

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE
AREQUIPA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**OPTIMIZACIÓN DEL CIRCUITO DE CHANCADO DE LA PLANTA DE
AGREGADOS FUNDO ALTO DEL RÍO, AREQUIPA 2020**

Tesis presentada por:

Vasquez Torres, Alejandro

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Mecánico

Asesor:

Msc. Oviedo Cornejo, Javier Octavio

Arequipa – Perú

2022

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi padre, quien me enseñó que la perseverancia y la paciencia son fundamentales para vencer las adversidades que se nos presenten. También está dedicado a mi madre, quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

Agradecimientos

Me gustaría agradecer en estas líneas la ayuda que muchas personas y colegas me han prestado durante el proceso de investigación y redacción de este trabajo. En primer lugar, quisiera agradecer a mis padres que me han ayudado y apoyado en todo este proceso, a mi asesor, Mg. Javier Oviedo Cornejo, por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos.

Así mismo, deseo expresar mi reconocimiento al Señor Fernando Zambrano y su equipo de trabajo por todas las atenciones e información brindada a lo largo de esta indagación.

A todos mis amigos, vecinos y futuros colegas que me ayudaron de una manera desinteresada, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

A la Universidad Nacional de san Agustín por ser la sede de todo el conocimiento adquirido en estos años.

Resumen

La planta de agregados Fundo Alto del Rio ubicada en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa, a orillas del rio Socabaya, en su funcionamiento presenta fallas que afectan el proceso productivo, partiendo de daños y fallas de los equipos, paradas inesperadas debido a mala operación y/o a un mal mantenimiento preventivo, mala gestión del mantenimiento de los equipos o diseños inadecuados, todo esto influye directamente en la producción afectando de manera económica, disminuyendo los ingresos por producción y aumentando los costos por mantenimiento y reparaciones en todos los equipos de la planta de agregados, por lo que el objetivo del presente trabajo es optimizar el circuito de chancado de la planta de agregados fundo alto del rio para minimizar las paradas por mantenimiento, para ello se recopiló información en campo del proceso, equipos y data de los tiempos de parada, esta información fue analizada mediante la aplicación del ACR (análisis de causa raíz) donde las personas involucradas dieron sus ideas y propuestas de solución, de esta forma se implementaron las medidas correctivas estableciendo un flujograma del proceso y las herramientas de gestión necesarias para el correcto mantenimiento de los equipos. Como resultado se obtuvo que la implementación de la faja transportadora optimizó el circuito de chancado de la planta y se minimizó el tiempo de paradas por mantenimiento. Como conclusión se obtuvo que mediante las herramientas usadas se pudo optimizar el circuito de chancado de la planta de agregados fundo alto del rio puesto que se incrementó la disponibilidad de la planta de un 83.46% a un 88.97%, es decir, un incremento de 5.51%.

Palabras clave: Optimización, chancado, producción, paradas.

Abstract

The Fundo Alto del Rio aggregates plant located in the district of José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa, on the banks of the Socabaya River, in its operation presents failures to see the production process, starting from damage and equipment failures, unexpected stoppages due to poor operation and / or poor preventive maintenance, poor management of equipment maintenance or inadequate designs, all this directly influences production, affecting economically, reducing production income and increasing maintenance and repair costs in all equipment of the aggregates plant, so the objective of this work is to optimize the crushing circuit of the aggregates plant at the bottom of the river to minimize maintenance stops, for this, information was collected in the field of the process, equipment and data of the downtimes, this information was analyzed by applying the ACR (root cause analysis) where the people involved gave their ideas and solution proposals, in this way the corrective measures were implemented establishing a flow chart of the process and the necessary management tools for the correct maintenance of the equipment. As a result, it was obtained that the implementation of the conveyor belt optimized the crushing circuit of the plant and the maintenance downtime was minimized. As a conclusion, it was obtained that by means of the tools used, the crushing circuit of the aggregates plant fundo alto del rio could be optimized since the availability of the plant increased from 83.46% to 88.97%, that is, an increase of 5.51 %.

Keywords: Optimization, crushing, production, stops.

