Bi-PLATE 15t 0.7mx0.5mx3/4"	2
				Pernos A-325 5/8"x4" + arandela y tuercas	16
				Tecla 5t	2
				Eslinga 5t	2

Fuente: elaboración propia

- Ubicación de Belt Clamps Mecánicos en posición indicada.
- Ubicación de Belt Clamps Neumáticos en posición indicada.
- Inspección de Prensas (Considerar disponibilidad de spares cajas de control, etc.)
- Inspección de Herramientas
- Traslado de Equipos para retiro de faja
- Ubicación de pórticos y accesorios (Empalme final / Bastidores de Retorno #25 a #30)
- Deshabilitar Pullcord (Zona de empalme Cierre de cinta / Bastidor Retorno #25 a

#30)

- Desmontaje de instrumentación (Zona de empalme Final de cinta / Bastidor Retorno #25 a #30)

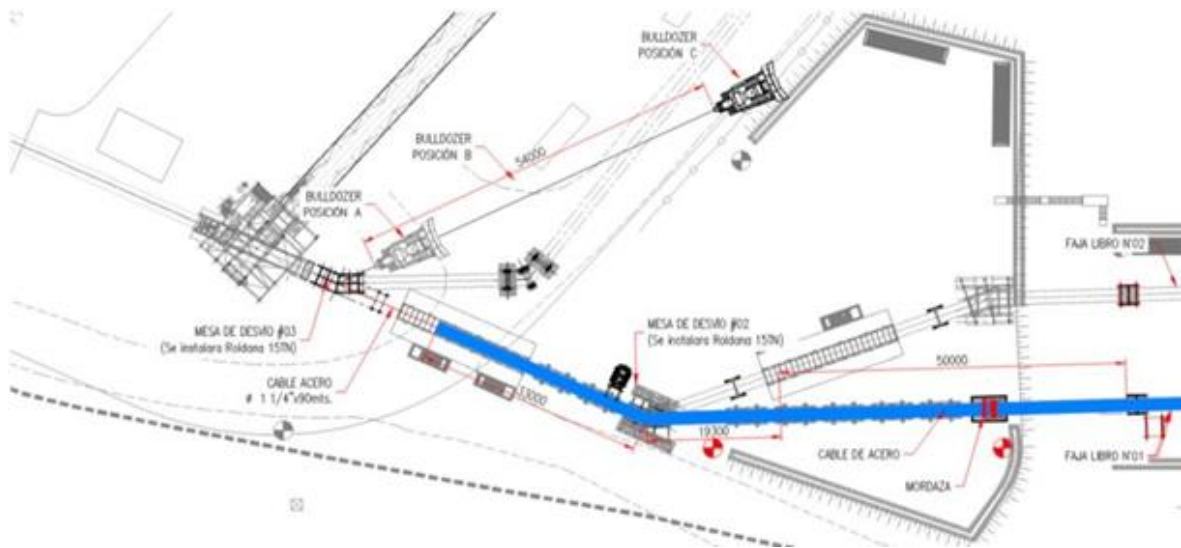


Figura 85. Jalado del Último Extremo Libro / Plataforma Inferior hacia “Empalme de Sacrificio A”

### Selección de equipos para jalado de faja.

Se evaluó el uso de los siguientes equipos:

Tabla 63. Lista de Equipos y Herramientas para el jalado de faja

Categoría	Descripción	Cantidad
Equipos	Bulldozer D10	2
	Cortadora de Faja	2
	Montacargas 15t	2
	Grúa 220t	2
	Camión Grúa Hiab 22t	1



Herramientas	Cable de Acero 1.1/2"	300 m
	Estrobos 1.1/2"x2m (con guarda cables)	12
	Grilletes 1.1/4"	12
	Grilletes 1.1/2"	12
	Mordaza de Retención con Espárragos	4
	Roldana 20t	4
	Grapa Crosby 1.1/2"	50
	Tecles de 5t	8
	Tirfor de 5t	2
	Protector de Cable	20
	Eslingas 4x4x3 capas	8
	Winche	1
	Bi-plate	2
	Yugo	5
	Polín de tiro	2
	Máquina de Soldar	3
Oxicorte	2	

Fuente: elaboración propia

### **Evaluación de filosofía de control para uso de drivers**

Para el jalado de la correa nueva se requiere hacer uso del motor de la Polea #5, Según cálculo realizado y recomendado por CDI, Uso de 1 motores Gearless de la correa con el objetivo de reducir las tensiones durante el reemplazo de la cinta, mediante:

**“Empalme de Sacrificio A”**, Ingreso de faja nueva por el lado de carga.

**“Empalme de Temporal B”**, Jalado de faja existente.

Se tensará la faja en las poleas tensoras, polea #9 y polea #8, con ayuda de un Bulldozer D10, en faja de retorno, garantizando tensión en el conveyor 0220-CVB-0004, para la correcta operación de las poleas #4 y #5 (Motor), evitando que deslice.

De acuerdo con el cálculo realizado se requieren 120 kN (12.2t) aproximadamente, el cual será controlado mediante la instalación de un dinamómetro y un aparato para medición de longitud para la faja; el procedimiento de jalado será secuencial y se calculará la tensión de acuerdo con la longitud de faja extraída, este valor máximo será el límite a desarrollar por el equipo, se dispondrá de personal que se desplazará a lo largo de la faja, con comunicación radial continua.

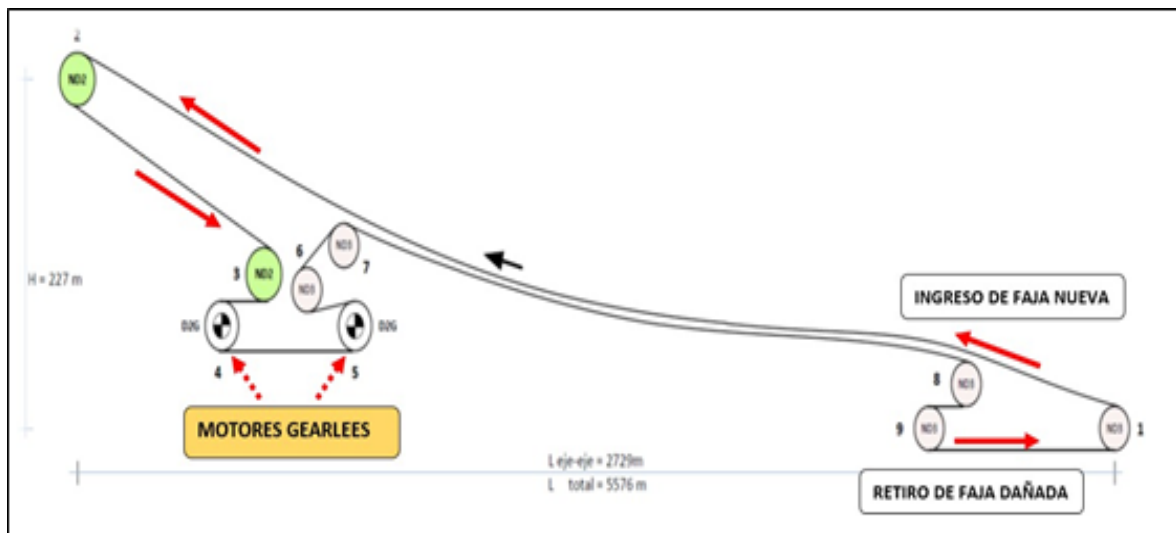


Figura 86. Perfil de Faja 0220-CVB-0004

### Fase N° 3 / actividades de parada

#### Posicionamiento de faja overland 0220-CVB-0004

Previo al corte se deberá posicionar el Empalme E-1A (Existente) de la faja Overland 0220-CVB-0004 entre la polea Tensora N#9 y Polea de Cola N#1 Debido a que este tramo es de las mismas características de la correa nueva

#### Destensado de winche

Destensado del winche del Take-up; para liberar la tensión en la polea de cola del conveyor se procederá a liberar la tensión del winche del take-up.

#### Aislamiento y bloqueo

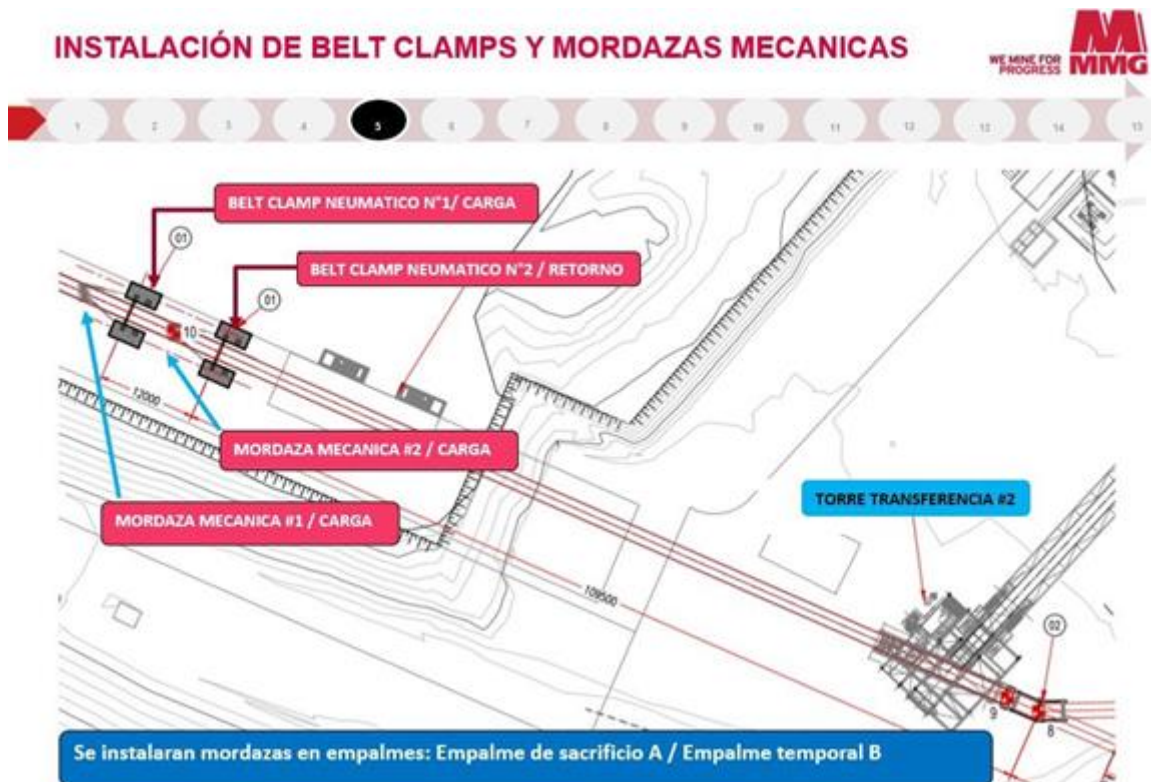
Aislamiento y bloqueo de la faja overland 0220-CVB-0004. (bloqueo parcial, uso de motores Gearless)

#### Aseguramiento de faja – mordazas

Una vez posicionado el empalme E-1A y destensado el winche se instalarán mordazas mecánicas, y Belt Clamps, sujetando la faja en carga y en retorno evitando su deslizamiento, Permitiendo la correcta instalación de los “Empalmes de Sacrificios A” y “empalme temporal B”. (Cerca al muro concreto / Bastidores de retorno #20 @ #25).

(Ver Maniobra N° 4)

- Instalación de mordazas neumáticas #1 y #2 (Belt Clamps).
- Instalación de mordazas mecánicas #1, #2, #3, #4.



*Figura 87.* Instalación de belt Clamps y mordazas mecánicas.

Una vez realizado; aislamiento y bloqueo, aseguramiento de faja, se procede al retiro de guardas en polea de cola, levantar los sellos de las guarderas, retiro de barreras en polea tensora (Lado Izquierdo), retiro de barandas lado izquierdo de la torre de transferencia, retiro de cobertores y guardas en zona de empalme fina.



Figura 88. Imagen de retiro de guardas

### Posicionamiento de winche

Mover la polea tensora #9 hacia la polea #8, esta se debe fijar en la posición cercana a la polea #8, para el montaje de la faja nueva, considerando el largo final para el empalme de cierre de la faja.

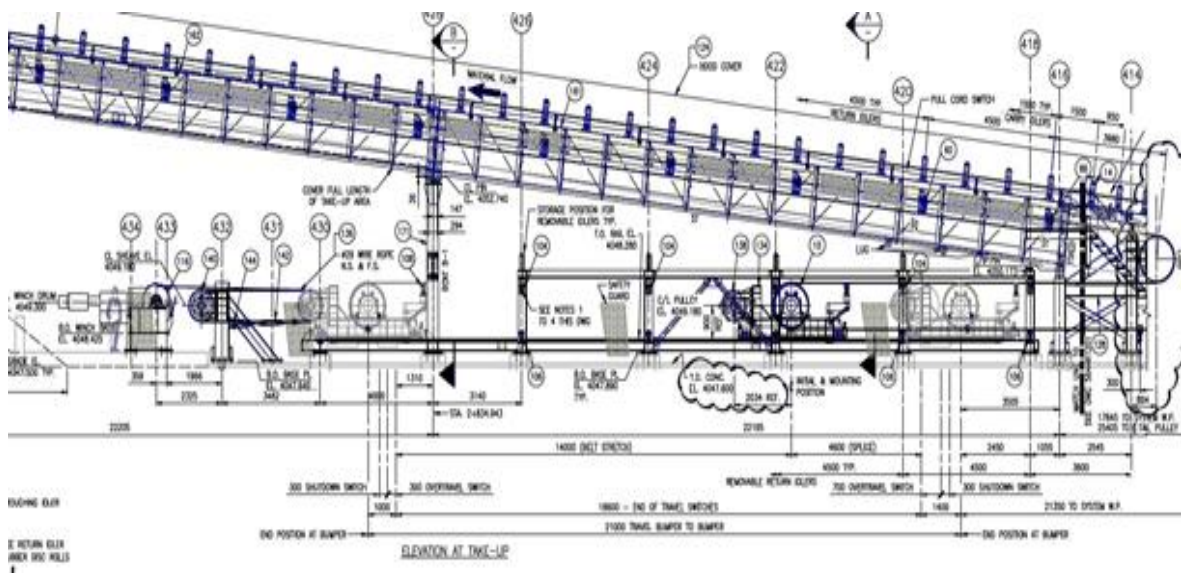


Figura 89. Vista de elevación sistema Take-up

## Corte de faja

El corte transversal de la faja existente en el conveyor 0220-CVB-0004 se realizará entre las poleas #1 y #9, considerando la longitud necesaria para que el extremo-A llegue a la mesa de sacrificio - A; aproximadamente 15 m desde la polea de cola hasta la estación de empalme de sacrificio "A". Una vez realizado el corte se separan las puntas a sus zonas de empalme "Empalme de Sacrificio A" y "Empalme de Temporal B".

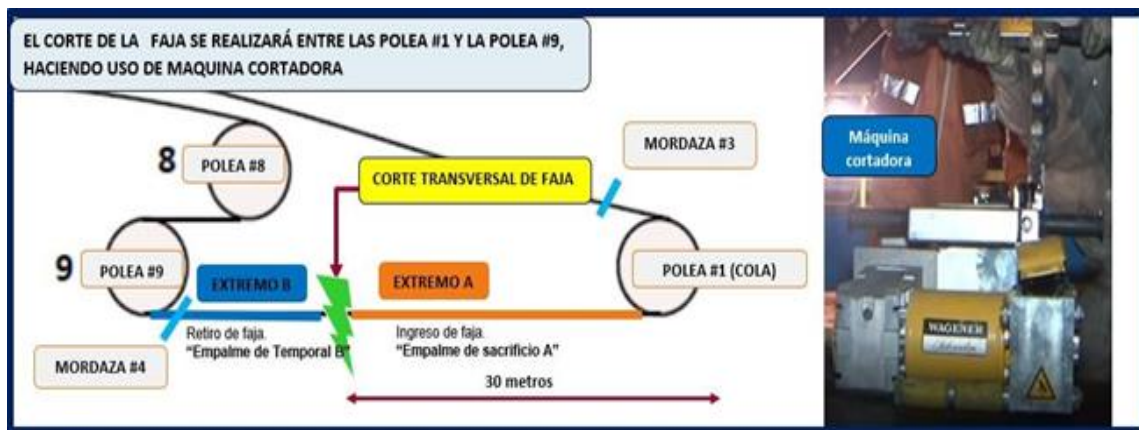


Figura 90. Corte de Faja 0220-CVB-0004

Tabla 64. Lista de Equipos y Herramientas para el corte de faja (maniobra 4)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
4	Jalado de Faja externa en Mesa de desvío N° 3 y N° 4	Cortadora de faja Luminarias	1	Mordaza 10t (retención)	8
				Tecles 10t	4
				Tecles 5t	4
				Grillete ø 1"	8
				Luminarias	8

Fuente: elaboración propia

## Posicionamiento empalme de sacrificio - A

Este posicionamiento, consiste en dos maniobras

Maniobra N° 5: retirar el extremo – "A" de la faja cortada hacia polea de cola, generando una bolsa en la polea de cola luego instalando un yugo girador en el interior de la bolsa y con la ayuda de una Grúa 220t, izaremos el yugo jalando el extremo – "A" hacia afuera de la polea de cola.



Maniobra N° 6: con el extremo – A de la faja afuera de la polea de cola se instala maniobras de jalado y con ayuda de un Bulldozer D10 y una roldana de 15t. (Roldana; Instalada en la mesa de sacrificio #2) se jalará el extremo – A hacia mesa de Sacrificio A. Para luego realizarel empalme de sacrificio A.

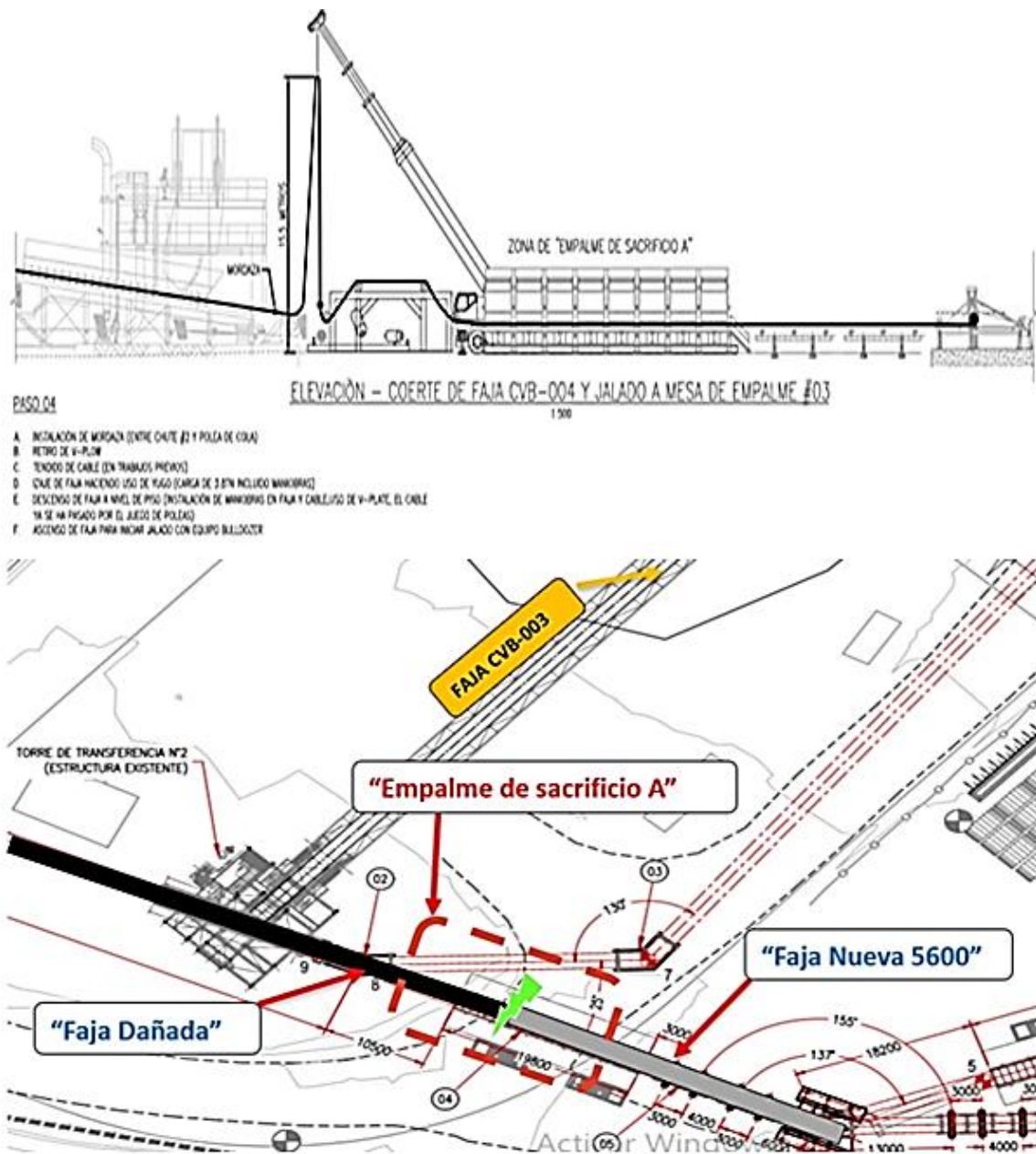


Figura 91. Vista de Planta y Elevación / ubicación “Empalme de sacrificio A”.

Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00504

**Tabla 65.** Lista de Equipos para el posicionamiento del empalme de sacrificio-A de faja (maniobra 5 y 6)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
5	Formación de bolsa para el retiro de la faja existente en Faja CV-0004 (Empalme de Sacrificio A).	GRUA 220t	1	Yugo 5t	1
				Eslinga 4.5t	0
				Estrobo Ø 1"	3
				Grillete Ø 1"	2
				Pernos A-325 5/8"x4" + arandela y tuercas	16
				Bi-Plate 15t 0.7mx0.5mx3/4"	1
Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
6	Jalado de faja existente de retorno hacia mesa de empalme N°3 (Empalme de Sacrificio A)	GRUA 220t Bulldozer D10	1	Cable Ø 1.1/4" 60m	1
				Candado Crosby ø 1.1/4" x ø3/4"	4
				Estrobo Ø 1 .1/4"	3
				Roldana Ø 1.1/4" / 15t	1
				Tecles 5t	2
				Mordaza 5t (retención)	1
				Candado Crosby ø 1 1/4 x ø 3/4"	10
				Grillete G-2130 Ø 2"	1
				Grillete G-2130 Ø 1 1/2"	1
				Guarda cable G-414 (Cable Ø1 1/4")	2
				Cadena de aleación Grado 100 Ø3/4" x 6 m 16t	1
				Gancho de Quijada S-1317 Ø3/4" 16t	2

Fuente: elaboración propia

## Posicionamiento empalme temporal - B

“Empalme Temporal B” / Jalado de faja existente. Este empalme será un empalme temporal con Crosbys, entre cables de fajas. Se debe de calcular y garantizar una tensión del empalme superior a las 15t.

Para el “Empalme Temporal B” ingresa por debajo de la polea de cola hacia la polea tensora #9 con ayuda de un Bulldozer D10 y una Roldana de 15t, instalada en la estructura de la zona de tensión. (Ver maniobra N°7)

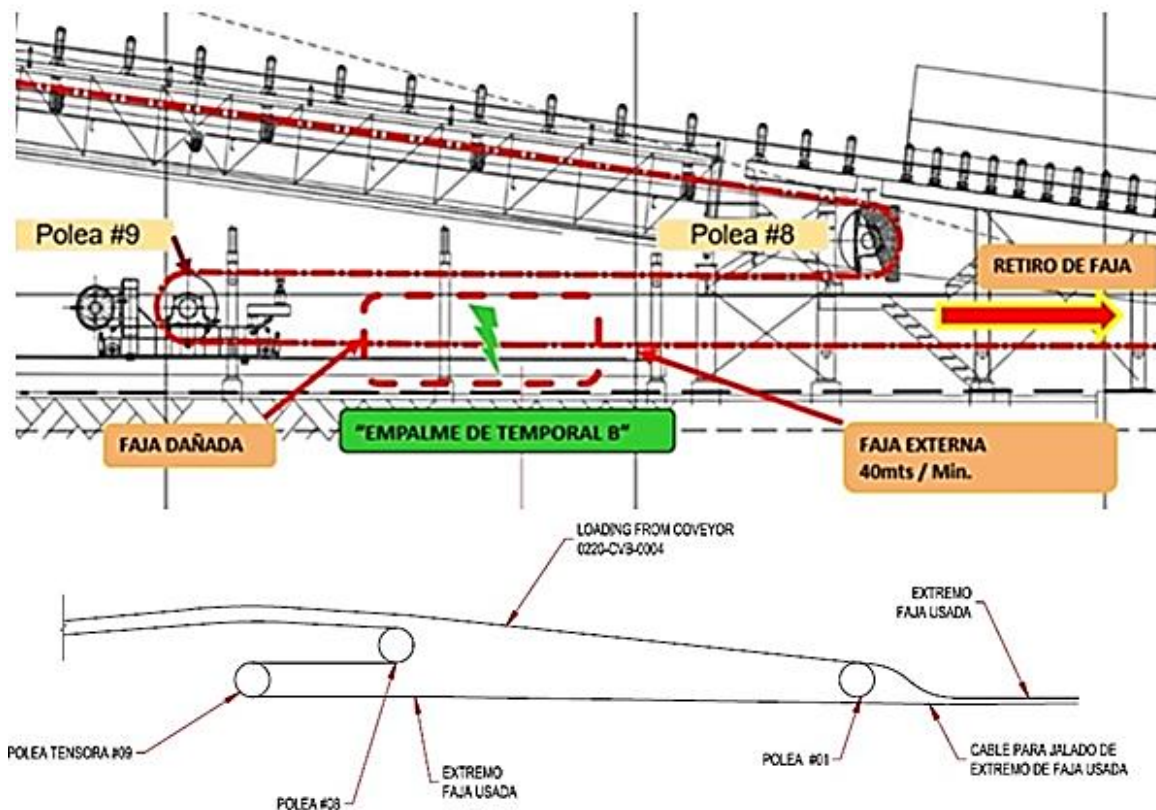


Figura 92. Vista de elevación / ubicación “Empalme de sacrificio B”.

Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00505

**Tabla 66.** Lista de Equipos y Herramientas para el posicionamiento empalme temporal B (maniobra 7)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
7	Jalado de faja externa (Empalme)	Bulldozer D10	1	Cable $\varnothing$ 1 1/4" 40 m	1
				Candado Crosby $\varnothing$ 1.1/4" x $\varnothing$ 3/4"	10

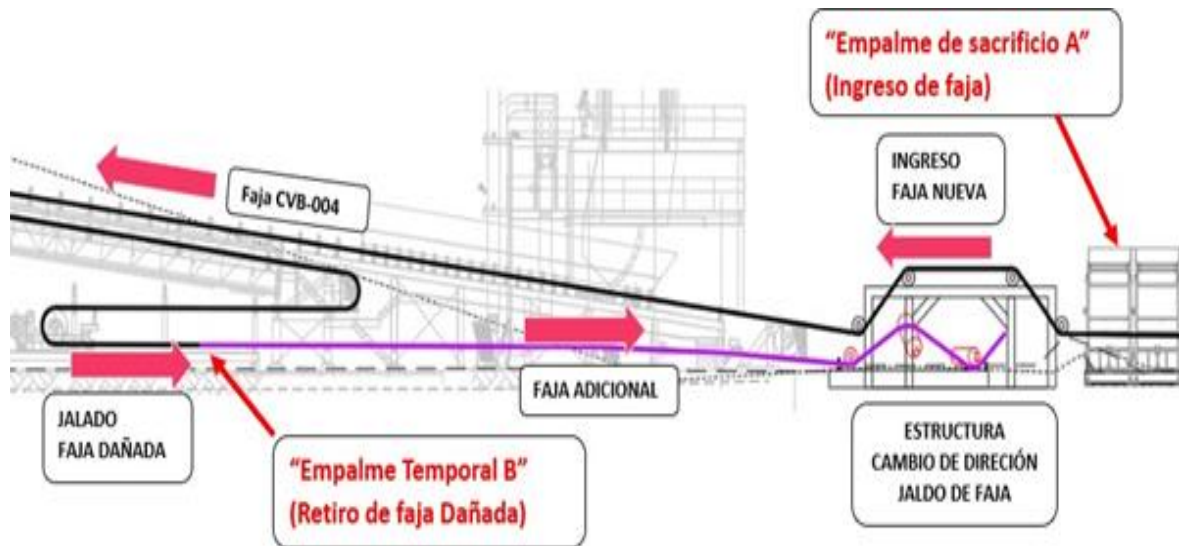


Temporal B)	Grillete G-2130 ø 2"	1
	Grillete G-2130 ø 1 1/2"	1
	Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	2
	Roldana ø 1.1/4". / 15t	1
	Cadena de aleación grado 100 ø3/4" x 6 m 16t	1
	Gancho de quijada S-1317 ø3/4" 16t	2
	Bi-Plate 15t 0.7mx0.5mx3/4"	2
	Pernos A-325 5/8"x4" + arandela y tuercas	16

Fuente: elaboración propia

#### **Jalado de faja Overland 0220-CVB-004**

Para realizar el pasado de la faja es necesario operar un motor Gearless de la faja en condiciones especiales de operación, para lo cual es indispensable la modificación de la filosofía de operación de la faja, con la finalidad de que la faja opere de forma continua y pueda esta ser retirada por un equipo móvil por el lado de la cola de la faja. El estudio y la modificación de la filosofía de control, debe ser realizada por personal de mantenimiento eléctrico y de Instrumentación en conjunto con personal de control de procesos. Los detalles de las modificaciones requeridas se realizarán en reuniones de coordinaciones entre PD, control de procesos y electricidad de planta.



Los "Empalme de Sacrificio A" & "Empalme Temporal B".  
Serán realizados en paralelo.

Figura 93. Vista de elevación maniobra de Ingreso faja nueva & Retiro de faja existente

Una vez completado los "Empalmes de sacrificio A" y "Empalme Temporal B" se procederá con el jalado de la faja nueva de los Libros N° 1 y N° 2 (5600 m), al Conveyor 0220-CVB-0004, para este jalado se usarán los dos Motores Gearless y desde la polea de cola con un bulldozer D10 que genera una tensión mayor a los 12.2t. La secuencia de jalado es la siguiente:

**Primer movimiento:** se divide en dos maniobras de jalado:

- primera (maniobra #8) consiste en retirar el "Empalme de Temporal B" de la posición de corte (Take Up) por la polea de cola, usando 70 m de Faja Externa, que será previamente instalada en la Mesa Desviadora #3 y Mesa desviadora #4, que guiará a la Faja Externa en paralelo al conveyor 0220-CVB-0003.
- (Se usarán un mínimo de 48 Candados Crosbys de Ø1/2xØ1/2 / 4 Crosbys por par de cables Total 12 Pares de cables. / 15t)

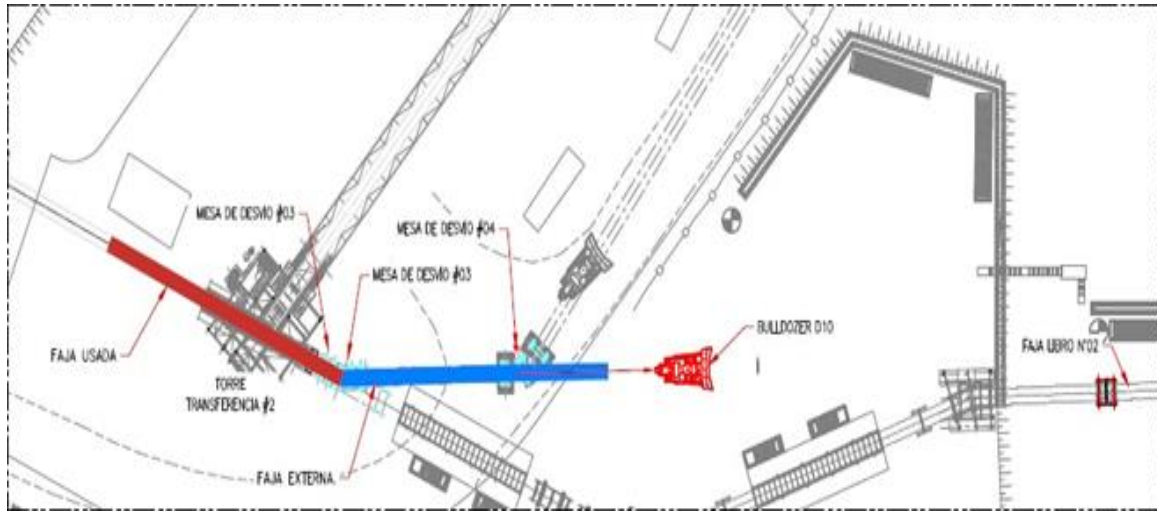


Figura 94. Maniobra primer jalado de faja.

Ver Plano: P12815BC-0220-0420-DWG-00505

La faja pasará por la mesa desviadora #3, cambiando la dirección de la faja paralela a la faja0220-CVB-0003.

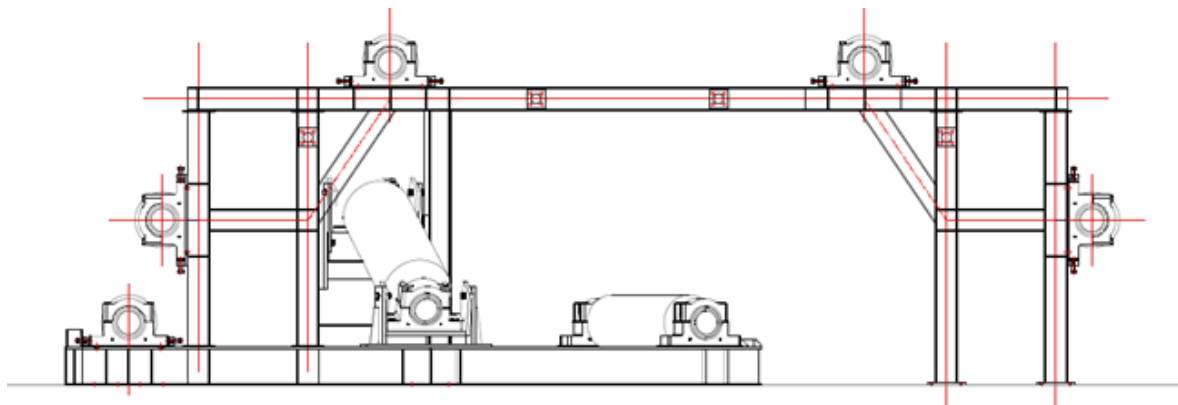


Figura 95. Detalle de mesa desviadora #3

Ver Plano: LP12815B-0220-0411-DWG-00122

**Tabla 67.** Lista de Equipos y Herramientas para primer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8 -1)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m	Bulldozer D10	2	Cable Ø1	4
		Montacarga 15t	3	1/2"x15 m (Amordazar Faja)	
				Estrobo de 2"x3 m	
				Grilletes de 3	4

				1/2"	
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby Ø 1 1/2" x Ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G- 414 (Cable Ø1 1/4")	8

Fuente: elaboración propia

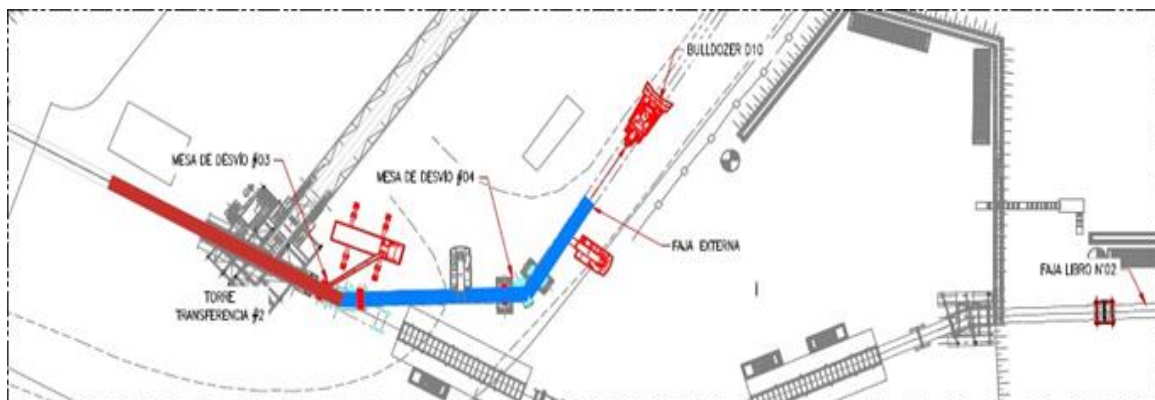


Figura 96. Maniobra segunda jalado de faja.

Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-0505.

- La segunda (maniobra #8) consiste en jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para los motores gearless procediendo al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4. (Ver Maniobra N° 8)

**Tabla 68.** Lista de Equipos y Herramientas para primer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8-2)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2 3	Cable Ø1 1/2"x15 m (Amordazar Faja)	4
				Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby Ø 1 1/2" x Ø 1 1/2"	40

				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
--	--	--	--	---------------------------------------	---

Fuente: elaboración propia

### Segundo movimiento

- El segundo movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor Gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4.

**Tabla 69.** Lista de Equipos y Herramientas para segundo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8

Fuente: elaboración propia

### Tercer movimiento

- El tercer movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor Gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4.

**Tabla 70.** Lista de Equipos y Herramientas para tercer movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
				Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4

Fuente: elaboración propia

#### Cuarto movimiento

- El cuarto movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4. (Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00504).

**Tabla 71.** Lista de Equipos y Herramientas para cuarto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
				Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4

Fuente: elaboración propia

### Quinto movimiento

- El quinto movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4. (Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00505).

**Tabla 72.** Lista de Equipos y Herramientas para quinto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
				Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4

Fuente: elaboración propia

### Sexto movimiento

- El sexto movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4. (Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00504).

**Tabla 73.** Lista de Equipos y Herramientas para sexto movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
				Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4

Fuente: elaboración propia

### Séptimo movimiento

- El séptimo movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4. (Ver Plano: LP12815C-0220-0420-DWG-00505).

**Tabla 74.** Lista de Equipos y Herramientas para séptimo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby ø 1 1/2" x ø 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable ø1 1/4")	8
				Cable ø1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4



				m (amordazar faja)	
--	--	--	--	--------------------	--

Fuente: elaboración propia

### Octavo movimiento

- El octavo movimiento inicia con el estrobado del extremo cortado de la faja existente en la mesa desviadora #4, procediendo nuevamente a jalar el extremo de la faja por la vía paralela a la faja 0220-CVB-0003 recorriendo una distancia de 700 m. Una vez completados los 700 m se detiene el jalado, se para motor gearless procediendo nuevamente al corte de la faja a la altura de la mesa desviadora #4.

**Tabla 75.** Lista de Equipos y Herramientas para octavo movimiento – maniobras de jalado (maniobra 8)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
8	Jalado de faja existente CVB-0004, longitud de 700 m.	Bulldozer D10 Montacarga 15t	2	Cable $\varnothing$ 1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4
			3	Estrobos de 2"x3 m	6
				Grilletes de 3 1/2".	4
				Grilletes de 2".	8
				Yugo de 80t	1
				Candado Crosby $\varnothing$ 1 1/2" x $\varnothing$ 1 1/2"	40
				Guarda cable G-414 (cable $\varnothing$ 1 1/4")	8
				Cable $\varnothing$ 1 1/2"x15 m (amordazar faja)	4

Fuente: elaboración propia

**Noveno movimiento:** se divide en tres maniobras de jalado:

La primera maniobra del noveno movimiento; inicia con el corte y estrobado del extremo "**Empalme de Sacrificio A**", que debe de salir unos 90 m de la polea de cola (validado por empresa certificadora de empalme), procediendo a posicionar nuevamente en alineación con la faja 0220-CVB-0004, para su ingreso.

La segunda maniobra del noveno movimiento consiste en jalado y alineamiento de faja nueva, cortado "Empalme de Sacrificio A" será anclado a en la polea de cola y se procederá a jalar el resto de faja nueva con un polín jalador y haciendo uso de

roldanas y cables, Tractor D10.

La tercera maniobra del noveno movimiento, será llevar la punta de la faja "Empalme de Sacrificio A" hacia la zona de empalme final ubicado entre los bastidores de retorno #25 y #30 de la faja 0220-CVB-0004. Se hará uso de una pasteca ce 15t, un tractor de D10 y maniobras de izaje.