Índice de Contenido

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
Resumen	4
Abstract	6
Índice de Tablas	13
Índice de Figuras	16
Capítulo I: Planteamiento Del Problema	19
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	19
1.2 Definición del Problema	21
1.2.1 Problemas de Mantenimiento:	21
1.2.2 Problemas de Operación:	22
1.2.3 Problemas de Diseño:	22
1.3 Formulación del Problema.....	22
1.4 Objetivo de la Investigación	22
1.4.1 Objetivo General.....	23
1.4.2 Objetivos Específicos.....	23
1.5 Hipótesis de la Investigación	23
1.6 Variables e Indicadores	23
1.6.1 Variable Independiente	23
1.6.2 Variable Dependiente.....	24

1.7	Viabilidad de la Investigación	25
1.7.1	Viabilidad Operativa.....	25
1.7.2	Viabilidad Técnica.....	26
1.7.3	Viabilidad Económica.....	26
1.8	Justificación e Importancia de la Investigación	26
1.8.1	Justificación	26
1.8.2	Importancia	27
Capítulo II: Marco Teórico		29
2.1	Antecedentes	29
2.2	Marco Teórico.....	32
2.2.1	Planta de Agregados	32
2.2.2	Equipos	39
2.3	Mantenimiento	52
2.3.1	Definición	52
2.3.2	Tipos de Mantenimiento	55
Capítulo III: Metodología.....		58
3.1	Tipo y Nivel de Investigación.....	58
3.1.1	Tipo de Investigación.....	58
3.1.2	Nivel de Investigación	58
3.2	Método y Diseño de la Investigación.....	58
3.2.1	Método de Investigación.....	58
3.2.2	Diseño de Investigación.....	59

3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.....	59
3.3.1	Técnicas	59
3.3.2	Instrumentos.....	60
Capítulo IV: Gestión de Mantenimiento.....		61
4.1	Introducción	61
4.2	Proceso de Mantenimiento.....	61
4.3	Estructura de Organización del Mantenimiento.....	63
4.4	Planificación y Control del Mantenimiento (PCM).....	65
4.5	Ingeniería de Mantenimiento	67
4.6	Plan de Mantenimiento	68
4.7	Selección del Tipo de Mantenimiento	73
4.8	Gestión del Mantenimiento.....	76
4.8.1	Gestión de Documentos	76
4.8.2	Recopilación de Información:.....	77
4.8.3	Análisis de Fallas	78
4.9	Estrategias de Mantenimiento:.....	80
Capítulo V Programas Sistemáticos		83
5.1	Introducción	83
5.2	Programa de Sistemas de Inspección:	84
5.2.1	Puntos de Inspección.....	84
5.2.2	Matriz de Tiempos y Balances de Cargas de Inspección.....	86
5.2.3	Rutas de Inspección	86

5.3	Programa de Sistemas de Lubricación	89
5.4	Programa de Sistemas de Ajuste, Orden y Limpieza.....	90
5.5	Programación de Puesta a Punto	91
Capítulo VI: Diseño, Análisis de Faja Transportadora.....		94
6.1	Introducción	94
6.2	Importancia de la Cinta Transportadora.....	96
6.3	Factores Influyentes en la Cinta Transportadora:	97
6.4	Requerimientos Establecidos para la Producción:	100
6.5	Parámetros para el Diseño de la Banda Transportadora:	100
6.5.1	Material a Transportar.....	100
6.5.2	Peso Específico	101
6.5.3	Temperatura	102
6.6	Cálculo de los Parámetros de una Banda Transportadora:	103
6.6.1	Cálculo del Área Transversal.....	103
6.6.2	Capacidad Volumétrica.....	105
6.6.3	Capacidad de Transporte de la Banda.....	108
6.6.4	Cálculo de Potencias Aparentes.....	108
6.6.5	Cálculo de Resistencias.....	118
6.6.6	Fuerzas Tangenciales en Régimen Permanente Estacionario	131
6.6.7	Fuerzas Tangenciales en Régimen Permanente no Estacionario:.....	131
6.6.8	Determinación de la Potencia Final Necesaria:	132
6.6.9	Transmisión de Fuerzas del Tambor Motriz a la Banda	133
6.6.10	Distribución de Potencias para Dos Tambores Motrices:.....	133

6.6.11 Tensiones de una Banda:	134
6.6.12 Selección de la Banda Transportadora.....	137
6.6.13 Selección de las Características de los Rodillos	139
6.6.14 Selección de las Características de los Tambores.....	144
Capítulo VII: Cálculo de los Índices de Mantenimiento	151
7.1 Introducción:	151
7.2 Análisis de Pareto de Paradas en la Producción	155
7.2.1 Diagramas de ISHIKAWA y Cuadros AMFE (Análisis de Averías):.....	157
7.3 Cálculo de los Índices de Mantenimiento:.....	162
7.3.1 Tiempo Medio entre Fallos (MTBF):	162
7.3.2 Tiempo Medio de Reparación (MTTR):.....	162
7.3.3 Tasa de Fallos (Λ):.....	162
7.3.4 Tasa de Reparación:	162
7.3.5 Disponibilidad.....	163
7.4 Cálculos Reales de Producción	163
7.5 Redistribución de Maquinaria y Personal Necesario:	163
7.6 Cálculo de los Índices de Mantenimiento con la Implantación del Sistema.....	164
7.6.1 Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)	169
7.6.2 Tiempo Medio de Reparación (MTTR).....	169
7.6.3 Tasa de Fallos (Λ).....	169
7.6.4 Tasa de Reparación.....	169
7.6.5 Disponibilidad.....	170
7.7 Gestión Económica:	170

7.8	Análisis de Costos:.....	170
Capítulo VIII: Análisis y comparación de equipos	.....	176
Conclusiones	.....	178
Recomendaciones	.....	179
Bibliografía	.....	180
Anexos	.....	183

Índice de Tablas

Tabla 1 Indicador e índice de la variable independiente	24
Tabla 2 Indicador e índice de la variable dependiente	25
Tabla 3 Formato de Orden de Mantenimiento.....	70
Tabla 4 Lubricación para equipos de Planta de Agregados.....	71
Tabla 5 Selección de Tipo de mantenimiento	74
Tabla 6 Análisis de Fallas.....	78
Tabla 7 Sistemas y Subsistemas	85
Tabla 8 Propiedades especiales de la banda	99
Tabla 9 Fluidez-Ángulo de sobrecarga-Ángulo de reposo.....	101
Tabla 10 Características del material y peso por pie cúbico	102
Tabla 11. Las velocidades máximas recomendadas	106
Tabla 12 Factor de ancho de banda [C_b].....	109
Tabla 13 Factor de longitud de banda [C_L]	110
Tabla 15 Potencias para vencer rozamientos.....	113
Tabla 16 Potencias para vencer rozamientos.....	115
Tabla 17 Torque mínimo de rotor asegurado, %del toque a plena carga.....	117
Tabla 18 Coeficiente de fricción según superficie de tambor CR.....	119
Tabla 19 Factor de pérdida de resistencia a tracción según empalme.....	120
Tabla 20 Resistencia de bandas textiles	121
Tabla 21 Coeficiente de fricción de las partes móviles	123
Tabla 22 Masas de las bandas según el tipo	124
Tabla 23 Masas de los rodillos	126

Tabla 24 Masas de los rodillos	127
Tabla 25 Valores del coeficiente C para cintas	130
Tabla 26 Valores del coeficiente de fricción	135
Tabla 27 Ángulos de abrace dependiendo la configuración.....	136
Tabla 28 Factor de participación [F _P].....	140
Tabla 29 Factor de servicio [F _S]	140
Tabla 30 Factor ambiental [F _m]	140
Tabla 31 Factor de choque [F _d]	141
Tabla 32 Factor de velocidad [F _v]	142
Tabla 33 Coeficiente del material.....	146
Tabla 34 Tabla resumen de cálculos.....	148
Tabla 35 Registro de funcionamiento de la trituradora sin un correcto programa de mantenimiento	151
Tabla 36 Tiempo muerto de producción.....	155
Tabla 37 Registro de funcionamiento de la trituradora con mantenimiento	164
Tabla 38 Costo de producción	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 39 Costo de mantenimiento anual	175
Tabla 40 Registro diario de Actividades	184
Tabla 41 Informe de Análisis de Averías	185
Tabla 42 Informe de Producción	186
Tabla 43 Formato de Orden de Trabajo (OT).....	187
Tabla 44 Puntos de inspección de trituradora de mandíbulas	188
Tabla 45 Informe de Mantenimiento preventivo.....	189

Tabla 46 Informe de orden de trabajo	190
Tabla 47 Informe de planta de agregados.....	191
Tabla 48 Informe de Análisis de Averías	192