**Tabla 76.** Lista de Equipos y Herramientas para noveno movimiento – maniobras de jalado (maniobra 9 y 10)

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
9	Corte de empalme de sacrificio y liberación de la faja nueva	Grúa 220t. Cortadora de Faja Bulldozer D10	1 1 1	Mordaza - tipo vulco	2
				Roldana $\varnothing$ 1 1/4" 15t	1
				Estrobo $\varnothing$ 1 1/4"x3 m	1
				Cable 60 m $\varnothing$ 1"	1
				Tecles 10t	2
				Grillete $\varnothing$ 1 1/4"	4
				Mordaza (perro)	1
				Polín de tiro (existente)	1
Yugo-giro $\varnothing$ 5"	1				
Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
10	Retiro de la estructura de la mesa desviadora 03 & Formado de blonda	Grúa 220t. Camión Grúa 20t. Bulldozer D10	1 1 1	Eslinga 10t	4
				Grillete $\varnothing$ 1.1/4"	14
				Estrobo $\varnothing$ 1.1/4"	6
				Tecles 5t	2
				Candado Crosby $\varnothing$ 1"x3/4"	6
				Polín de tiro (existente)	1
				Cable $\varnothing$ 2" 60 m	1
				Candado Crosby $\varnothing$ 2"	12
				Grillete G-2130 $\varnothing$ 3"	1
				Guarda cable G-414 (cable $\varnothing$ 2")	2
				Roldana $\varnothing$ 2". / 30t	1
				Cadena de aleación grado 100 $\varnothing$ 1" x 6 m 26t	1
gancho de quijada s-1317 $\varnothing$ 1" 27t	2				

Fuente: elaboración propia

### Empalme de cierre

El empalme de cierre se realizará entre los bastidores de retorno #18 y #25 de la faja 0220- CVB-0004. El acondicionamiento de la zona de empalme será realizado días previos a la parada, instalación de cimentaciones y/o estructuras para retenidas. La ubicación de; jaulas Faraday, Maniobras de jalado, serán instalados en inicios de parada (En paralelo con los “**Empalmes de sacrificio A y B**”)

La medida final de faja para el empalme de cierre, de acuerdo con lo indicado por CBTECH es de 5575.8 m.

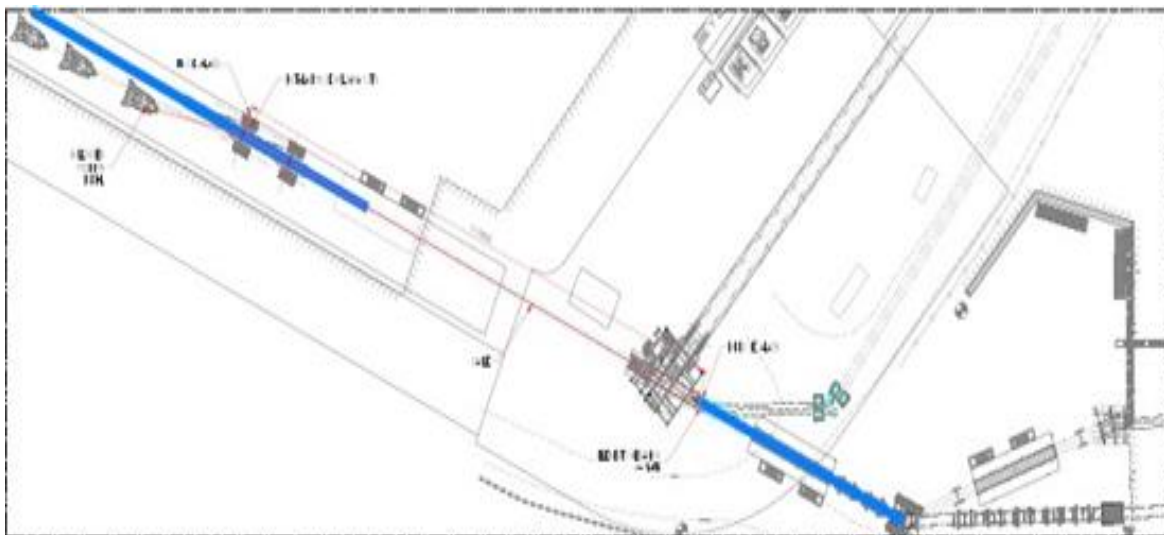


Figura 97. Vista de planta / Esquema Maniobras / Empalme de Cierre

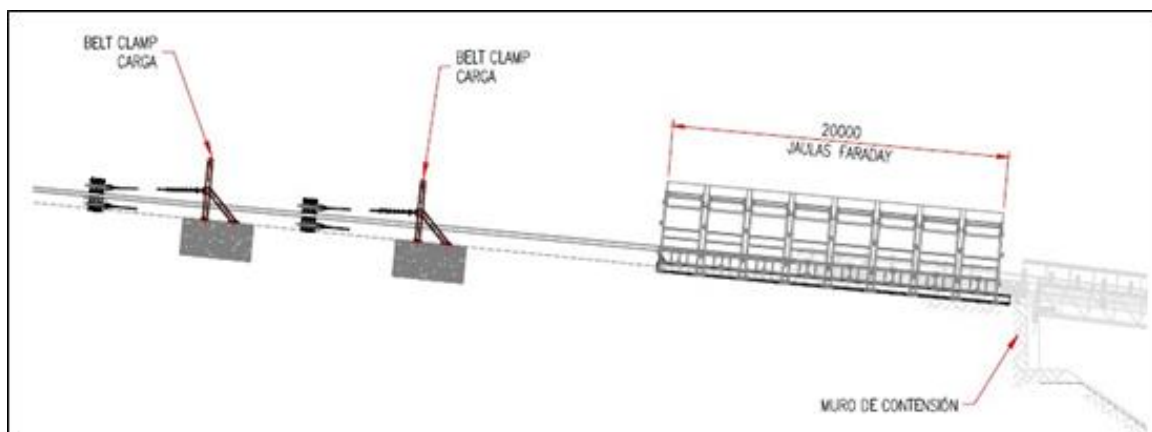


Figura 98. Vista de Sección / Esquema de Ubicación / Empalme de Cierre

**Tabla 77. Lista de Equipos y Herramientas para empalme de cierre (maniobra 11)**

Maniobra	Descripción	Equipos	Cant.	Herramientas	Cant.
11	Colocación de la faja nueva a la mesa de empalme final	Bulldozer D10	1	Candado Crosby $\varnothing 1/2" \times \varnothing 1/2"$	30
				Bi-plate 15t 0.7m x 0.5m x 3/4"	2
				Tecles 10t	2
				Grillete $\varnothing 1"$	6
				Estrobo $\varnothing 1"$	6
				Cable 120 m $\varnothing 1 1/4"$	1
				Skid- base roldana	1
				Roldana $\varnothing 1 1/4" / 15t$	2
				Candado Crosby $\varnothing 1 1/4" \times \varnothing 3/4"$	10
				Grillete G-2130 $\varnothing 2"$	2
				Grillete G-2130 $\varnothing 1 1/2"$	2
				Guarda cable G-414 (cable $\varnothing 1 1/4"$ )	2
				Cadena de aleación grado 100 $\varnothing 3/4" \times 6$ m 16t	2
Gancho de quijada s-1317 $\varnothing 3/4" 16t$	4				

Fuente: elaboración propia

### Reposición del sistema

- Retiro de jaulas Faraday.
- Retiro de belt clamping mecánicos.
- Retiro de belt clamping neumáticos.
- Reposición bastidores estación empalme cierre
- Reposición pullcord switch estación empalme cierre
- Reposición coberturas.
- Desbloqueo faja.

- Tensado de faja.

### **3.5.5. Evaluación de resultados obtenidos**

#### **Paso 5:**

**Evaluar:** Se procede a evaluar todos los resultados obtenidos con la metodología nueva, usando una contrastación y comparación con los tiempos. En este paso se verifican muchos posibles cambios a ejecutar, algunas que pueden ser implantados de manera rápida y sencilla, como otros que tomarán mayor tiempo.

Procedemos a evaluar el proceso de generación de blondas de faja tipo libro después de la implantación del Estudio de Trabajo, se logró reducir el número de actividades.

Antes				Después			
	<b>Actividad</b>	<b>Actual</b>			<b>Actividad</b>	<b>Propuesto</b>	
○	Operación	157	Actividades productivas <b>198</b>	○	Operación	88	Actividades productivas <b>105</b>
□	Inspección	41		□	Inspección	17	
⇒	Transporte	72	Actividades improductivas <b>115</b>	⇒	Transporte	36	Actividades improductivas <b>54</b>
D	Espera	13		D	Espera	0	
▽	Almacenamiento	30		▽	Almacenamiento	18	
<p>Total de actividades = 313 actividades</p> <p>Distancia recorrida = 7730 metros</p> <p>Tiempo total = 1479 horas</p> $\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A . P)}{\Sigma(N^{\circ} . A . P.) + \Sigma(N^{\circ} . A . I.)}$ $\% \text{ actividades} = \frac{198}{198+115} = 63\%$				<p>Total de actividades = 159 actividades</p> <p>Distancia recorrida = 7730 metros</p> <p>Tiempo total = 864 horas</p> $\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A . P)}{\Sigma(N^{\circ} . A . P.) + \Sigma(N^{\circ} . A . I.)}$ $\% \text{ actividades} = \frac{105}{105+54} = 66\%$			

Figura 99. Evaluación del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. Antes y después de la implantación del Estudio de Trabajo

Como se puede apreciar en cuadro anterior el proceso actual de cambio de cinta transportadora tiene un porcentaje de actividades productivas del 63%, si esto lo comparamos lo que representa las actividades productivas con el método propuesto 66%, se concluye que se ha tenido una mejora del 3%, relativamente no es una mejora muy notoria, A continuación, se muestra gráficamente:

Método actual Vs método propuesto	Porcentaje (%)
Actividades productivas - Método actual	63%
Actividades productivas - Método propuesto	66%

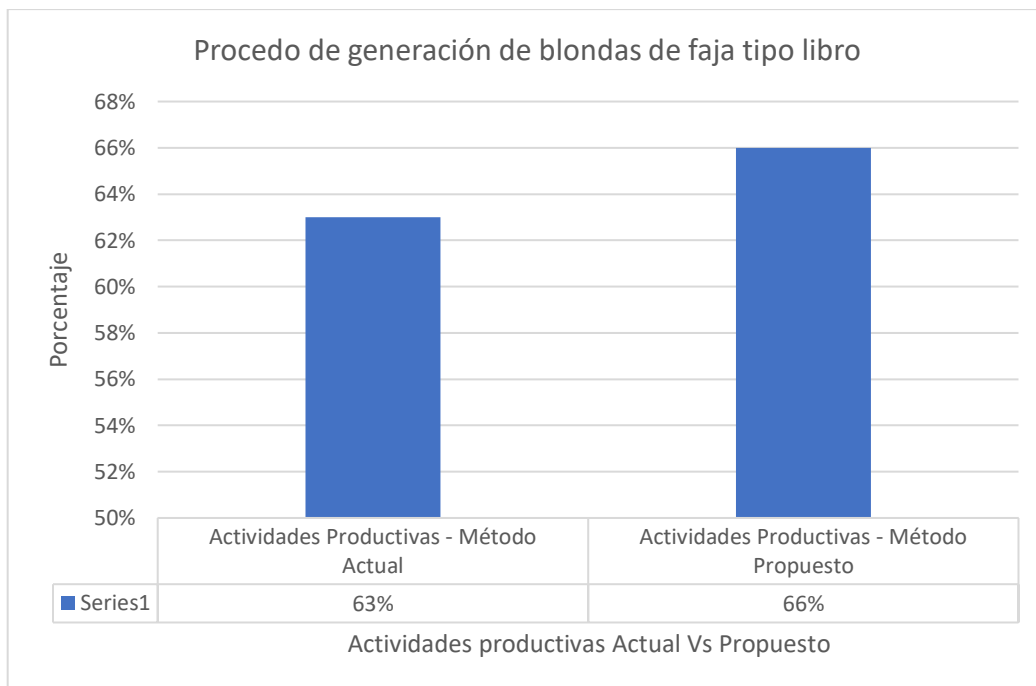


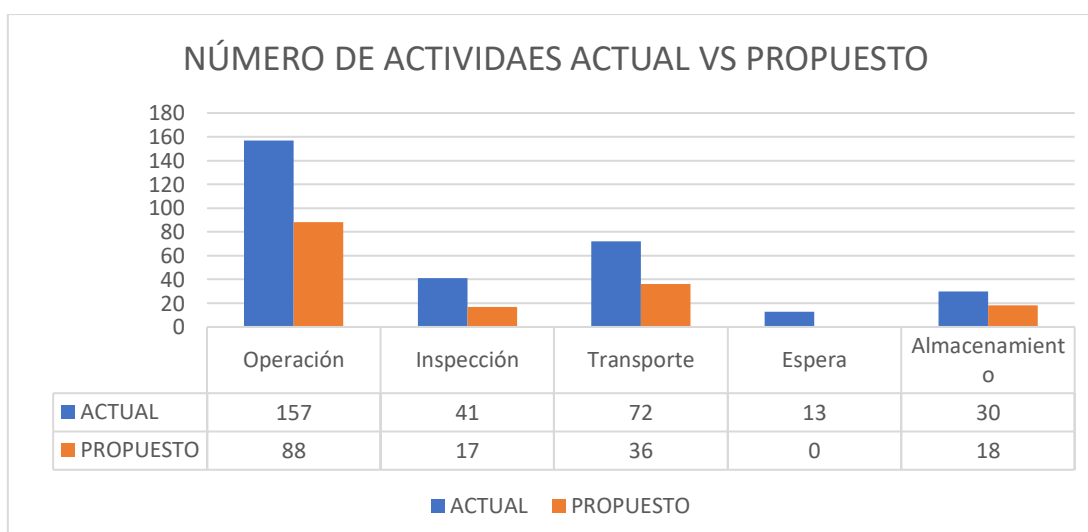
Figura 100. Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas de la Fase I. Antes y después de la mejora propuesta.

Asimismo, se realizará un análisis de forma cuantitativa por cada tipo de actividad, en este análisis se apreciará las mejoras implementadas como se muestra a continuación.

**Tabla 78.** Resumen de las mejoras implementadas por actividad. Fase I

Actividad	Actual	Propuesto	Reducido en:	% Reducido a	
Operación	157	88	69	56%	
Inspección	41	17	24	41%	
Transporte	72	36	36	50%	
Espera	13	0	13	0%	
Almacenamiento	30	18	12	60%	
	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	REDUCIDO EN:	% Reducido a
○	Operación	157	88	69	56%
□	Inspección	41	17	24	41%
➡	Transporte	72	36	36	50%
D	Espera	13	0	13	0%
▽	Almacenamiento	30	18	12	60%

El cuadro nos muestra que todas las actividades se han reducido significativamente con el método propuesto en promedio 50%, se ha logrado reducir la actividad de espera en su totalidad, ya que el método propuesto, al proponer un solo plegado de faja tipo libro en un solo libro elimina las dependencias y al ser un proceso secuencial no se crea demoras, a continuación, se muestra el gráfico comparativo de la reducción de actividades:





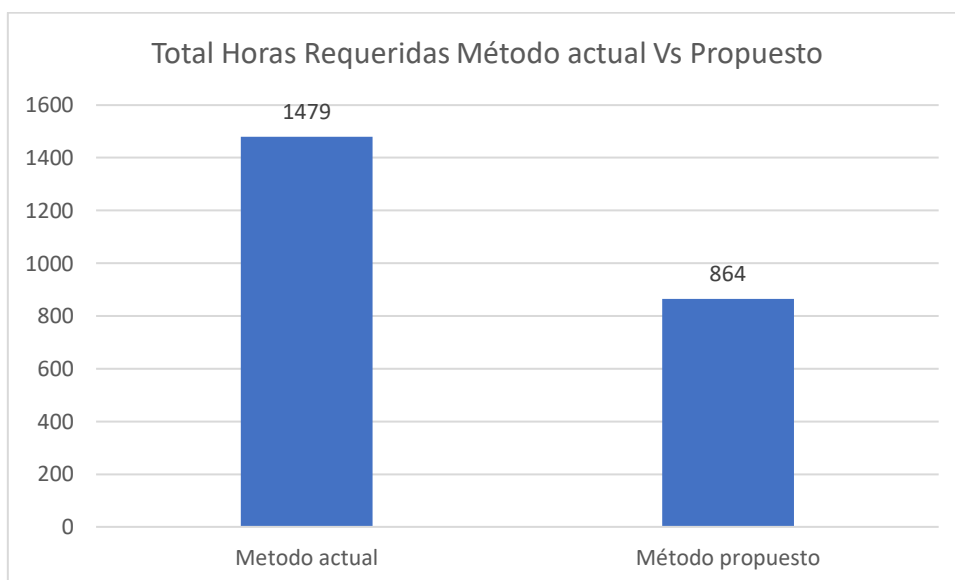
*Figura 101.* Cuadro de barras de eficiencia de por actividades productivas de la Fase I. Antes y después de la mejora propuesta

El gráfico nos permite visualizar la mejora cuantitativamente en la reducción de actividades requeridas para el plegado de faja tipo libro con el nuevo método propuesto, esta reducción de actividades se manifestarán de forma notable en la parte de análisis de costos del proceso.

A continuación, se hace un análisis de la mejora con respecto al tiempo, es decir a las horas de trabajo requeridas para el total de actividades:

**Tabla 79.** Análisis de la mejora con respecto al tiempo Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora

	Método actual	Método propuesto	Horas reducidas	% reducido a:
<b>Total Horas</b>	1479	864	615	58%



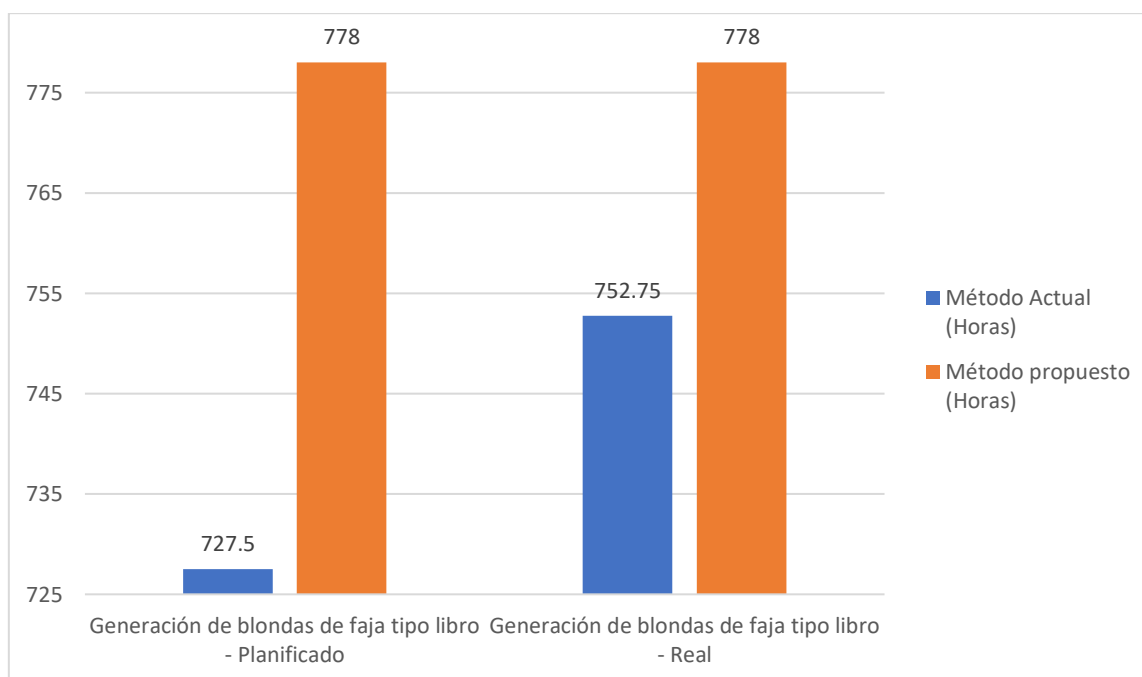
*Figura 102.* Cuadro de barras de Análisis de la mejora con respecto al tiempo Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora.

Podemos interpretar la tabla anterior y el gráfico de la siguiente manera, las horas de trabajo requeridas totales para el plegado de faja tipo libro con el método actual es de 1479 horas, mientras que las horas de trabajo requeridas para el plegado de faja tipo con el método propuesto son de 864 horas de trabajo, esto quiere decir

que se ha tenido una reducción del tiempo de 615 horas de trabajo este ahorro representa un 42% de tiempo reducido, se tiene una reducción de tiempo bastante significativa, pero no confundamos con el tiempo que demora el plegado de faja tipo libro, ya que muchas actividades dentro de cada método propuesto pueden realizarse en forma paralela, por ello realizaremos el análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas descritos anteriormente.