Índice de Figuras

Figura 1. Flujograma de la planta de agregados	20
Figura 2. Ciclo de las rocas	33
Figura 3. Clasificación de la Arenisca	37
Figura 4. Formación de rocas metamórficas	38
Figura 5. Partes de una Chancadora de Quijada	39
Figura 6. Tensor fijo en fajas cortas.....	41
Figura 7. Soporte de la carga.....	43
Figura 8. Flexibilidad en las poleas.....	43
Figura 9. Diagrama de empalmes vulcanizados.....	45
Figura 10. Partes de Polines y rodillos.....	46
Figura 11. Grado de carga de polín.....	47
Figura 12. Partes de la Polea.....	48
Figura 13. Control de la fuerza de impacto.....	50
Figura 14. Zaranda para minería	50
Figura 15. Zaranda Terex.....	51
Figura 16. Zaranda Astec Concremax Toromocho	52
Figura 17. Mantenimiento de Zaranda	53
Figura 18. Ciclo de trabajo de Mantenimiento.....	62

Figura 19. Organigrama de Mantenimiento organizativo	64
Figura 20. Diagrama de flujo de Actividades de PCM.	66
Figura 21. Secuencia de actividades para la supervisión de mantenimiento	72
Figura 22. Esquema de estrategias de Mantenimiento	80
Figura 23. Programa de Mantenimiento.....	82
Figura 24. Programa de Mantenimiento mediante inspección de componentes	88
Figura 25. Diagrama Gantt del programa de Mantenimiento	93
Figura 26. Configuración de Banda transportadora	94
Figura 27. Zona de instalación de la Banda transportadora	96
Figura 28. Selección de ancho de banda	98
Figura 29. Sección transversal del material sobre la banda	103
Figura 30. Curva de torque de velocidad – Diseño NEMA	116
Figura 31. Curva de valores de coeficiente C	129
Figura 32. Sistema con tambor motriz en cola.....	133
Figura 33. Rollo de Faja.....	139
Figura 34. Análisis de Pareto para paradas de Producción	156
Figura 35. Análisis de Pareto para paradas de Producción Acumulada.....	157
Figura 36. Diagrama de ISHIKAWA 1.....	158
Figura 37. Diagrama de ISHIKAWA.....	159

Figura 38. Diagrama de ISHIKAWA 3.....	159
Figura 39. Diagrama de ISHIKAWA para fallas en el proceso Productivo	160
Figura 40. Análisis de Modo efecto y Falla de Planta de Agregados	161

Capítulo I:

Planteamiento Del Problema

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Los agregados representan el material base para la construcción, de viviendas, edificios, presas, puentes y demás obras. La fuente de obtención son las canteras ubicadas en cerros que cuentan con piedra y arena, también una fuente es la piedra proveniente de los ríos, los tipos de rocas para la producción de agregados son las ígneas como granito y basalto; sedimentarias como caliza, dolomita, arenisca y cuarcita y el mineral predominante es la sílice.

El proceso de obtención del agregado es mediante chancado de piedras, selección y clasificación del tamaño del material con una zaranda vibratoria. Las plantas de agregados cuentan con una tolva de alimentación, donde se deposita las piedras, que caen por gravedad hacia la chancadora donde se reduce de tamaño, luego es transportado el material obtenido hacia la zaranda vibratoria para su clasificación y almacenamiento en pilas según su tamaño.