**Tabla 80.** Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora

	Método Actual (Horas)	Método propuesto (Horas)	Horas reducidas
Generación de blondas de faja tipo libro - Planificado	727.5	778	-50.5
Generación de blondas de faja tipo libro - Real	752.75	778	-25.25



**Figura 103.** Cuadro de barras de Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas Fase I, del proceso de cambio de cinta transportadora

Como puede apreciarse bajo este análisis del tiempo de duración de todo el proceso, podemos concluir que el tiempo planificado y real con el método actual es de 727.5 horas y 752.75 horas respectivamente, mientras que el tiempo planificado y real (Se estima igual que tiempo real) es de 778 horas, numéricamente se

concluye que el tiempo neto requerido para el plegado de faja tipo libro con el método propuesto demora 50.5 horas más en cuanto al planificado y 25.25 horas más en cuanto al real, efectivamente se tiene un incremento del tiempo de duración del proceso de plegado de faja tipo, asimismo, con base en los otros análisis interpretados anteriormente en todos ellos se mostraba una mejora significativa con el nuevo método propuesto, en realidad el método propuesto nuevo genera optimización en cuanto a tiempo y costos, ya que reduce el uso de recursos en promedio 45%, así mismo recordemos que el proceso de plegado de faja tipo no es una actividad directa que afecta al proceso de producción por lo que simplemente con empezar con una fecha anterior se puede compensar las 50.5 horas de exceso de este método, pero que reduce significativamente el uso de recursos para este proceso de plegado de faja tipo libro, por lo que se concluye que el método propuesto mejora significativamente la eficiencia del proceso (Se cuantificará eficiencia en el siguiente paso).

Procedemos a evaluar el proceso de cambio de cinta transportadora después de la implantación del Estudio de Trabajo, los análisis de los resultados se harán en lo siguiente:

- A. Actividades productivas del antes Vs actividades productivas del después
- B. Número de actividades por cada tipo con el método actual Vs el método propuesto.
- C. Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs método propuesto
- D. Tiempo requerido para la ejecución del proceso de cambio de cinta transportadora con el método actual Vs método propuesto.

A continuación, se procederá a realizar el análisis de resultados por cada uno de los 4 criterios descritos:

**A. Actividades productivas del antes Vs Actividades productivas del Después**

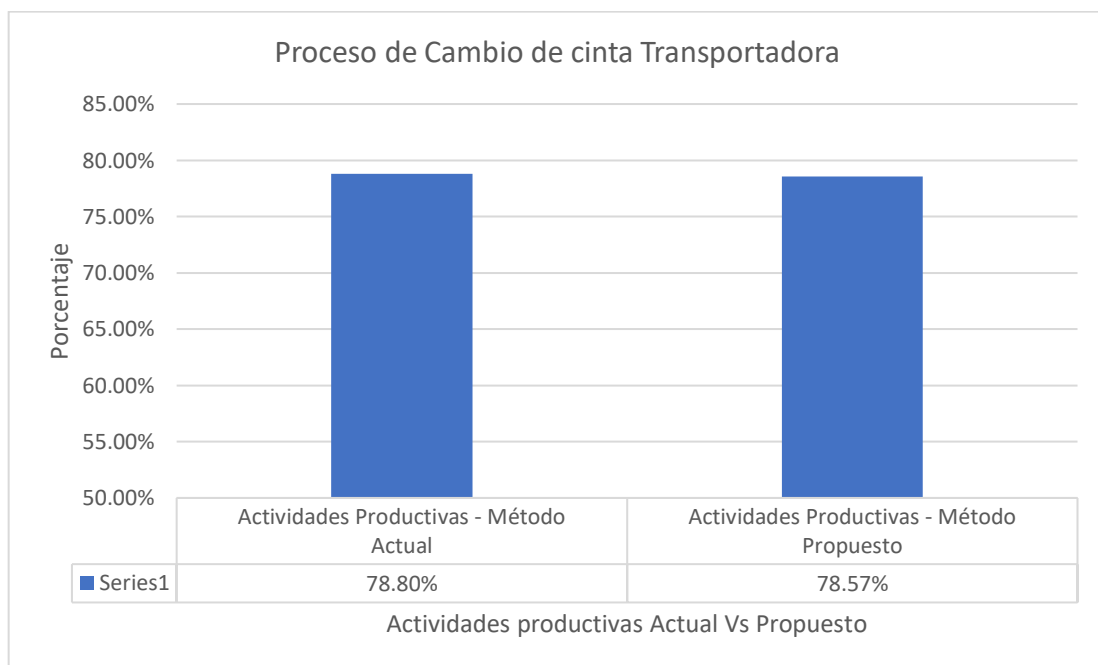
Antes				Después			
	<b>Actividad</b>	<b>Actual</b>			<b>Actividad</b>	<b>Propuesto</b>	
○	Operación	56	Actividades productivas <b>93</b>	○	Operación	35	Actividades productivas <b>55</b>
□	Inspección	37		□	Inspección	20	
⇒	Transporte	20	Actividades improductivas <b>25</b>	⇒	Transporte	12	Actividades improductivas <b>15</b>
D	Espera	1		D	Espera	0	
▽	Almacenamiento	4		▽	Almacenamiento	3	
<p>Total de actividades = 118 actividades  Distancia recorrida = 5750 metros  Tiempo total = 167.5 horas</p> $\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^\circ . A . P)}{\Sigma(N^\circ . A . P.) + \Sigma(N^\circ . A . I.)}$ $\% \text{ actividades} = \frac{93}{93+25} = 78.8\%$				<p>Total de actividades = 70 actividades  Distancia recorrida = 5750 metros  Tiempo total = 116.25 horas</p> $\% \text{ actividades} = \frac{\Sigma(N^\circ . A . P)}{\Sigma(N^\circ . A . P.) + \Sigma(N^\circ . A . I.)}$ $\% \text{ actividades} = \frac{55}{55+15} = 78.57\%$			

Figura 104. Evaluación del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II, antes y después de la implantación del Estudio de Trabajo

Como se puede apreciar en cuadro anterior el proceso actual de cambio de cinta transportadora tiene un porcentaje de actividades productivas del 78.80%, si esto lo comparamos con lo que representan las actividades productivas con el método propuesto 78.57%, se concluye que se ha tenido una mejora del 0.23%, relativamente no es una mejora muy notoria, como se muestra a continuación:

**Tabla 81.** Resumen de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora

Método actual Vs método propuesto	Porcentaje (%)
Actividades productivas - Método actual	78.80%
Actividades productivas - Método propuesto	78.57%



**Figura 105.** Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora

**B. Número de actividades por cada tipo con el método actual Vs El método propuesto.**

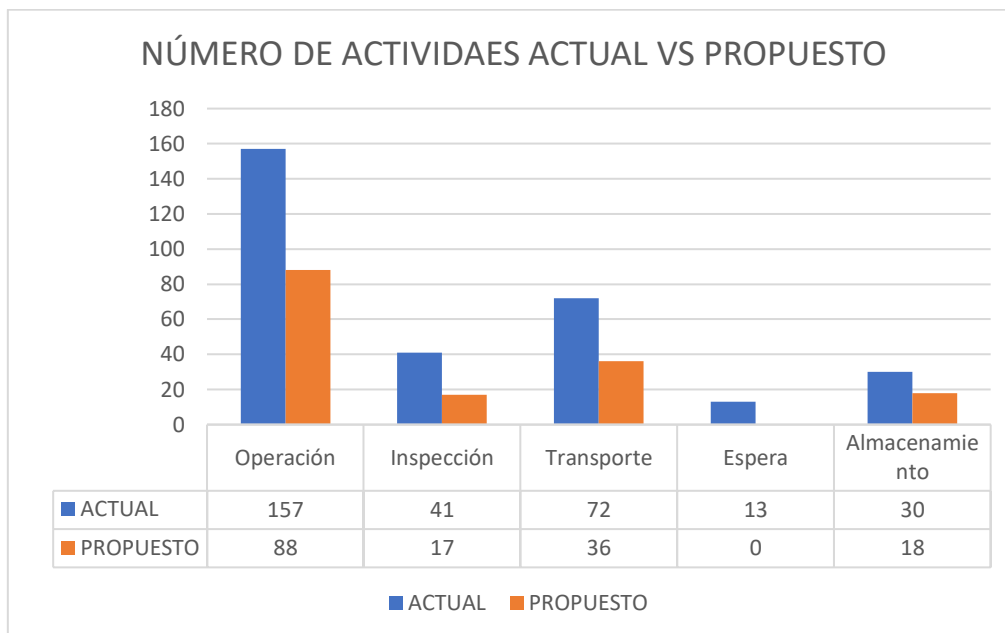
Así mismo se realizará un análisis de forma cuantitativa por cada tipo de actividad, en este análisis se apreciará las mejoras implementadas con el método propuesto como se muestra a continuación:

Actividad	Actual	Propuesto	Reducido en:	% Reducido a
Operación	157	88	69	56%
Inspección	41	17	24	41%
Transporte	72	36	36	50%
Espera	13	0	13	0%
Almacenamiento	30	18	12	60%

	ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	REDUCIDO EN:	% Reducido a
○	Operación	56	35	21	63%
□	Inspección	37	20	17	54%
⇒	Transporte	20	12	8	60%
D	Espera	1	0	1	0%
▽	Almacenamiento	4	3	1	75%

El cuadro nos muestra que todas las actividades se han reducido significativamente con el método propuesto en promedio 50%, se ha logrado reducir la actividad de espera en su totalidad, ya que el método propuesto al proponer un solo plegado de faja tipo libro, permite evitar la demora por la actividad de “Cambio de ángulos de polea”, elimina las dependencias y al ser un proceso secuencial no se crea demoras, a continuación, se muestra el gráfico comparativo de la reducción de actividades:



*Figura 106.* Cuadro de barras de eficiencia de actividades productivas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora

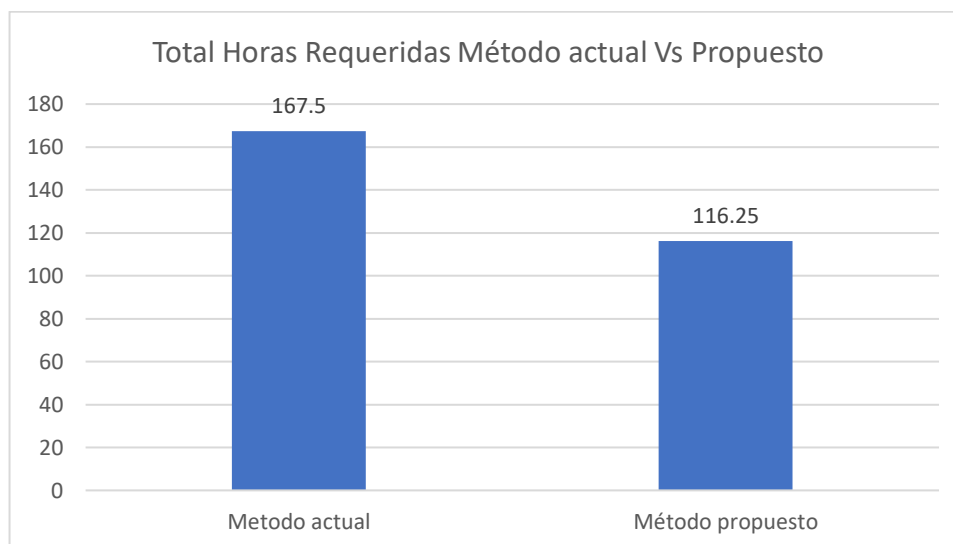
El gráfico nos permite visualizar la mejora cuantitativamente en la reducción de actividades requeridas para el cambio de cinta transportadora con el nuevo método propuesto, esta reducción de actividades se manifestará de forma notable en la parte de análisis de costos del proceso.

### C. Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs Método propuesto

A continuación, se hace un análisis de la mejora con respecto al tiempo, es decir a las horas de trabajo requeridas para el total de actividades (No es el tiempo que demora una actividad, sino las horas de trabajo requeridas para llevar a cabo la actividad, es decir no considera por separado a las actividades que se pueden hacer en paralelo, sino que suma el total de las horas de todas las actividades).

**Tabla 82.** Análisis de Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs Método propuesto Fase II

	Método actual	Método propuesto	Horas reducidas	% reducido a:
<b>Total Horas</b>	167.5	116.25	51.25	69%



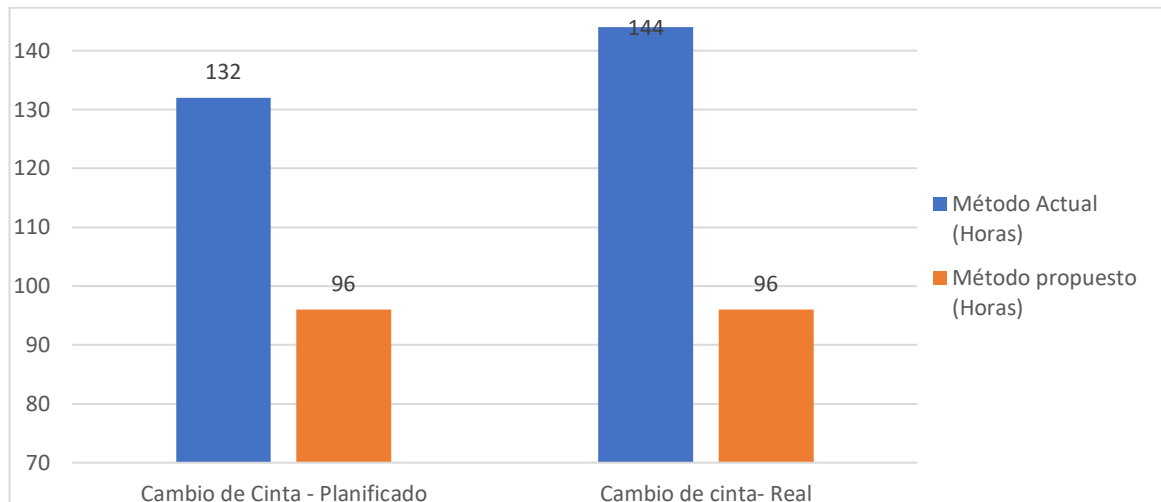
*Figura 107.* Cuadro de barras de Análisis de Horas de trabajo requeridas con el método actual Vs Método propuesto. Fase II

Podemos interpretar la tabla anterior y el gráfico de la siguiente manera, las horas de trabajo requeridas totales para el plegado de faja tipo libro con el método actual es de 167.5 horas, mientras que las horas de trabajo requeridas para el cambio de cinta transportadora con el método propuesto son de 116.25 horas de trabajo, esto quiere decir que se ha tenido una reducción del tiempo de 51.25 horas de trabajo este ahorro representa un 31% de tiempo reducido, se tiene una reducción de tiempo bastante significativa, pero no confundamos con el tiempo que demora el plegado de faja tipo libro, ya que muchas actividades dentro de cada método propuesto pueden realizarse en forma paralela, por ello realizaremos el análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas descritos anteriormente.

**Tabla 83.** Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora

	Método Actual (Horas)	Método propuesto (Horas)	Horas reducidas
Cambio de cinta - Planificado	132	96	36
Cambio de cinta- Real	144	96	48





*Figura 108.* Cuadro de barras Análisis con base en los tiempos obtenidos de los cronogramas del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. antes y después de la propuesta de mejora.

Como puede apreciarse bajo este análisis del tiempo de duración de todo el proceso, podemos concluir que el tiempo planificado y real con el método actual es de 132 horas planificadas y 144 horas respectivamente, mientras que el tiempo planificado y real (Se estima igual que tiempo real) es de 96 horas, numéricamente se concluye que el tiempo neto requerido para el cambio de cinta transportadora propuesto, demora 36 horas más en cuanto al planificado y 48 horas más en cuanto al tiempo ideal, asimismo, con base en los otros análisis interpretados anteriormente en todos ellos se mostraba una mejora significativa con el nuevo método propuesto, en conclusión según el cronograma y con respecto a las 96 horas programadas de una parada de planta (Máximo de horas de parada de planta), se logra producir una optimización de tiempo de 48 horas.

**Paso 6:**

**DEFINIR:** El nuevo método, y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.

A continuación, se muestra los tiempos resumidos de los procesos de:

- Plegado de faja tipo libro.

- Cambio de cinta Transportadora

**Tabla 84.** Resumen de los tiempos totales del proceso de cambio de cinta transportadora. Fase I y Fase II.

Actividad	Tiempo	Unidad
Generación de blondas de faja tipo libro	778	Horas
Cambio de cinta transportadora CVB-004	96	Horas

Se presentan las siguientes características en las normas escritas:

- Evidencia del mejoramiento del método empleado con los detalles especificados para que se realice la verificación en cualquier momento.
- Se debe seguir los pasos descritos en DOP, DAP y cronograma
- Se debe seguir el layout de plegado de faja tipo libro
- Se debe seguir el layout de cambio de cinta transportadora.

**Paso 7:**

Es muy importante involucrar a cada uno de los colaboradores del área de transporte de mineral grueso. Para llevar consigo la implementación de esta investigación y en conjunto con la alta Dirección de la empresa previa aprobación.

En esta etapa de la implementación el objetivo consiste en lograr sensibilizar al personal directivo, operativo y todos los involucrados con el propósito del proyecto, se debe exponer claramente el nuevo proceso de plegado de faja tipo libro y el nuevo proceso de cambio de cinta transportadora, estas acciones de difusión del nuevo procedimiento deben estar sujetas al cronograma del plegado de faja tipo libro nuevo y al cambio de cinta transportadora nuevo, tomando la precaución que deben de realizarse antes de sus fechas de ejecución programadas:

**Tabla 85. Cronograma de Implementación de la mejora.**

			Ene-22				Feb-22				Mar-22				Abr-22			
Actividades	Fecha de inicio	Fecha fin	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
			Trabajos previos a armado de libro	1/01/2022	19/02/2022	█	█	█	█	█	█	█						
Generación de blondas de faja tipo libro (armado de libro) - propuesta mejorada	1/03/2022	2/04/2022									█	█	█	█	█			
Cambio de cinta transportadora cvb-004 - propuesta mejorada	15/04/2022	19/04/2022															█	

Se consideran las actividades globales de cada fase el proyecto, recuadros de color verde

**Paso 8:**

**Controlar:** Como último paso dentro de la metodología de Kanawaty, procedemos a realizar el control de la ejecución de la nueva metodología propuesta e implementada y se ejecuta el contraste con los objetivos que se han propuesto.

Es de vital importancia mantener el nuevo proceso de plegado de faja tipo libro y cambio de cinta transportadora, para ello realizaremos un seguimiento de las actividades:

A continuación, en la siguiente tabla se observa la ficha de evaluación de la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora, método propuesto.