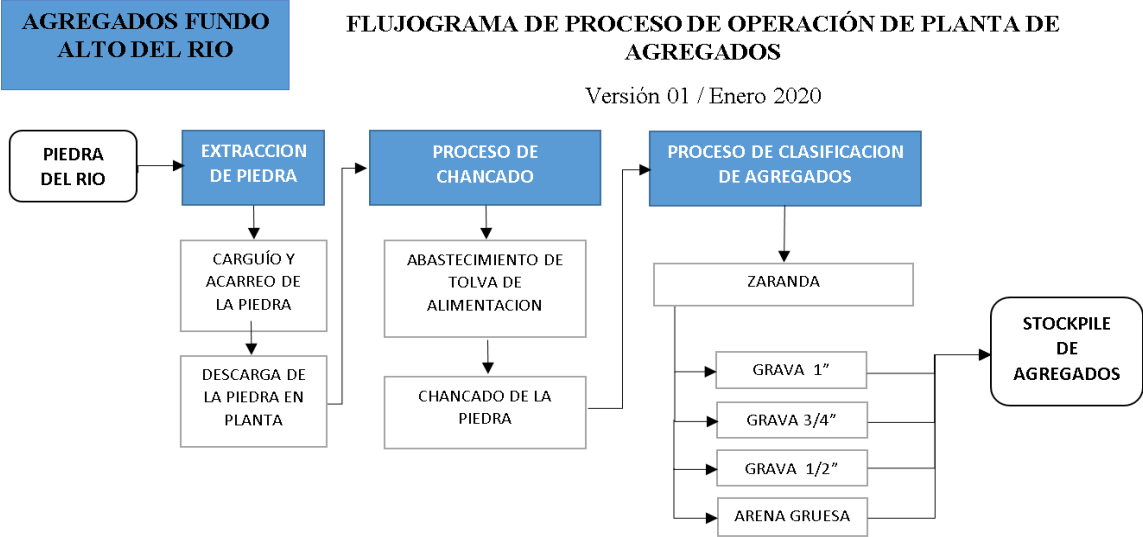
La planta de agregados Fundo Alto del Rio ubicada en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa, a orillas del rio Socabaya, con una elevación de 10 metros con respecto al nivel del rio, siendo necesario el alquilar un volquete de 13 m³ para el transporte de las piedras hacia la planta de agregados, donde se descarga las piedras según la distribución de los equipos de la planta.

La planta cuenta con una tolva de almacenamiento de 10m³ de capacidad donde se deposita la piedra proveniente del río Socabaya hacia la chancadora tipo mandíbula de marca REXON, modelo PE-250x750, con una capacidad máxima de 40 Tn/h, accionada con un motor de 40 hp, el material triturado es transportado mediante fajas hacia la Zaranda vibratoria para su selección y clasificación en pilas de almacenamiento según su tamaño.

Para un mayor detalle se adjuntan como parte de los anexos los diagramas de flujo inicial (transporte de piedra desde el río hacia la tolva mediante volquetes) y diagrama de flujo final (transporte de piedra desde el río hacia la tolva mediante faja transportadora propuesta) *Figura 41. Diagramas de flujo Inicial y Final (propuesta de diseño de faja transportadora para reemplazo de transporte mediante volquetes de material)*

Figura 1.

Flujograma de la planta de agregados



Fuente: Elaboración propia

El transporte del agregado de la chancadora a la zaranda, de la zaranda a las 4 pilas de almacenamiento se hace mediante fajas de lona abarquilladas, con 20 pulgadas de ancho. La planta funciona con alimentación mixta, utilizando energía eléctrica de la red para el accionamiento de las zarandas y fajas transportadoras, y con un grupo electrógeno de 50 kW, con combustible Diésel para el funcionamiento de la chancadora.

El agregado producido por la planta es de cuatro diferentes tamaños seleccionados por la zaranda vibratoria, siendo grava de $\frac{3}{4}$ ”, grava de $\frac{1}{2}$ ”, grava de 1” y arena gruesa de 2 mm producto del chancado de la piedra.

La planta de agregados en su funcionamiento presenta fallas que afectan el proceso productivo, partiendo de daños y fallas de los equipos, paradas inesperadas debido a mala operación y/o a un mal mantenimiento preventivo, mala gestión del mantenimiento de los equipos o diseños inadecuados, todo esto influye directamente en la producción afectando de manera económica, disminuyendo los ingresos por producción y aumentando los costos por mantenimiento y reparaciones en todos los equipos de la planta de agregados.

1.2 Definición del Problema

Se realizó un análisis de los problemas presentados incluido las fallas que más influyen en la producción las cuales se clasificaron en:

1.2.1 Problemas de Mantenimiento:

- Falta de plan de mantenimiento y control de equipos

- Paradas inesperadas de los equipos.

1.2.2 *Problemas de Operación:*

- Aglomeración y atascamiento de piedras en la salida de la tolva de alimentación.
- Acumulación de rocas de 10” a 20”, debido a que la chancadora solo procesa hasta 8”.

1.2.3 *Problemas de Diseño:*

- Atascamiento con piedras que caen de la tolva hacia la polea de cola de la faja central.
- Caídas de piedras de la tolva hacia el motor de la chancadora.
- Acumulación de polvo en los motores de las fajas.
- Falta de protección de los equipos eléctricos.
- Cables expuestos para la alimentación de la zaranda y grupo electrógeno para el resto de la planta.

El desarrollo de este trabajo se enfocará en la solución de uno de los problemas de diseño y de mantenimiento; considerando los aspectos de transporte de materia dentro del sistema productivo y la implementación de un plan de mantenimiento de la planta.

1.3 **Formulación del Problema**

¿Cómo optimizar el circuito de chancado de la planta de agregados fundo alto del río para minimizar las paradas por mantenimiento y en la operación?

1.4 **Objetivo de la Investigación**

1.4.1 *Objetivo General*

Optimizar el circuito de chancado de la planta de agregados fundo alto del rio para minimizar las paradas por mantenimiento.

1.4.2 *Objetivos Específicos*

- Realizar el análisis de causa-raíz, para determinar las fallas y sus consecuencias.
- Realizar los diseños y cálculos para implementar mejoras y reducir las paradas por mantenimiento.
- Diseñar el plan de mantenimiento de la planta y todos sus equipos para manejar indicadores.

1.5 **Hipótesis de la Investigación**

Es posible optimizar el circuito de chancado de la planta de agregados fundo alto del rio mejorando los indicadores de mantenimiento, operación y económicos, luego de realizar un análisis de causa raíz, definiendo y diseñando las modificaciones de la planta, que incluye un plan de mantenimiento preventivo para todos los equipos.

1.6 **Variables e Indicadores**

1.6.1 *Variable Independiente*

- Mantenimiento de equipos

A. Indicadores

- MTTR
- MTBF

- Disponibilidad

B. Índices

- Sumatoria del Tiempo para la reparación
- Sumatoria del Tiempo entre fallas
- Número de fallas

Tabla 1

Indicador e índice de la variable independiente

Indicador	Índice
• MTTR	$MTTR = \frac{TIEMPO DE FALLAS}{N^{\circ} DE FALLAS}$
• MTBF	$MTBF = \frac{TIEMPO TOTAL DE PRODUCCION}{N^{\circ} DE FALLAS}$
• Disponibilidad	$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$

Fuente. <https://valuekeep.com/es/recursos/e-books-articulos/que-es-el-mttr-y-mtbf/>

1.6.2 Variable Dependiente

- Materiales agregados

A. Indicadores

- Volumen de producción
- Tipos de agregados
- Costo de producción

B. Índices

- Capacidad de producción en Tn/h
- Tamaño de agregados
- Precio de los agregados

Tabla 2

Indicador e índice de la variable dependiente

Indicador	Índice
Volumen de producción	$Vp = \frac{Masa}{Tiempo} \left(\frac{tonelada}{hora} \right)$
Tamaño de agregados	Piedra chancada de 1", ½", ¾" Arena gruesa (2 mm)
Costos de agregados	$Ca = Vp \times \text{precio agregado}$

Fuente. <https://valuekeep.com/es/recursos/e-books-articulos/que-es-el-mttr-y-mtbf/>

1.7 Viabilidad de la Investigación

1.7.1 Viabilidad Operativa

La investigación es viable operativamente porque existe acceso a la información sobre el funcionamiento del sistema y procesos operativos de producción para poder optimizar la producción.

1.7.2 Viabilidad Técnica

Existe data técnica de los equipos de la planta de agregados e información estadística de las paradas de los equipos, la información permitirá realizar un análisis y diseñar un plan para la optimización de los equipos.

1.7.3 Viabilidad Económica

El desarrollo de la investigación es viable económicamente, ya que se va a lograr generar una mejora en la producción económica de la planta y se reducirá las pérdidas en la producción debido a fallas y se mejorará la calidad del producto debido a una mejor selección de equipos.

1.8 Justificación e Importancia de la Investigación

1.8.1 Justificación

La producción de agregados es una actividad económica que demanda el uso de equipos especiales para obtener material por ruptura de roca, el cual es la base para las construcciones de edificios, puentes, casas, y demás obras civiles e industriales. En la ciudad de Arequipa existen diferentes formas de obtención del material base para los agregados, siendo los principales las canteras de piedras y los ríos de donde se saca la piedra.