**Tabla 86.** Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. (método mejorado)

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "ARMADO DE LIBRO"</b>				
<b>EMPRESA</b>	Minera Las Bambas	<b>N° DE FICHA:</b>	01_ MEJORADO	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	Mantenimiento			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado propuesto en horas</b>	<b>Tiempo real Antigo en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Generación de la primera blonda jalado de primera punta hacia la plataforma (350 m y 700 m) – armado de libro /todos los libros	56	55.75	-0.45%
2	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1050 m)	50.5	50.50	0.00%
3	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1400 m)	50.5	50.00	-1.00%
4	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (1750 m)	50.5	48.50	-4.12%
5	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2100 m)	50.5	45.00	-12.22%
6	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2450 m)	50.5	47.50	-6.32%
7	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (2800 m)	50.5	48.00	-5.21%
8	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (3150 m)	50.5	48.50	-4.12%
9	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (3500 m)	50.5	45.00	-12.22%
10	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (3850 m)	50.5	48.50	-4.12%
11	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (4200 m)	50.5	48.50	-4.12%
12	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (4550 m)	50.5	48.75	-3.59%

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "ARMADO DE LIBRO"</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>Minera Las Bambas</b>	<b>N° DE FICHA:</b>	<b>01_ MEJORADO</b>	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	<b>27/05/2021</b>	
<b>ÁREA</b>	<b>Mantenimiento</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado propuesto en horas</b>	<b>Tiempo real Antiguo en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
13	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (4900 m)	50.5	48.75	-3.59%
14	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (5250 m)	50.5	48.25	-4.66%
15	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (5600 m)	50.5	48.00	-5.21%
16	Jalado de faja empalmada y plegado de faja (5950 m)	15	23.25	35.48%
<b>TOTAL</b>		<b>778.00</b>	<b>752.75</b>	<b>-3.35%</b>

Fuente: elaboración propia

**Tabla 87.** Ficha de registro eficiencia de actividades del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (método mejorado)

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR - FASE "Ejecución del cambio de cinta transportadora"</b>				
<b>EMPRESA</b>	Minera Las Bambas	<b>N° DE FICHA</b>	02_MEJORADO	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	Mantenimiento			
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo propuesto en horas</b>	<b>Tiempo real Antiguo en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Preparación de empalme de sacrificio	4.73	26.75	82.32%
2	Empalme de sacrificio	7	4	-75.00%
3	Preparación de empalme de cierre - Armado de mesa	5	10.3	51.46%
4	Retiro de faja existente - Trabajos previos	10	17	41.18%
5	Jalado de faja existente - Ingreso de faja nueva	19.77	34.45	42.61%
6	Preparación de empalme de cierre - Posicionado de faja	7.5	8.5	11.76%
7	Empalme de cierre	36	37	2.70%
8	Restablecimiento del sistema	5	3.75	-33.33%
9	Pruebas en vacío (con lógica restaurada)	1	2.25	55.56%
<b>TOTAL</b>		<b>96</b>	<b>144</b>	<b>33.33%</b>

Fuente: elaboración propia

A continuación, en la siguiente tabla se observa la ficha de análisis de la eficiencia del costo del proceso cambio de cinta transportadora, propuesta de mejora:

**Análisis Económico financiero:**

Se analiza el costo de las inversiones excedentes que se requiere para la implementación del método propuesto, a continuación, se muestra la tabla de

costos que se requieren para implementar el método propuesto de plegado de faja tipo libro o armado de libro:

**Tabla 88.** Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I. (Propuesta de Mejora)

<b>FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE I “ARMADO DE LIBRO”</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>Minera Las Bambas</b>	<b>N° DE FICHA:</b>	03_MEJORADO	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	<b>Mantenimiento</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE COSTOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo real antiguo en \$</b>	<b>Costo propuesto en \$</b>	<b>Eficiencia</b>
1	Estudios	602008.88	301004.44	50.00%
2	Movimiento de tierras	97004.69	97004.69	0.00%
3	Consumible mecánicos	166750.05	83375.03	50.00%
4	Equipos eléctricos - Procura	23100	12474.00	46.00%
5	Equipos mecánicos - Procura	158292.62	18421.67	88.36%
6	Fabricaciones mecánicas	39296.94	0.00	100.00%
7	Facilidades mecánicas - Procura	661607.78	0.00	100.00%
8	Flete - Procura	600000	600000.00	0.00%
9	Materiales eléctricos - Procura	17262.24	8631.12	50.00%
10	Materiales mecánicos	2373500.74	944132.43	60.22%
11	Servicio confiabilidad	498262	498262.00	0.00%
12	Servicio electricidad - Procura	484537	209868.50	56.69%
13	Servicio grabación de cambio	27523.76	27523.76	0.00%
14	Servicio mecánico - Procura	11095	5341.25	51.86%
15	Alquiler de equipos móviles	809362.1	404681.05	50.00%
16	Consumible mecánicos	120000	5593.13	95.34%

<b>FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE I “ARMADO DE LIBRO”</b>				
<b>EMPRESA</b>	<b>Minera Las Bambas</b>	<b>N° DE FICHA:</b>	03_MEJORADO	
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>	27/05/2021	
<b>ÁREA</b>	<b>Mantenimiento</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN DE COSTOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo real antiguo en \$</b>	<b>Costo propuesto en \$</b>	<b>Eficiencia</b>
17	Equipos eléctricos - Construcción	58571.81	23009.94	60.71%
18	Equipos mecánicos - Construcción	50216.9	25108.45	50.00%
19	Fabricaciones mecánicas	2231.04	1115.52	50.00%
20	Facilidades mecánicas - Construcción	16488.39	0.00	100.00%
21	Flete - Construcción	60760.16	6382.10	89.50%
22	Servicio andamios	12764.2	12764.20	0.00%
23	Servicio civil	544795.92	272397.96	50.00%
24	Servicio electricidad - Construcción	154389.47	29485.91	80.90%
25	Servicio mecánico - Construcción	1296200.24	239697.50	81.51%
<b>TOTAL</b>		<b>8886022</b>	<b>3826274.63</b>	<b>56.94%</b>

Fuente: elaboración propia

Así mismo a continuación se muestra la tabla de costos resumen del cambio de cinta transportadora:



**Tabla 89.** Ficha de registro eficiencia del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase II. (Propuesta de Mejora)

FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE “EJECUCIÓN DEL CAMBIO DE CINTA TRANSPORTADORA”				
EMPRESA	Minera Las Bambas	N° DE FICHA	04	
RESPONSABLE		FECHA	27/05/2021	
ÁREA	Mantenimiento			
IDENTIFICACIÓN DE COSTOS				
ÍTEM	Descripción	Costo real antiguo en \$	Costo propuesto en \$	Eficiencia
1	Servicio de cambio	1159514.11	500000	56.88%
2	Alquiler de equipos	108410.52	39500	63.56%
3	Servicios de consultoría	158814.37	95000	40.18%
4	Respuestas y herramientas de inventario	25260.00	25260.00	0.00%
<b>TOTAL</b>		<b>1451999.00</b>	<b>659760</b>	<b>54.56%</b>

Fuente: elaboración propia

La tabla de costos de plegado de faja tipo libro considera los gastos excedentes que se requieren para realizar el plegado de faja tipo libro, de igual forma los costos para el cambio de cinta, a continuación, se muestra el resumen de los costos implicados para realizar el cambio total de la faja overland CVB-0004.

**Tabla 90.** Resumen del costo del proceso de cambio de cinta transportadora Fase I y II. (Propuesta de Mejora)

ÍTEM	Costo por etapa	Costo parcial
1	Costo de plegado de faja tipo libro	\$3,826,274.63
2	Costo de cambio de cinta transportadora	\$659,760.00
	<b>Costo de cambio total de cinta transportadora</b>	<b>\$4,486,034.63</b>

El cuadro anterior nos muestra que el costo total que se requiere para realizar el cambio total de cinta transportadora es de \$4,486,034.63, este dato nos permitirá calcular el Beneficio / Costo del proyecto.

Una vez determinado el costo que involucra el proyecto, procedemos a determinar el ahorro generado por las 48 horas de producción ahorradas del cambio de cinta y transportadora determinado en el cronograma propuesto de cambio de cinta transportadora, tal y como se muestra a continuación:

**Tabla 91.** Ahorro total generado por la disponibilidad de producción de 48 horas (Propuesta de Mejora)

Horas	Pérdida de producción (toneladas)	Costo de x tonelada perdida de producción	Pérdida de producción acumulada (toneladas)	Costo de parada de planta chancado y fajas overland x hora	Costo acumulado
1	8606	\$41.83	8606	\$360,000.00	\$360,000.00
2	8606	\$41.83	17212	\$360,000.00	\$720,000.00
3	8606	\$41.83	25818	\$360,000.00	\$1,080,000.00
4	8606	\$41.83	34424	\$360,000.00	\$1,440,000.00
5	8606	\$41.83	43030	\$360,000.00	\$1,800,000.00
6	8606	\$41.83	51636	\$360,000.00	\$2,160,000.00
7	8606	\$41.83	60242	\$360,000.00	\$2,520,000.00
8	8606	\$41.83	68848	\$360,000.00	\$2,880,000.00
9	8606	\$41.83	77454	\$360,000.00	\$3,240,000.00
10	8606	\$41.83	86060	\$360,000.00	\$3,600,000.00
11	8606	\$41.83	94666	\$360,000.00	\$3,960,000.00
12	8606	\$41.83	103272	\$360,000.00	\$4,320,000.00
13	8606	\$41.83	111878	\$360,000.00	\$4,680,000.00
14	8606	\$41.83	120484	\$360,000.00	\$5,040,000.00
15	8606	\$41.83	129090	\$360,000.00	\$5,400,000.00
16	8606	\$41.83	137696	\$360,000.00	\$5,760,000.00
17	8606	\$41.83	146302	\$360,000.00	\$6,120,000.00
18	8606	\$41.83	154908	\$360,000.00	\$6,480,000.00
19	8606	\$41.83	163514	\$360,000.00	\$6,840,000.00
20	8606	\$41.83	172120	\$360,000.00	\$7,200,000.00
21	8606	\$41.83	180726	\$360,000.00	\$7,560,000.00
22	8606	\$41.83	189332	\$360,000.00	\$7,920,000.00
23	8606	\$41.83	197938	\$360,000.00	\$8,280,000.00
24	8606	\$41.83	206544	\$360,000.00	\$8,640,000.00
25	8606	\$41.83	215150	\$360,000.00	\$9,000,000.00
26	8606	\$41.83	223756	\$360,000.00	\$9,360,000.00
27	8606	\$41.83	232362	\$360,000.00	\$9,720,000.00
28	8606	\$41.83	240968	\$360,000.00	\$10,080,000.00
29	8606	\$41.83	249574	\$360,000.00	\$10,440,000.00
30	8606	\$41.83	258180	\$360,000.00	\$10,800,000.00

31	8606	\$41.83	266786	\$360,000.00	\$11,160,000.00
32	8606	\$41.83	275392	\$360,000.00	\$11,520,000.00
33	8606	\$41.83	283998	\$360,000.00	\$11,880,000.00
34	8606	\$41.83	292604	\$360,000.00	\$12,240,000.00
35	8606	\$41.83	301210	\$360,000.00	\$12,600,000.00
36	8606	\$41.83	309816	\$360,000.00	\$12,960,000.00
37	8606	\$41.83	318422	\$360,000.00	\$13,320,000.00
38	8606	\$41.83	327028	\$360,000.00	\$13,680,000.00
39	8606	\$41.83	335634	\$360,000.00	\$14,040,000.00
40	8606	\$41.83	344240	\$360,000.00	\$14,400,000.00
41	8606	\$41.83	352846	\$360,000.00	\$14,760,000.00
42	8606	\$41.83	361452	\$360,000.00	\$15,120,000.00
43	8606	\$41.83	370058	\$360,000.00	\$15,480,000.00
44	8606	\$41.83	378664	\$360,000.00	\$15,840,000.00
45	8606	\$41.83	387270	\$360,000.00	\$16,200,000.00
46	8606	\$41.83	395876	\$360,000.00	\$16,560,000.00
47	8606	\$41.83	404482	\$360,000.00	\$16,920,000.00
48	8606	\$41.83	413088	\$360,000.00	\$17,280,000.00

El cuadro anterior nos muestra el ahorro total generado por la disponibilidad de producción de 48 horas equivalente a \$17,280,000.00 (diecisiete millones doscientos ochenta mil)

**Tabla 92.** *Relación, beneficio costo de la Propuesta de Mejora*

	<b>Cantidad</b>
<b>Beneficio</b>	\$17,280,000.00
<b>Costos</b>	\$4,486,034.63
<b>Beneficio neto / costo</b>	<b>2.85</b>

En la tabla 92 se realizó la relación del beneficio que va a obtener el proyecto versus los costos que involucra el mismo en una relación de razón (Beneficio neto (beneficio-costos) / Costos), obteniéndose un valor de 2.85 el cual por definición de este indicador debe ser mayor que 1, como lo es en este caso, es decir que el ahorro generado es 2.85 veces más del costo que involucra el proyecto, otra forma de entender el ratio obtenido es que por cada 1 dólar invertido en el estudio de

trabajo del proceso de cambio de cinta transportadora se obtendrá 2.85 dólares de ganancia, el cual es un valor muy significativo.

Asimismo, podemos afirmar que aplicando la mejora propuesta lo que se invertirá en el proceso de cambio de cinta transportadora, será recuperado en el mismo proceso debido a la disminución del tiempo, que se traduce en producción para la empresa.

**Tabla 93.** *Contrastaciones generales de las mejoras*

CONTRASTACIONES GENERALES DE LAS MEJORAS				
ACTIVIDADES DEL PROCESO DE CAMBIO DE CINTA TRANSPORTADORA				
ACTIVIDADES	Antes de la mejora		Después de la mejora	
	Actividades productivas	Actividades Improductivas	Actividades productivas	Actividades Improductivas
Estudios de métodos (Fase I + Fase II del proceso de cambio de cinta transportadora)	291	140	160	69
Reducción de actividades productivas				131
Reducción de actividades improductivas				91
EFICIENCIA				
INDICADORES	Antes de la mejora		Después de la mejora	Mejora
Eficiencia en Tiempo	144 H		96 H	33.33%
Eficiencia en Costo	\$10,338,020.93		\$4,849,257.22	53.09%

Fuente: elaboración propia

En las tablas anteriores se observan las evaluaciones que se efectuaron con todas las contrastaciones de manera general, las cuales fueron obtenidas con el proceso de cambio de cinta transportadora del método anterior y el propuesto.

### 3.6 Método de análisis de datos

El análisis descriptivo permite describir el comportamiento de las variables, mediante métodos estadísticos, por ello, en la presente investigación se empleará para analizar el programa Microsoft Excel con relación a los datos cuantitativos que fueron compilados anteriormente, asimismo, se utilizará el software SPSS para determinar las medidas de variabilidad y las de tendencia central, conjuntamente de la distribución de frecuencias y las gráficas (Hernández, y otros, 2014, p.282).

El análisis inferencial se utilizará para contrastar las hipótesis de la investigación si esta se acepta o se rechaza, mediante la prueba de normalidad, puesto que la

muestra es mayor a 30 datos, por lo que se utilizará Kolmogórov-Smirnov, luego de evaluar los datos, si estos muestran un comportamiento paramétrico, entonces se utilizará el estadígrafo TStudent, de lo contrario se empleará el estadígrafo Wilcoxon.

### **3.7 Aspectos éticos**

En esta investigación titulada “Aplicación de la Ingeniería de métodos para mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas”, para proceder con la recolección de datos se solicitó de forma formal al área de proyectos de MMG y tomados de manera ética, manteniendo la variabilidad e imparcialidad, así como el respeto por la propiedad de MMG.

Asimismo, para evidenciar los valores éticos al ejecutar este estudio, se citaron a varios autores de libros, tesis, artículos científicos e informes recopilando información de relevancia importancia para influir en las indagaciones, igualmente se realizaron las referencias bibliográficas.

Esta investigación se desarrolló con base en la guía ISO 690, asimismo, se usó el software llamado Turnitin, el mismo que sirvió para obtener el resultado del porcentaje de similitud de esta tesis. Por otro lado, la Universidad César Vallejo, menciona la resolución de consejo universitario N° 0126-2019/UCV, la cual indica que, para elaborar una investigación científica, existen diferentes normas que regulan las buenas prácticas y aseguran la promoción de los principios éticos.

## IV. RESULTADOS

### Análisis descriptivo

El análisis descriptivo comprende la particularidad de las variables y su comportamiento, mediante técnicas estadísticas (Hernández, y otros, 2014, p.282). Para la respectiva realización del análisis se desarrolla la recolección y representación de toda la información conseguida.

### Variable Independiente: Ingeniería de métodos

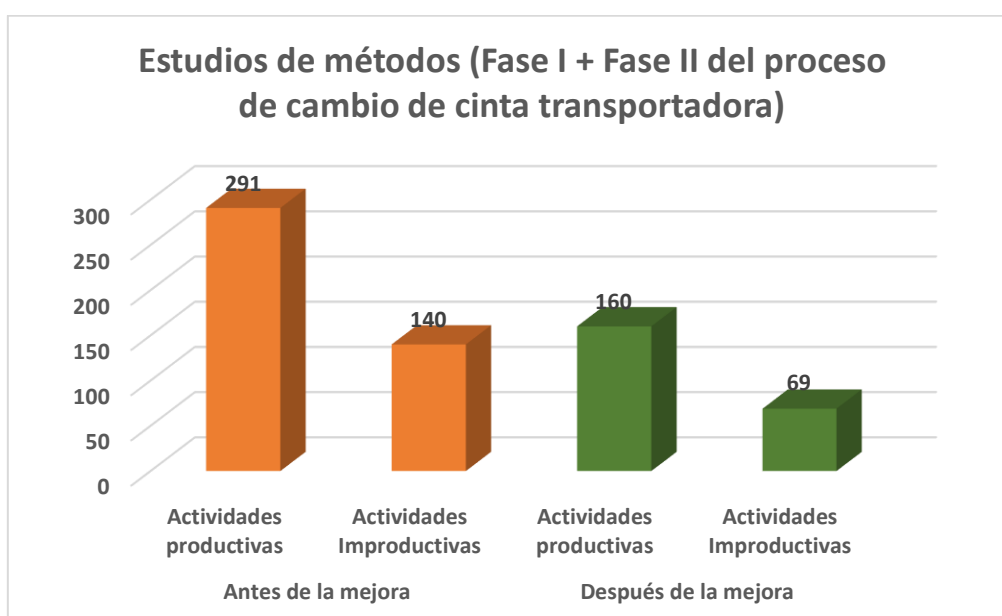
A continuación, se presenta el análisis descriptivo de la variable independiente.

### Dimensión: Estudio de Métodos

**Tabla 94.** Resultado del estudio de métodos (actividades que agregan valor) antes y después de la mejora propuesta

	Antes de la mejora		Después de la mejora	
	Actividades productivas	Actividades Improductivas	Actividades productivas	Actividades Improductivas
<b>Estudios de métodos (Fase I + Fase II del proceso de cambio de cinta transportadora)</b>	291	140	160	69

Fuente: elaboración propia



**Figura 109.** Actividades que agregan valor antes y después de la mejora propuesta

Fuente: elaboración propia

En la tabla y gráfica anterior, se puede verificar que la dimensión de dicha variable

independiente: estudio de métodos, tuvo una reducción de 131 actividades productivas y 91 actividades improductivas.

**Variable Dependiente: Eficiencia**

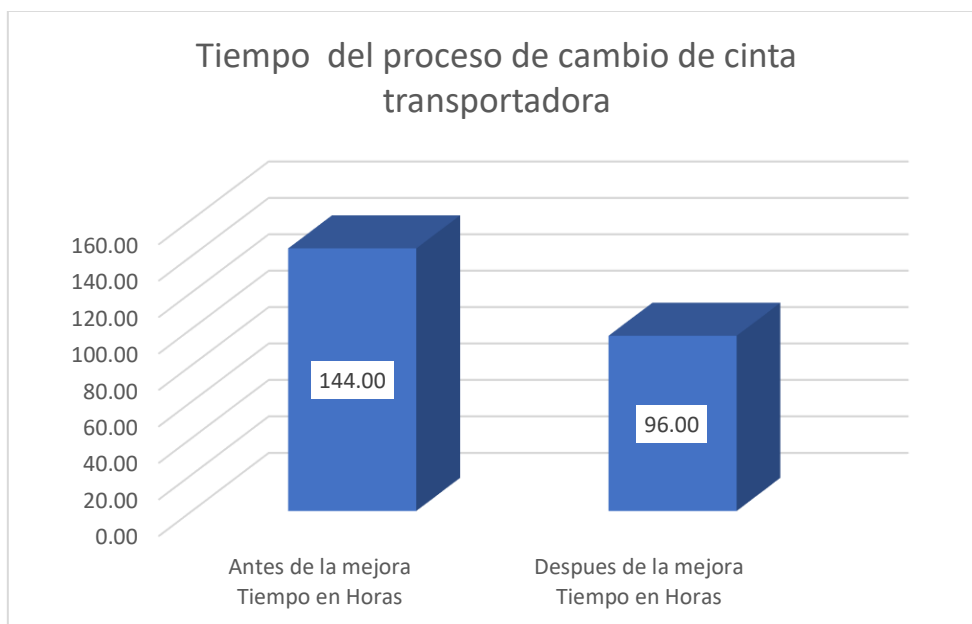
A continuación, se presentó el análisis descriptivo de la variable dependiente.

**Primera dimensión: Eficiencia en tiempo**

**Tabla 95.** Resultado de la eficiencia en tiempo proceso de cambio de cinta transportadora

	Antes de la mejora Tiempo en Horas	Despues de la mejora Tiempo en Horas	Mejora
<b>Tiempo del proceso de cambio de cinta transportadora</b>	144.00	96.00	33.33%

Fuente: elaboración propia



*Figura 110.* Tiempo antes y después de la propuesta de mejora

Fuente: elaboración propia

En la tabla 95, se pudo visualizar que en la primera dimensión de la variable dependiente: eficiencia en tiempo, tuvo una mejora de 33.33%.

**Tabla 96.** Análisis descriptivo del antes y después de la eficiencia en tiempo

<b>Descriptivos</b>			Estadístico	Desv. Error
			o	
Eficiencia en Tiempo ANTES	Media		-,1656	,14789
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,5066	
		Límite superior	,1755	
	Media recortada al 5%		-,1284	
	Mediana		-,0300	
	Varianza		,197	
	Desv. Desviación		,44368	
	Mínimo		-1,25	
	Máximo		,25	
	Rango		1,50	
	Rango intercuartil		,35	
	Asimetría		-2,115	,717
	Curtosis		5,333	1,400
Eficiencia en Tiempo DESPUÉS	Media		32,8889	8,15780
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,0770	
		Límite superior	51,7008	
	Media recortada al 5%		32,8527	
	Mediana		41,1800	
	Varianza		598,948	
	Desv. Desviación		24,47341	
	Mínimo		,00	
	Máximo		66,43	
	Rango		66,43	
	Rango intercuartil		47,63	
	Asimetría		-,258	,717
	Curtosis		-1,433	1,400

Fuente: elaboración propia

**Tabla 97.** Estadísticos de prueba de la eficiencia en tiempo

### Estadísticos descriptivos



	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficiencia en tiempo ANTES	9	-,1656	,44368	-1,25	,25
Eficiencia en tiempo DESPUÉS	9	32,8889	24,47341	,00	66,43

Fuente: elaboración propia

En la tabla 97, se pudo visualizar el análisis descriptivo de la comparación del antes y después de la eficiencia en tiempo, siendo el mínimo antes y después de la respectiva implementación de la ingeniería de métodos fue de -1,25 antes y 0,00 después. Así mismo la media en el antes y después del estudio del trabajo, fue de -0.17 para el antes y de 32,89 para el después. Por lo tanto, en la desviación estándar del antes y después del estudio del trabajo, fue de 0.44 para el antes y 24.47 para el después.

Segunda dimensión: Eficiencia en costo

**Tabla 98.** Resultado de la eficiencia en costo fase I y fase II del proceso de cambio de cinta transportadora

	Antes de la mejora Costo en \$	Despues de la mejora Costo en \$	Mejora
<b>Eficiencia en Costo (Fase I + Fase II del proceso de cambio de cinta transportadora)</b>	10338020.93	4486034.63	56.61%

Fuente: elaboración propia

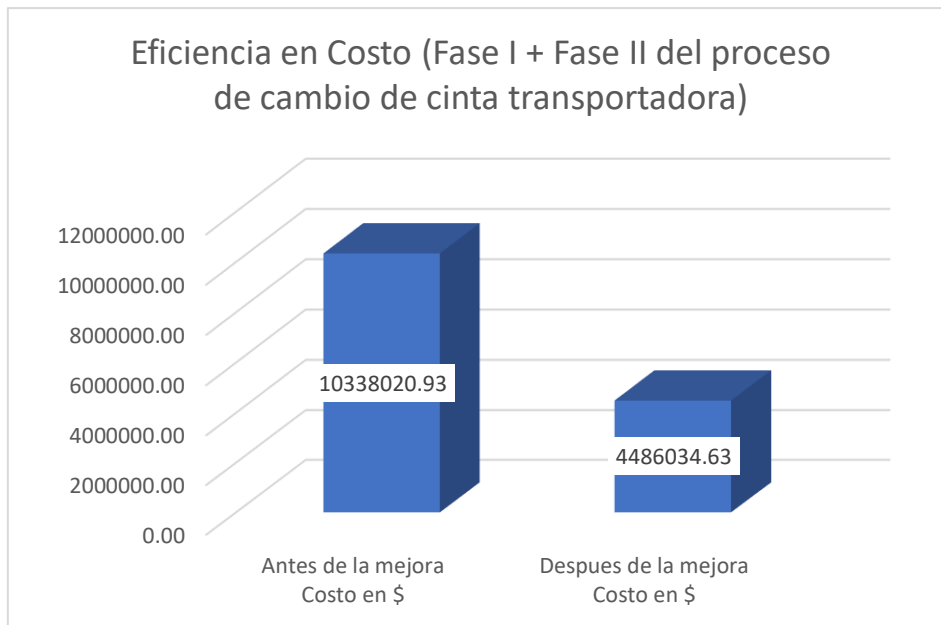


Figura 111. Eficiencia en costo antes y después de la propuesta de mejora

Fuente: elaboración propia

En la tabla 98, se pudo verificar que en la segunda dimensión de la variable dependiente: eficiencia en costo, tuvo una mejora de 56,61%.

Tabla 99. Análisis descriptivo del antes y después de la eficiencia en costos

Descriptivos			Estadístico	Desv. Error
Eficiencia en costos ANTES	Media		-79,7357	37,91268
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-157,5261	
		Límite superior	-1,9453	
	Media recortada al 5%		-44,0255	
	Mediana		,0000	
	Varianza		40246,387	
	Desv. Desviación		200,61502	
	Mínimo		-972,75	
	Máximo		,00	
	Rango		972,75	
	Rango intercuartil		47,58	

	Asimetría		-3,683	,441
	Curtosis		15,157	,858
Eficiencia en costos DESPUÉS	Media		54,0904	5,04043
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	41,8752	
		Límite superior	66,3055	
	Media recortada al 5%		54,5448	
	Mediana		50,9300	
	Varianza		992,364	
	Desv. Desviación		31,50182	
	Mínimo		,00	
	Máximo		100,00	
	Rango		100,00	
	Rango intercuartil		34,36	
	Asimetría		-,413	,441
	Curtosis		,430	,858

Fuente: elaboración propia

**Tabla 100.** Estadísticos de prueba de Eficiencia en costos

#### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficiencia en costos ANTES	28	-79,7357	200,61502	-972,75	,00
Eficiencia en costos DESPUÉS	28	54,0904	31,50182	,00	100,00

Fuente: elaboración propia

En la tabla 100, se pudo visualizar el análisis descriptivo de la comparación del antes y después de la eficiencia en costo, siendo el mínimo antes y después de la respectiva implementación de la ingeniería de métodos fue de -972,75 antes y ,00 después. Así mismo la media en el antes y después del estudio del trabajo, fue de -79,73 para el antes y de 54,09 para el después. Por lo tanto, en la desviación estándar del antes y después del estudio del trabajo, fue de 200,615 para el antes y 31,5018 para el después.

## Análisis inferencial

El análisis inferencial se utilizará para contrastar las hipótesis de la investigación si esta se acepta o se rechaza, mediante la prueba de normalidad, si la muestra es menor a 30 datos, se utilizará Shapiro Wilk, de lo contrario se utilizará Kolmogórov-Smirnov, luego de evaluar los datos, si estos muestran un comportamiento paramétrico, entonces se utilizará el estadígrafo TStudent, de lo contrario se empleará el estadígrafo Wilcoxon.

Asimismo, para la asignación del estadígrafo:

**Tabla 101.** *Estadígrafos*

ANTES	DESPUES	ESTADÍGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Parametrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: elaboración propia

## Análisis Inferencial de la hipótesis general

Con el objetivo de desarrollar el contraste de la hipótesis general, se requiere conocer si los datos a utilizar del pretest de la eficiencia y del post test de la eficiencia, son datos con un comportamiento paramétrico o no paramétrico. La muestra a utilizar es menor a los 30 datos, por lo tanto, se procedió a efectuar el estudio de la prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento no paramétrico.

Si  $p_{valor} > 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento paramétrico.

Los estudios de los datos y el resultado obtenido que se muestran a continuación, han sido validados respectivamente a través del programa SPSS V.23:

**Tabla 102.** *Prueba de normalidad de la eficiencia*

### Pruebas de normalidad

Shapiro-Wilk		
Estadístico	gl	Sig.

Eficiencia en tiempo y costos ANTES	,924	3	,468
Eficiencia en tiempo y costos DESPUÉS	,874	3	,308

Fuente: elaboración propia

En la tabla 102, se pudo observar la prueba de normalidad realizada a la variable dependiente, eficiencia, donde se observó que el antes y después la eficiencia tuvo una significancia mayor a 0.05, es decir, que los datos del pretest y post test según la regla de decisión tuvo un comportamiento paramétrico, Por lo tanto, se optó por efectuarse con el estadígrafo TStudent

Contraste de la Hipótesis general

Ho: La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Ha: La aplicación de la ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Regla de decisión:

Ho:  $\mu_{\text{Eficiencia (a)}} \geq \mu_{\text{Eficiencia (d)}}$

Ha:  $\mu_{\text{Eficiencia (a)}} < \mu_{\text{Eficiencia (d)}}$

**Tabla 103.** Estadísticos de prueba de Eficiencia

	N	Media	Desviación estándar	Desviación Error promedio
Eficiencia en tiempo y Costos ANTES	3	-12,6100	11,07769	6,39571
Eficiencia en tiempo y costos DESPUÉS	3	45,5967	10,76319	6,21413

Fuente: elaboración propia

Se verificó en la tabla 103, ha quedado demostrado que la media de la eficiencia antes (-12,6100) es menor a la media de la eficiencia después (45,5967), por lo que no se cumple Ho:  $\mu_{\text{Pa}} \geq \mu_{\text{Pd}}$ , entonces, se rechaza la hipótesis nula de que La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, y se acepta la hipótesis del investigador, de que La aplicación de la ingeniería de

métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, con el fin de confirmar que es correcto dicho análisis, se prosigue al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados por medio de aplicación de la prueba de Wilcoxon a la eficiencia del pretest y post test.

Regla de decisión:

Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula. (no normal)

Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula. (normal)

**Tabla 104. Estadísticos de prueba de eficiencia**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	confianza de la				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficiencia en Tiempo y Costos ANTES - Eficiencia en Tiempo y Costos DESPUÉS	-58.20667	18.44393	10.64861	-104.02393	-12.38941	-5.466	2	0.032

Fuente: elaboración propia

En la tabla 104, se pudo observar que a través de la prueba TStudent que fue aplicado a la eficiencia en tiempo del pretest y post test, se obtuvo una significancia de 0.032 Por consiguiente, según la regla de decisión presentada anteriormente la hipótesis nula es rechazada y se acepta que La aplicación de la ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

### **Análisis Inferencial de las hipótesis específicas**

#### **Primera hipótesis específica**

La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Con el fin de desarrollar el contraste de la primera hipótesis específica, se requiere conocer si los datos a utilizar pertenecientes al pretest de la dimensión eficiencia en tiempo y del post test de la misma, son datos con un comportamiento

paramétrico o no paramétrico. La muestra a utilizar es menor a los 30 datos, por lo tanto, se procedió a efectuar el estudio de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento no paramétrico.

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento paramétrico.

**Tabla 105.** Estadígrafos, eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia en Tiempo ANTES	,766	9	,008
Eficiencia en Tiempo DESPUÉS	,922	9	,411

Fuente: elaboración propia

En la tabla 105, se pudo observar la prueba de normalidad realizada a la dimensión: eficiencia en tiempo, donde se observó que el antes tuvo una significancia menor a 0,05, y el después mayor a 0,05, es decir, que los datos del pretest según la regla de decisión tuvo un comportamiento no paramétrico y posttest paramétrico por lo que, se optó a usar el estadígrafo Wilcoxon.

### Contraste de la primera hipótesis específica

Ho: La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Ha: La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Regla de decisión:

Ho:  $\mu\text{Eficiencia en tiempos (a)} \geq \mu\text{Eficiencia en tiempos (d)}$

Ha:  $\mu\text{Eficiencia en tiempos (a)} < \mu\text{Eficiencia en tiempos (d)}$

**Tabla 106.** Estadísticos descriptivos eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta

**Estadísticos descriptivos**

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficiencia en tiempo ANTES	9	-,1656	,44368	-1,25	,25
Eficiencia en tiempo DESPUÉS	9	32,8889	24,47341	,00	66,43

Fuente: elaboración propia

Se observó en la tabla 106, que la media de la eficiencia en tiempo antes (-,1656) es menor a la media de la eficiencia en tiempos después (32,8889), por lo que no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , entonces, se rechaza la hipótesis nula de La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021. y se acepta la hipótesis del investigador, de que La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, con el fin de confirmar que es correcto dicho análisis, se prosigue al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados por medio de aplicación de la prueba de Wilcoxon a la eficiencia en tiempos del pretest y post test.

Regla de decisión:

Si  $pvalor \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

Si  $pvalor > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 107.** Estadígrafos de prueba de la eficiencia en tiempo antes y después de la mejora propuesta

**Estadísticos de prueba**

	Eficiencia en tiempo DESPUÉS - Eficiencia en tiempo ANTES
Z	-2,310 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,021

Fuente: elaboración propia



En la tabla 107, se pudo observar que a través de la prueba Wilcoxon que fue aplicado a la eficiencia en tiempos del pretest y post test, se obtuvo una significancia de 0.021. Por consiguiente, según la regla de decisión presentada anteriormente la hipótesis nula es rechazada y se acepta que La aplicación de la ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

### Segunda hipótesis específica

La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Con el fin de desarrollar el contraste de la segunda hipótesis específica, se requiere conocer si los datos a utilizar pertenecientes al pretest de la dimensión eficiencia en costos y del post test de la misma, son datos con un comportamiento paramétrico o no paramétrico. La muestra a utilizar es de tamaño pequeño, es decir, menor a los 30 datos, por lo tanto, se procedió a efectuar el estudio de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento no paramétrico.

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos de la muestra tienen un comportamiento paramétrico.

**Tabla 108.** Estadígrafos, prueba de normalidad de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia en costos ANTES	,462	28	,000
Eficiencia en costos DESPUÉS	,888	28	,006

Fuente: elaboración propia

En la tabla 108, se pudo observar la prueba de normalidad realizada a la dimensión: eficiencia en costos, donde se observó que el antes y después tuvo una significancia menor a 0,05, es decir, que los datos del pretest y postest según la

regla de decisión tuvo un comportamiento no paramétrico por lo que, se optó a usar el estadígrafo Wilcoxon.

### Contraste de la segunda hipótesis específica

Ho: La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Ha: La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

Regla de decisión:

Ho:  $\mu_{\text{Eficiencia en costos (a)}} \geq \mu_{\text{Eficiencia en costos (d)}}$

Ha:  $\mu_{\text{Eficiencia en costos (a)}} < \mu_{\text{Eficiencia en costos (d)}}$

**Tabla 109.** Estadígrafos descriptivos de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta

#### Estadísticos descriptivos

	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Eficiencia en Costos ANTES	28	-79,7357	200,61502	-972,75	,00
Eficiencia en Costos DESPUÉS	28	54,0904	31,50182	,00	100,00

Fuente: elaboración propia

Se observó en la tabla 109, que la media de la eficiencia en costos antes (-79,7357) es menor a la media de la eficiencia en costos después (54,0904), por lo que no se cumple Ho:  $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , entonces, se rechaza la hipótesis nula de La aplicación de la ingeniería de métodos no mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021. y se acepta la hipótesis del investigador, de que La aplicación de la ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, con el fin de confirmar que es correcto dicho análisis, se prosigue al análisis mediante el pvalor o significancia de los resultados por medio de aplicación de la prueba de Wilcoxon a la eficiencia en tiempos del pretest y post test.

Regla de decisión:

Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.

Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 110.** *Estadígrafos de prueba de la eficiencia en costos antes y después de la mejora propuesta*

**Estadísticos de prueba**

	Eficiencia en Costos DESPUÉS - Eficiencia en Costos ANTES
Z	-4,211 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	,000

Fuente: elaboración propia

En la tabla 110, se pudo observar que a través de la prueba Wilcoxon que fue aplicado a la eficiencia en costos del pretest y post test, se obtuvo una significancia de 0.000. Por consiguiente, según la regla de decisión presentada anteriormente la hipótesis nula es rechazada y se acepta que La aplicación de la ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora CVB-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021.

## V. DISCUSIÓN

1. La aplicación de la ingeniería de métodos para aumentar la eficiencia del proceso de cambio total de cinta transportadora en empresa minera Las Bambas (MMG), permitió cumplir los objetivos planteados en la presente investigación, esto se logró mediante la aplicación de la ingeniería de métodos para lograr reducir los costos y tiempos bajo un enfoque de optimización del proceso de cambio de cinta transportadora.
2. Según evaluación y determinación se pudo comprobar que la aplicación de la ingeniería de métodos al proceso de cambio de cinta transportadora mejora la eficiencia del mismo, logrando las mejoras en costos que la presente tesis de investigación logró realizar un aumento de la eficiencia en costos de 56.61%, según tabla 98 y la eficiencia en tiempo del proceso de cambio de cinta transportadora logró mejorar un 33.33% (a 96 horas).
3. Respecto a la hipótesis general que plantea que la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021 según análisis en sus 02 dimensiones se afirma lo siguiente:
4. Respecto a la primera hipótesis específica La Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los tiempos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, con un p valor menor a 0.05 (Sig. asintótica bilateral=0.021<0.05). Observamos que la media de la eficiencia antes fue de negativa -,1656 y luego de la aplicación fue de 32,8889, es decir un incremento del 33.05, la cual concuerda con lo que dice ULCO, en su tesis “Aplicación de la Ingeniería de métodos en el proceso productivo de cajas de calzado para mejorar la productividad de mano de obra de la empresa Industrias Art Print”. Tesis (Título en Ingeniería Industrial) Universidad César Vallejo, sede Trujillo -Perú, 2015, donde demuestra que la productividad mejoró en un 23.7%. Así mismo se comparte lo mencionado con George Kanawaty en su obra Introducción al estudio de trabajo de la OIT, que la productividad tiende a mejorarse con la aplicación de la ingeniería de métodos, ya que, al aplicarlo, se logra eliminar las actividades que no agregan valor.

5. Respecto a la segunda hipótesis específica que plantea que la Aplicación de la Ingeniería de métodos mejora los costos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021., con un p valor menor a 0.05 (Sig. asintótica bilateral=0.000<0.05). Observamos que la media de la eficiencia antes fue de -79,7357 y luego de la aplicación fue de 54,0904, es decir un incremento del 133.83 Esta mejora obtenida también se ve reflejado, con la tesis de OREJUELA, en su tesis que lleva por título “Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad, en el área de producción de la empresa Servicios Industriales Metalmecánicos Orejuela SEIMCO”, hizo que mejore las operaciones de cada proceso de producción e hizo una mejora de 34 %, la productividad se incrementó mensualmente de 279 unidades por horas hombre a 374 unidades por hora hombre en la jornada normal de trabajo de 8 horas y en el tema de ventas un 20%, es decir 29974 al mes, así mismo la Eficiencia del área de producción en la empresa RESEAD S.A.C. se ha incrementado en un 3.30 % en promedio, Asimismo con los nuevos controles que se propusieron se redujeron las actividades que no agregan valor de 19,23% a 13,44%. Ello hace referencia la tesis de ROSAS, al aplicar la Ingeniería de métodos.
6. Gracias a las mejoras implementadas se logró cumplir la meta de eficiencia global de mejorar el proceso de cambio de cinta transportadora planteada al inicio de la investigación.

## VI. CONCLUSIONES

1. La Aplicación de la Ingeniería de métodos permitió mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, en la dimensión tiempo se ha logrado mejorar un 33.33% del tiempo total de cambio de cinta transportadora, 48 horas lo cual representa una mejora significativa, solucionando el problema de que el tiempo del proceso de cambio de cinta transportadora en su estado actual es de 144 horas, mayor a las 96 horas de parada programada como máximo tiempo programado de una parada de planta, la propuesta implementada logra reducir del tiempo de cambio de cinta transportadora a 96 horas, siendo coherente con el tiempo de parada programada (la mejora de la eficiencia del tiempo solo considera el tiempo de proceso de cambio de cinta transportadora debido a que el proceso de plegado de faja tipo libro no agrega valor en cuanto a mejorar el tiempo).
2. La Aplicación de la Ingeniería de métodos permitió mejorar la eficiencia del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, en la dimensión tiempo se ha logrado mejorar un 33.33% esta optimización permitió obtener un ahorro – ingreso para el área de transporte de mineral grueso de \$17,280,000.00 (diecisiete millones doscientos ochenta mil)
3. La Aplicación de la Ingeniería de métodos permitió optimizar los costos del proceso de cambio de cinta transportadora cvb-0004 en minera Las Bambas, Apurímac 2021, el ahorro – ingreso generado de \$17,280,000.00 (diecisiete millones doscientos ochenta mil) frente a los \$4,486,034.63 nos dan un excedente ahorrado de \$12,793,965.4 (12 millones setecientos noventa y tres mil novecientos sesenta y cinco con 40/100 dólares) el cual nos ha permitido obtener un ratio de beneficio neto / Costo de 2.85, el cual evidencia notablemente la mejora de proceso de cambio de cinta transportadora.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la gerencia del área de transporte de mineral grueso fajas overland tenga el compromiso de realizar la implementación del nuevo de proceso de cambio de cinta transportadora en el próximo cambio de cinta transportadora, planificada para el 2022 debido a la criticidad del estado actual de la cinta transportadora CVB-0004. Realizar el estudio técnico referido a la parte de trabajos civiles, mecánicos y eléctricos – instrumentación que permita definir a detalle los trabajos antes mencionados, estos trabajos deben ser planificados con anticipación y ser parte de un cronograma íntegro que involucre trabajos preparativos, plegado de faja tipo libro y cambio de cinta transportadora.
- El nuevo proceso de cambio de cinta transportadora debe ser informado formalmente a toda la línea de mando y trabajadores involucrados, por ser trabajos que impliquen trabajos de alto riesgo y en el cual se involucren gran cantidad de personal de diferentes especialidades desde la etapa de trabajos preparativos, plegado de faja tipo libro y cambio de cinta transportadora. Desarrollar un Procedimiento Escrito de Trabajo seguro (PETS) con base en la nueva propuesta de cambio de cinta transportadora propuesta en la presente tesis de investigación, respetando el paso a paso e implementado las medidas de control para que la actividad se desarrolle de forma segura, cuidando la integridad del trabajador y respetando los estándares de higiene y salud ocupacional de minera Las Bambas.
- La nueva propuesta sugiere realizar una planificación anticipada del proyecto para garantizar el cumplimiento de todas las actividades, debe ser incluido en el plan anual de paradas programadas de planta, de esa forma no solo se ejecutará el proyecto, sino también actividades propias del área de mantenimiento mecánico y confiabilidad. Es importante indicar que el costo de 1 hora de planta detenida representa un costo de \$360 000,00, es por ello la importancia de precisión en planificación.

## REFERENCIAS

- Tacilla Chirca, A. (2018), Aplicación de Estudio de Trabajo para mejorar la productividad del proceso de overhaul de radiadores 5349T de los helicópteros MI-17 en la empresa HELICENTRO PERÚ S.A.C. – Lima 2018, 267 pp.
- Rosas Córdova, J. (2017), Aplicación de la ingeniería de métodos para mejorar la productividad en el proceso de montaje en la línea de producción de reconectores en la empresa Resead S.A.C. puente piedra, 2017, 181 pp.
- López Chávez, A. (2019), Aplicación de estudio del trabajo para incrementar la productividad en el área de remolques de mediana capacidad de la Empresa Inversiones Tamara E.I.R.L., Chorrillos, 2019, 112 pp.
- Velasco Bustamante, J. (2017). Aplicación de la ingeniería de métodos en la mejora del proceso de fabricación de pallets de madera para incrementar la productividad de la empresa Manufacturas y procesos integrados E.I.R.L. Lima.
- Moreno, Rodrigo. Propuesta de mejoramiento de la productividad, en la línea de elaboración de armadores, atreves de un estudio de tiempos PLÁSTICOS PARTIPLAST. Trabajo de Titulación (Magister en Industrial). Quito: Escuela politécnica nacional, 2017, 142pp.
- Palacios, Eduardo. “Mejora de la productividad de la planta de la empresa MB Mayflower Bufalos S.A. mediante la implementación de un sistema de producción esbelta”. Tesis (Para obtener el grado de Máster en Ingeniería Industrial). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- Guaraca Guaraca, S. G. (2015). Mejora de la productividad en la sección de prensado de pastillas mediante el estudio de métodos y la medición del trabajo de la fábrica de frenos Automotrices Edgar S.A. Quito.
- Odar, Nombera. Mejora de la productividad en la empresa Vivar S.A.C. Trabajo de Titulación (Ingeniero Industrial). Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2014, 98pp.



Kanawaty, George, Introducción al estudio del trabajo. 4ª ed. México, D.L.: Limusa, 2010. 522 pp.

Orejuela, Mónica. Diseño e implementación de un programa de ingeniería de métodos, basado en la medición del trabajo y productividad, en el área de producción de la empresa servicios industriales metalmecánicos orejuela"SEIMCO",2015. Trabajo de Titulación (Magister en Industrial). Quito: Escuela politécnica nacional, 2016, 135pp.

Pimienta, Julio y de la orden, Arturo. Metodología de la investigación [en línea]. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2012 [fecha de consulta: 15 de agosto del 2016].

Niebel, B. (2009). Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo (12° ed.). Monterrey, México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores.

Cespedes, Nikita, Lavado, Pablo, Ramírez Ernesto. Productividad en el Perú medición, determinantes e implicancias, Perú, Universidad del Pacífico, 2016, 314pp.

García Criollo, R. Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. 2da Edición. México: Mc Graw Hill, 2005, ISBN 970-10-4657-9

Introducción a la Ingeniería Industrial, por BACA, G. [et al.]. 2da. Edición. México: Grupo Editorial Patria, 2014. 385 pp. ISBN 978-607-438-919-7

Quesada, M; Villa, W. Estudio de Trabajo: Notas de Clase. Colombia: Fondo Editorial ITM. 2007. ISBN 978-958-98275-9-8

Bain, D. (1999). Productividad: La solución a los problemas de la empresa (Primera ed.). México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores.

García Criollo, R. (2005). Estudio del Trabajo. Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo (Segunda ed.). Monterrey, México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores.

- Kramis, J. Sistema y Procedimientos Administrativos: Metodología para su Aplicación en Instituciones Privadas y Públicas. 4ta Edición. México: Universidad Iberoamericana. 1994. ISBN 968-859-115-7.
- Cristóbal, Isidro. Estudio y diseño de trabajo. 2 ed. México, DF: Grupo Editorial Patria, 2014. 175 pp. ISBN: 978-607-438-919-7
- López, J; Alarcón, E; Rocha, M. Estudio de Trabajo: Una Nueva Visión. México: Grupo Editorial Patria. 2014. ISBN 978-607-438-913-5
- Meyers, F. E. (2002). Estudio de Tiempos y Movimientos para la Manufactura Ágil (Segunda ed.). México: Pearson Educación.
- Prokopenko, Joseph. La gestión de la productividad. 1ª ed. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo, 1989. 317 pp.
- Niebel, B. (1975). Ingeniería industrial: Estudio de tiempos y movimientos (Cuarta ed.). México D.F
- De la Fuente García, D; Organización de la Producción en Ingeniería [En línea] España: Universidad de Oviedo, 2006. [Fecha de Consulta 6 de octubre del 2017] ISBN: 13-978-84-8317-559-0 Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=veqR0uw4fOIC&pg=PA249&dq=tiempo+est%C3%A1ndar&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjurMnB5\\_zWAhUISiYKHTwpAwYQ6AEIQTAF#v=onepage&q=tiempo%20est%C3%A1ndar&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=veqR0uw4fOIC&pg=PA249&dq=tiempo+est%C3%A1ndar&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjurMnB5_zWAhUISiYKHTwpAwYQ6AEIQTAF#v=onepage&q=tiempo%20est%C3%A1ndar&f=false)
- Meyers, F. Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura ágil. [En línea]. 2da Edición. México. Pearson Educación de México S.A. 2000 [Fecha de Consulta 6 de octubre del 2017]. ISBN 968-444-468-0. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=cr3WTuK8mn0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=cr3WTuK8mn0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Holding "Helicópteros de Rusia". Russian HELicopters, © 2017 [Fecha de Consulta 1 de octubre del 2017] Disponible en: <http://www.russianhelicopters.aero/es/about/>

- Huamán Valencia, E. (2014), "Tecnología de bandas transportadoras". Universidad nacional de San Agustín, facultad de Ingeniería de procesos. 2014, 96 pp.
- Acuña Pérez, J. (2016), "Análisis para la implementación de una banda transportadora para mineral en el circuito de chancado de la compañía minera Maperú". Universidad nacional del centro del Perú - Huancayo. 2016, 119 pp.
- Erich, M (2019). Industrial Engineering Management – THE key skill for the Digital Age. (University of Applied Sciences FH Technikum Wien, Hoechstaedtplatz 6, 1200 Vienna, Austria).
- Association of Manufacturing Excellence (AME). 1990. Flexibility: Manufacturing Battlefield of the 1990s. Sponsored by the Association of Manufacturing Excellence and Systems Science Institute. Japan, Waseda University
- Heizer, Jay. 2009. Principios de Administración de Operaciones. Séptima. México: Pearson Education, 2009. pág. 752. ISBN 978-607-442-099-9.
- Rolland, C. (1997) A Primer for Method Engineering. In: <http://citeseer.ist.psu.edu/rolland97primer.html>.
- Ayed, M.B., Ralyté, J. and Rolland, C. (2004) Constructing the Lyee method with a method engineering approach. In: Knowledge-Based Systems, Vol. 17 (2004), pp. 239-248.
- Grundy, J.C. and Venable, J.R., Towards an integrated environment for method engineering. In: Cotterman, W.W., Senn, J.A. (Eds.), Challenges and Strategies for Research in Systems Development, Wiley, Chichester. pp. 45-62.
- Harmsen, A.F., Brinkkemper, S. and Oei, H., Situational Method Engineering for Information System Projects. 1994. Proceeding of the IFIP WG8.1 Working Conference CRIS'94, 1994. North-Holland, Amsterdam.
- Prakash, N. and Bhatia, M.P.S., Generic Models for Engineering Methods of Diverse Domains. 2002. Proceeding of CAISE02, Toronto, Canada, LNCS Volume 2348, 2002

## ANEXOS

### Anexo 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Variable independiente:  <b>Ingeniería de métodos</b>	Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis para eliminar toda operación innecesaria y para encontrar el método más rápido para realizar las necesarias	Técnica a través de la cual se puede simplificar las tareas de un trabajo y determinar el tiempo estándar, eliminando tiempos improductivos.	Estudio de Métodos	$\% \text{ Actividades} = \frac{\Sigma(N^{\circ} . A . P)}{\Sigma(N^{\circ} . A . P.) + \Sigma(N^{\circ} . A . I.)}$ Dónde: N°. A. P. = Número de Actividades Productivas N°. A. I. = Número de Actividades Improductivas	Razón
Variable dependiente:  <b>Eficiencia</b>	La eficiencia se define como la relación existente entre los recursos que son empleados para un proyecto y los logros que son obtenidos a través de este. La eficiencia se consigue en aquellos casos en los que se utiliza un menor número de recursos para poder conseguir un mismo objetivo (EUDE 2019)	Utilización o empleo de un número menor de recursos para la consecución de un objetivo	Eficiencia en tiempo	$\text{eficiencia en Tiempo} = 1 - \frac{\text{Tiempo programado}}{\text{Tiempo real}} \times 100\%$	Razón
			Eficiencia en costo	$\text{Eficiencia en Costo} = 1 - \frac{\text{Costo programado}}{\text{Costo real}} \times 100\%$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

## Anexo 2.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:

INGENIERÍA DE MÉTODOS

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Estudio de Métodos</b>							
<b>1</b>	$\% \text{ Actividades} = \frac{\Sigma(N^\circ . A.P)}{\Sigma(N^\circ . A.P.) + \Sigma(N^\circ . A.I.)}$	X		X		X		

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** APLICABLE SI HAY SUFICIENCIA

**Opinión de aplicabilidad:**      **Aplicable** [ X ]      **Aplicable después de corregir** [ ]      **No aplicable** [ ]

**Apellidos y nombres del juez validador:** Dr/ Mg: Percy Sixto Sunohara Ramírez

**DNI:** 40608759

**Especialidad del validador:** MSC Dirección de TI, Ingeniería Industrial

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

20 de mayo del 2021



-----  
Firma del Experto Informante.

Anexo 3.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE:

EFICIENCIA

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sub>1</sub>		Relevancia <sub>2</sub>		Claridad <sub>3</sub>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficiencia en Tiempo</b>							
3	$eficiencia\ en\ Tiempo = 1 - \frac{Tiempo\ programado}{Tiempo\ real} \times 100\%$	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficiencia en Costo</b>							
4	$Eficiencia\ en\ Costo = 1 - \frac{Costo\ programado}{Costo\ real} \times 100\%$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): APLICABLE SI HAY SUFICIENCIA

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [ X ]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Percy Sixto Sunohara Ramírez

DNI: 40608759

Especialidad del validador: MSC Dirección de TI, Ingeniería Industrial

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

20 de mayo del 2021

-----  
Firma del Experto Informante.

Anexo 4.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: INGENIERÍA DE MÉTODOS

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Estudio de Métodos</b>							
<b>1</b>	$\% \text{ Actividades} = \frac{\Sigma(N^\circ . A.P.)}{\Sigma(N^\circ . A.P.) + \Sigma(N^\circ . A.I.)}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_ **SUFICIENCIA** \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ X ]      Aplicable después de corregir [ ]      No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr.:      **Jorge Rafael Díaz Dumont**

DNI:      **08698815**

Especialidad del validador:      **Ingeniero Industrial**

**28 de junio de 2021**

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Dr. Jorge Rafael Díaz Dumont (PhD)  
INVESTIGADOR CENCIA Y TECNOLOGÍA  
SINACYT - REGISTRO REGINA 15697

-----  
**Firma del Experto Informante**





Anexo 6.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: **INGENIERÍA DE MÉTODOS**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Estudio de Métodos</b>							
1	$\% \text{ Actividades} = \frac{\Sigma(N^\circ . A.P)}{\Sigma(N^\circ . A.P.) + \Sigma(N^\circ . A.I.)}$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_HAY SUFICIENCIA\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ X ]            Aplicable después de corregir [ ]            No aplicable [ ]


Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Mg. Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo DNI: 07500140

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 30 de junio del 2021

  
 -----  
 GUSTAVO ADOLFO  
 MONTOYA CÁRDENAS  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 144806  
 -----

Firma del Experto Informante.

Anexo 7.



CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE: EFICIENCIA

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficiencia en Tiempo</b>							
3	$eficiencia\ en\ Tiempo = 1 - \frac{Tiempo\ programado}{Tiempo\ real} \times 100\%$	X		X		X		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficiencia en Costo</b>							
4	$Eficiencia\ en\ Costo = 1 - \frac{Costo\ programado}{Costo\ real} \times 100\%$	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): **\_HAY SUFICIENCIA**

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [ X ]**      **Aplicable después de corregir [ ]**      **No aplicable [ ]**

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: **Mg. Montoya Cárdenas, Gustavo Adolfo**      **DNI: 07500140**

Especialidad del validador: **Ingeniero Industrial**

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima, 30 de junio del 2021

**GUSTAVO ADOLFO**  
**MONTOYA CÁRDENAS**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
 Reg. CIP N° 142306

Firma del Experto Informante.

**Anexo 8.**

<b>FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS A MEJORAR – FASE I “ARMADO DE LIBRO”</b>				
<b>EMPRESA</b>		<b>N° DE FICHA:</b>		
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>		
<b>ÁREA</b>				
<b>IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo programado en horas</b>	<b>Tiempo real en horas</b>	<b>Eficiencia</b>
<b>TOTAL</b>				

Fuente: elaboración propia



Anexo 10.

FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE I "ARMADO DE LIBRO"				
EMPRESA		N° DE FICHA:		
RESPONSABLE		FECHA		
ÁREA				
IDENTIFICACIÓN DE COSTOS				
ÍTEM	Descripción	Costo programado en \$	Costo propuesto/real en \$	Eficiencia
<b>TOTAL</b>				






Fuente: elaboración propia

**Anexo 11.**

<b>FICHA DE REGISTRO DE COSTOS A OPTIMIZAR FASE II "Ejecución del cambio de cinta transportadora"</b>				
<b>EMPRESA</b>		<b>Nº DE FICHA:</b>		
<b>RESPONSABLE</b>		<b>FECHA</b>		
<b>ÁREA</b>				
<b>IDENTIFICACIÓN DE COSTOS</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo programado en \$</b>	<b>Costo propuesto/real en \$</b>	<b>Eficiencia</b>
<b>TOTAL</b>				

Fuente: elaboración propia

**Anexo 12.**

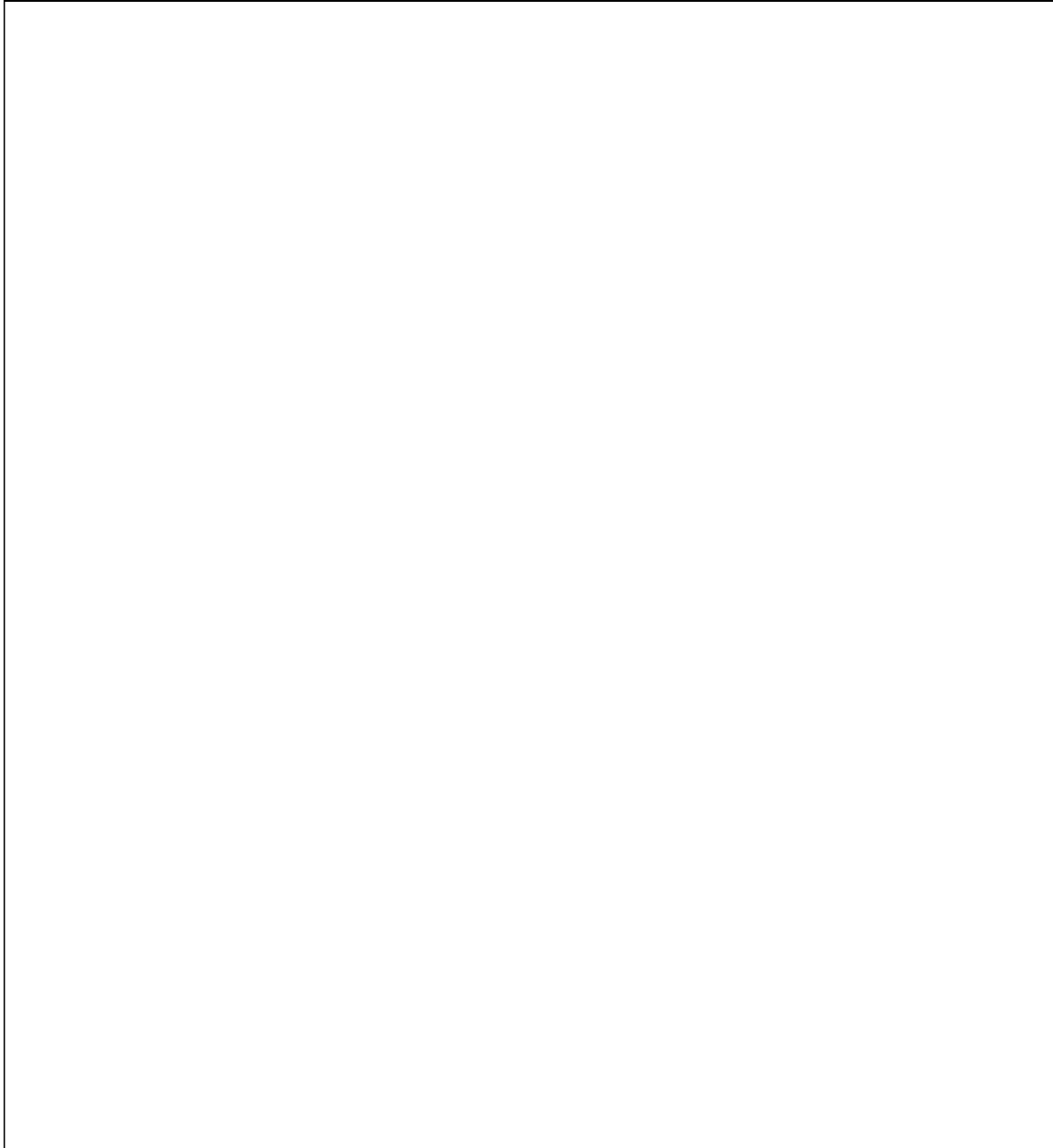
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO									
Diagrama No.	Hoja No.	OPERARIO <input type="checkbox"/>	MATERIAL <input type="checkbox"/>	EQUIPO <input type="checkbox"/>					
Objetivo:		<b>RESUMEN</b>							
		ACTIVIDAD	ACTUAL	PROPUESTO	MEJORADO				
Proceso analizado:		Operación							
		Transporte							
		Espera							
Método:	Propuesto <input type="checkbox"/>	Inspección							
Actual <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Almacenamiento							
Localización:		Distancia (m)							
		Tiempo (hr/hombre)							
Operario:		Costo							
		Total							
Elaborado por:	Fecha:	Comentarios							
Aprobado por:	Fecha:								
Descripción	Cantidad	Distancia	Tiempo	Símbolo					Observaciones
									
<b>TOTAL</b>									

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 13.**

### DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Actividad:	Parte:	Fecha: ___/___/___
Departamento:	Operario(s): _____	Hoja Nro.      de
Elaborado por:		Método: <input type="checkbox"/> Actual
Tipo: <input type="checkbox"/> Operario <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina		<input type="checkbox"/> Propuesto



<b>RESUMEN</b>	
Actividad	Cantidad
○	
□	
◻	
<b>TOTAL</b>	

Fuente: Elaboración propia

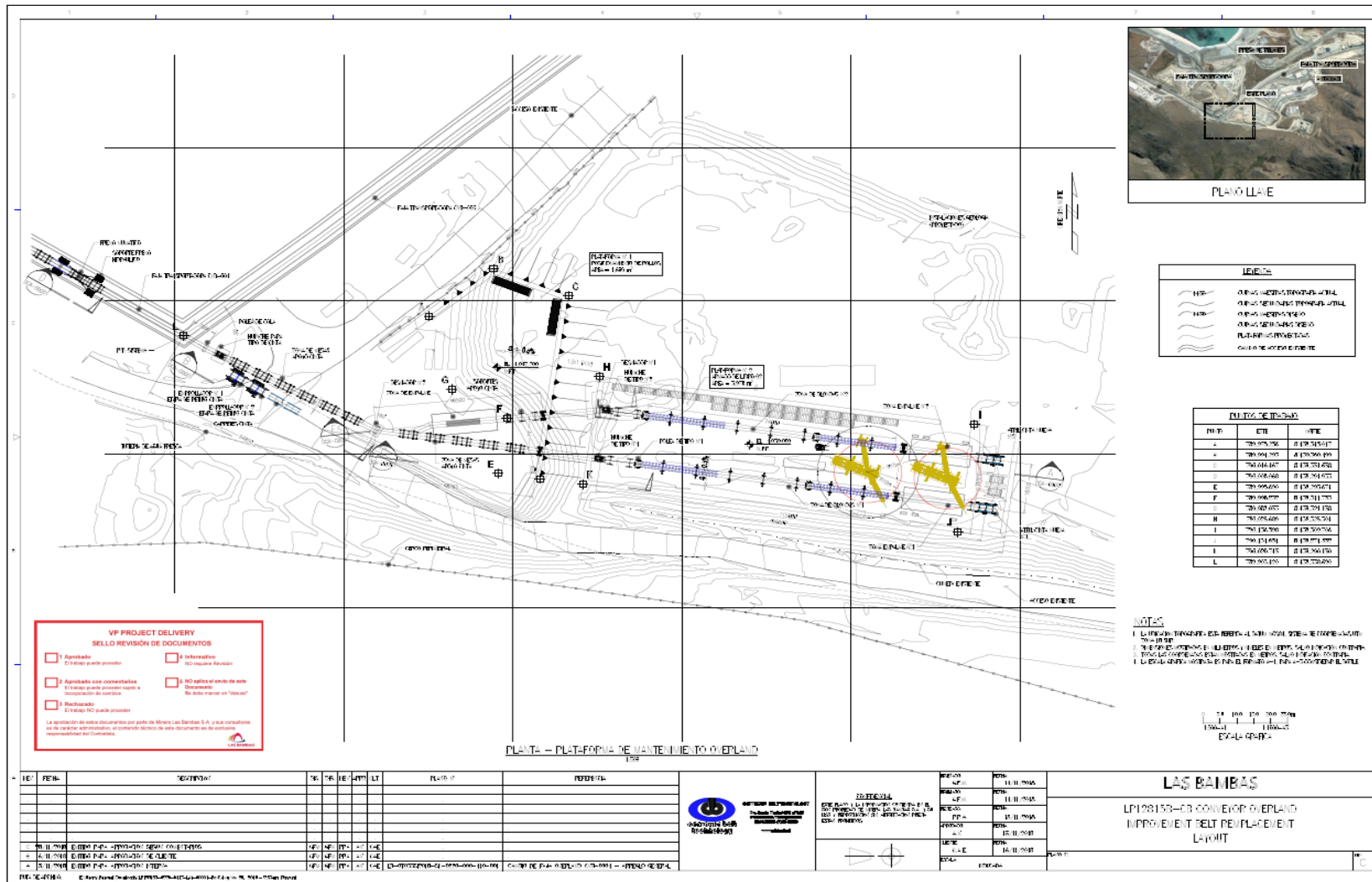


## Anexo 14.

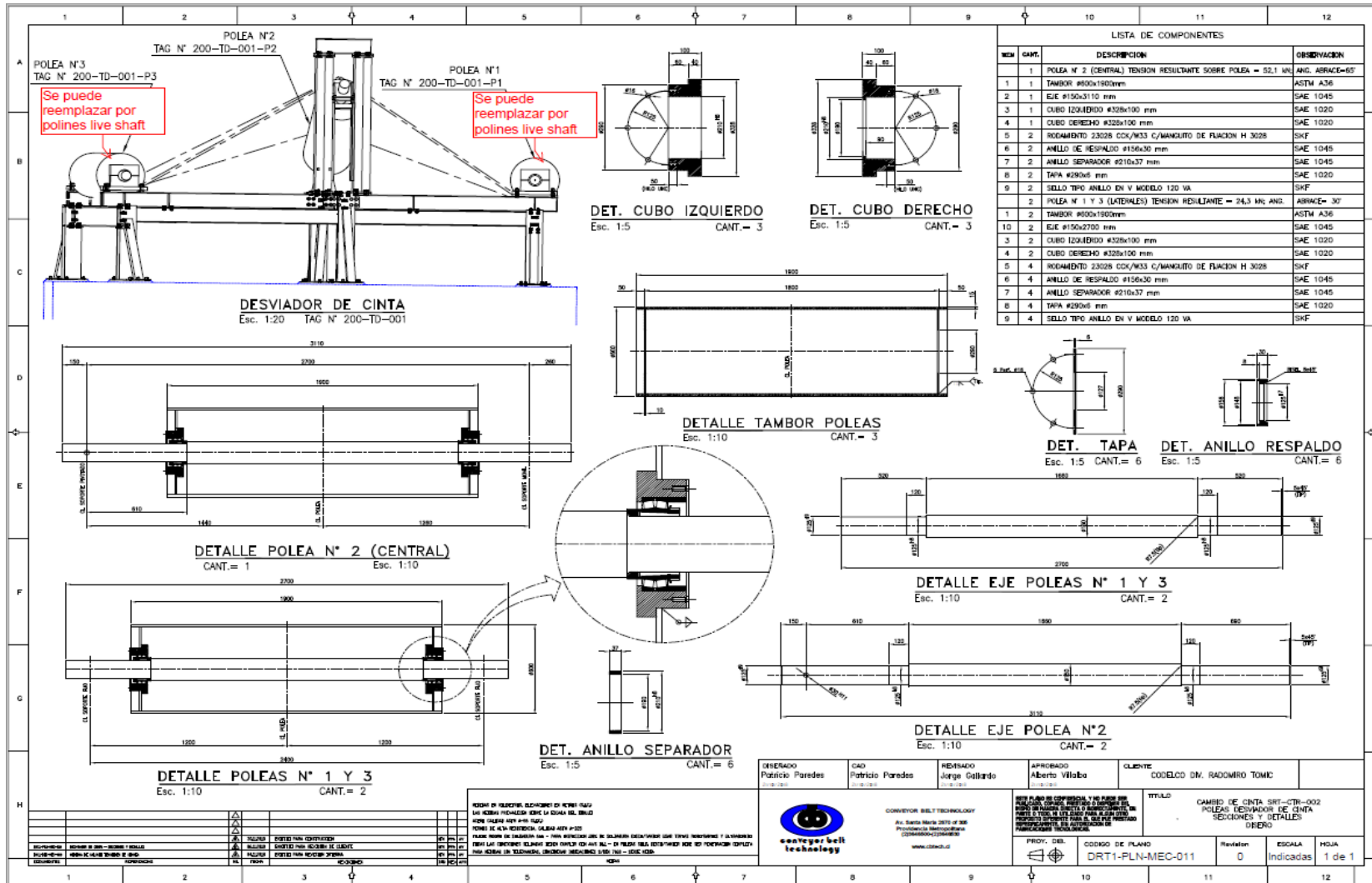
DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO		
Actividad:	Parte:	Fecha: __/__/__
Departamento:	Operario(s):	Hoja Nro.      de
Elaborado por:		Método: <input type="checkbox"/> Actual
Tipo: <input type="checkbox"/> Operario <input type="checkbox"/> Material <input type="checkbox"/> Máquina		<input type="checkbox"/> Propuesto
<b>RESUMEN</b>		
Actividad	Cantidad	
○		
□		
◻		
⇒		
▽		
D		
⊖		
TOTAL		

Fuente: Elaboración propia

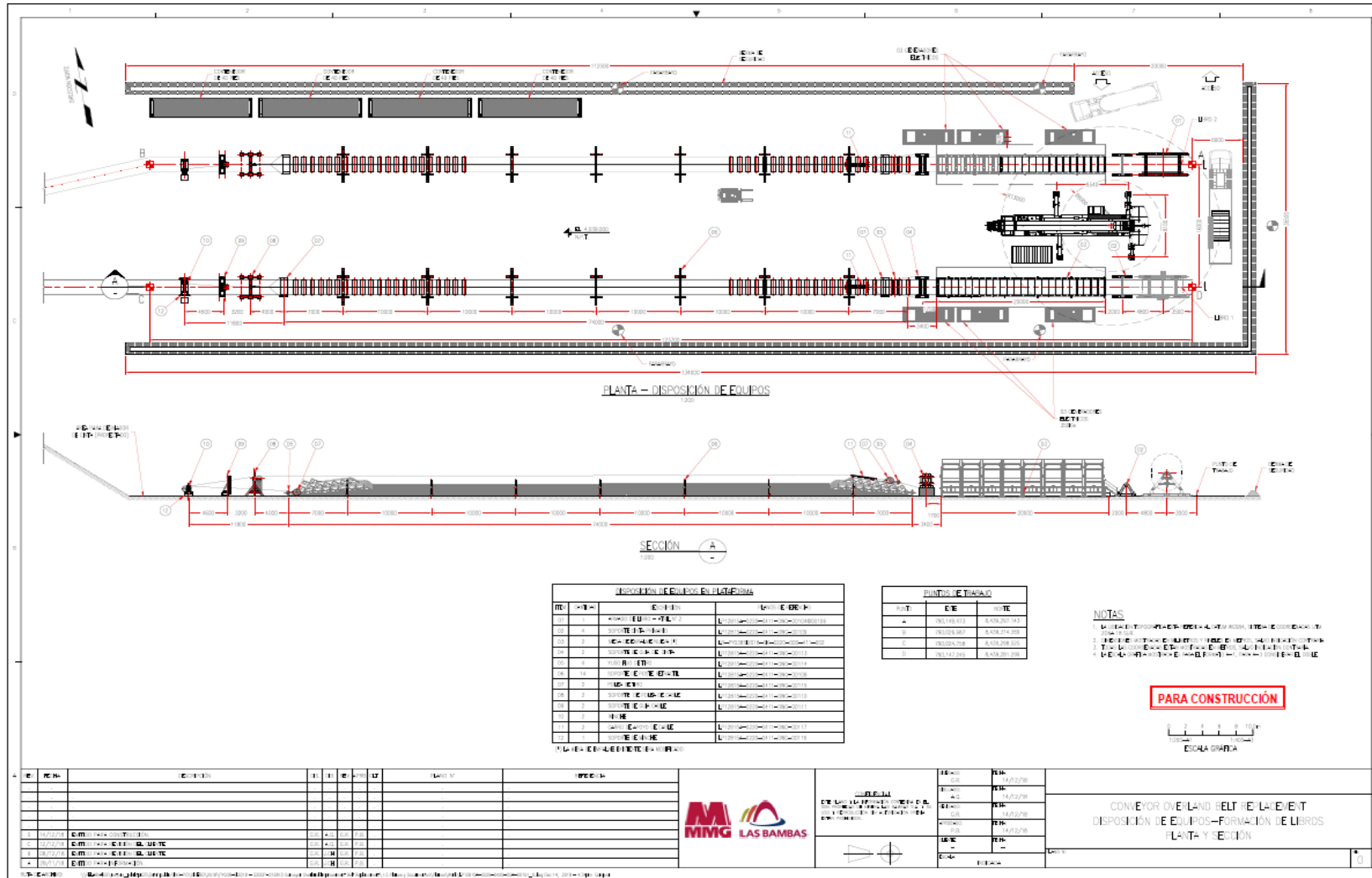
# Anexo 15 Layout LP12815C-0420-0410-DWG-00501



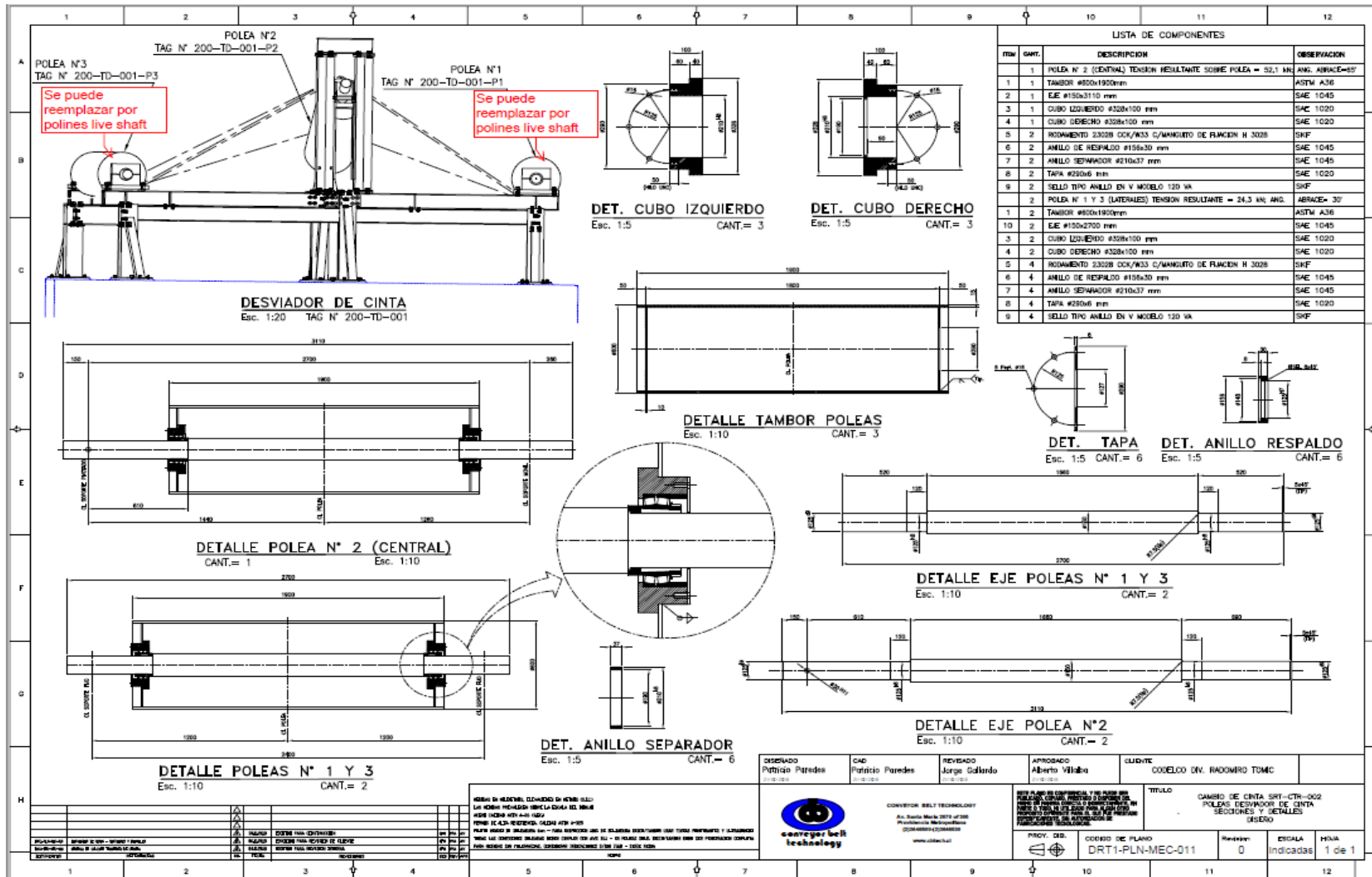
Anexo 16 LP12815C-0220-0420-DWG-00504



Anexo 17 LP12815C-0220-0420-DWG-00505



Anexo 18 LP12815B-0220-0411-DWG-00122



## **Anexo 19. GLOSARIO**

**Banda transportadora:** Las bandas y rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto.

Una cinta o banda transportadoras o transportador de banda o cintas francas es un sistema de transporte continuo formado por una banda continua que se mueve entre dos tambores.

Se utilizan para trasladar mercancía y productos que requieren una mayor estabilidad o que debido a su tamaño o características no se pueden transportar con transportadores de rodillo. Las bandas también pueden actuar como puntos de procesamiento desde las que se opera sobre los artículos o productos que se trasladan.

**Cronograma:** Un cronograma es una herramienta gráfica que presenta un detalle de las actividades que se deben desarrollar en los tiempos establecidos, al momento que se emprende un proyecto.

**Parada de planta:** Un proyecto de parada de planta es un plan de actividades tendientes a ejecutar trabajos que no pueden ser realizados durante la operación normal de la planta de proceso y principalmente están orientados hacia el reemplazo de partes o componentes por vencimiento de su vida útil, inspección de equipos, incorporación de mejoras o modificaciones y correcciones de fallos.

**Ingeniería de métodos:** Es la técnica que somete cada operación de una determinada parte del trabajo a un delicado análisis en orden a eliminar toda operación innecesaria y en orden a encontrar el método más rápido para realizar toda operación necesaria; abarca la normalización del equipo, métodos y condiciones de trabajo; entrena al operario a seguir el método normalizado; realizado todo lo precedente (y no antes), determina por medio de mediciones muy precisas, el número de horas tipo en las cuales un operario, trabajando con actividad normal, puede realizar el trabajo; por último (aunque no necesariamente), establece en general un plan para compensación del trabajo, que estimule al operario a obtener o sobrepasar la actividad normal.

**Procedimiento:** Los procedimientos consisten en describir detalladamente cada una de las actividades a seguir en un proceso laboral, por medio del cual se garantiza la disminución de errores.

**Productividad:** La productividad es la relación que existe entre la producción de la empresa y los recursos empleados para obtener dichos bienes. Este término busca satisfacer y alcanzar a su público objetivo, buscando la calidad que desean los clientes de una compañía.

La productividad se encarga de medir y calcular el total de bienes y servicios que han sido producidos por cada factor utilizado durante un periodo determinado. La finalidad de la productividad no es otra que medir la eficiencia productiva por cada factor o recurso usado, dando por hecho que la eficiencia es conseguir el mayor rendimiento posible usando una cantidad mínima de recursos.

**Proceso:** Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en las que se transforman uno o más insumos para obtener uno o más productos para los clientes. Mediante la selección de las técnicas y estrategias apropiadas, los gerentes pueden diseñar procesos que den a sus compañías una ventaja competitiva.

**Diagrama de operaciones del proceso (DOP):** El diagrama de operaciones del proceso (DOP) es una herramienta utilizada para identificar y tener en cuenta las operaciones e inspecciones dentro de un proceso. Muestra el orden cronológico de estas durante el proceso, así como todas las aportaciones de materia prima y sub ensambles hechas al producto principal.

**Diagrama de análisis de proceso (DAP):** Indica que el Diagrama de análisis del proceso (DAP) es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamiento que ocurre durante un proceso. Sirve para representar la secuencia de un producto, una pieza, etc.

**Método:** Camino a seguir mediante una serie de operaciones, reglas y procedimientos, fijados de antemano de manera voluntaria y reflexiva, para alcanzar un determinado fin, que puede ser material o conceptual. el conjunto de

actividades intelectuales que establecen los procedimientos lógicos, formas de razonar, reglas, etc., que permite el acceso a la realidad a captar