El proceso productivo se inicia con la alimentación de la piedra a la tolva de alimentación hacia la chancadora, el material chancado es transportado mediante la faja principal a la zaranda vibratoria, donde se clasifica en 3 tamaños de piedra chancada y arena gruesa, para ser almacenado en pilas.

Durante el proceso productivo descrito ocurren paradas imprevistas de los equipos, las paradas se deben a fallas en diferentes puntos, estas fallas afectan la producción y dañan los equipos, generando pérdidas significativas en costo hora-máquina y cantidad de producción.

La investigación se justifica por que busca analizar las causas principales de las fallas; diseñar mejoras para implementar en los equipos y sistemas, aumentar la productividad minimizando el tiempo de parada, diseñar e implementar el plan de mantenimiento de los equipos, todo esto se realizará para optimizar la planta de agregados.

1.8.2 *Importancia*

El desarrollo del presente trabajo tiene importancia en el proceso productivo, afectando directamente los costos por mantenimiento y reparación, costos por horas de paradas de los equipos y costo de material no utilizado, todos estos costos se reflejan en pérdidas para la empresa.

El estudio se enfoca en mejorar e implementar mejoras a nivel de diseño de ingeniería, modificando parte de los equipos y realizando estudios de causa -raíz para minimizar los tiempos de parada por mantenimiento. Parte del trabajo será implementar un plan de mantenimiento, elaborar fichas técnicas para los equipos y manejar indicadores.

La investigación es importante porque permitirá aplicar los conocimientos adquiridos en pregrado, desarrollar criterios profesionales para la toma de decisiones y aplicar los conceptos de diseño, mantenimiento y optimización para la gestión de la planta.

Capítulo II:

Marco Teórico

2.1 Antecedentes

Hernández & Valderrama (2015), en su tesis titulada “Modelo de mejoramiento en plantas productoras de concreto”, plantea como objetivo general el diseño de un modelo para mejorar la productividad de la planta que se dedica a la fabricación de concreto, el estudio también propone estrategias para lograr una optimización a nivel estándar y el logro de las metas de la empresa. El tipo de investigación es aplicada, teniendo como conclusiones el logro del desarrollo del modelo para el mejoramiento de la planta, durante el análisis de la producción de la planta se pudo demostrar que la empresa es eficaz pero aún puede incrementar dicha característica por lo que con la mejora se puede optimizar la producción.

- De la tesis analizada, obtendremos información para realizar el análisis del proceso y poder optimizar la planta de agregados.

Araya (2015), en su investigación “Mejoramiento de los procesos de producción y optimización en la planta de agregados “Las Flores del Chirripó”, plantea como objetivo general la propuesta de optimización de la planta de agregados de la empresa Navarro y Asociados, para lo cual busca caracterizar los diferentes agregados y a la vez realizar una propuesta de optimización de acuerdo a la normativa del Ministerio de Industria y Comercio. Finalmente se concluyó que la caracterización de los agregados ayudó a determinar que las materias primas son las adecuadas ya que poseen pocas impurezas orgánicas, además se tuvo como resultado que el proceso productivo y los equipos

utilizados poseen divergencias en cuanto a la normativa nacional, también existe una limitación en cuanto a infraestructuras debido a que dicho lugar no se encuentra distribuido adecuadamente especialmente en los espacios de maniobras, dichas limitaciones generan un incremento de distancias recorridas en los trabajadores lo que a su vez trae consigo un incremento en los costos de producción.

- De la tesis analizada, obtendremos información sobre el proceso de otras plantas de agregados, su producción y las fuentes de donde se puede obtener las piedras.

(Alca Huamani, Maldonado Candela, & Reátegui García, 2015) en el estudio titulado “Propuesta de mejora aplicada en la producción de una planta de Concreto”. Teniendo como objetivo analizar la producción en una planta concretera, identificando sus deficiencias para poder plantear un plan de acción, a fin de lograr mejores tiempos de entrega y manteniendo la calidad de producto. La investigación es de tipo no experimental, teniendo como conclusiones que efectivamente se pueden realizar mejoras en el proceso productivo a través de herramientas de calidad, obteniendo una reducción de tiempos desde 24:57 minutos a 20:02 teniendo una correcta señalización. Por otro lado, el tiempo muerto puede ser reducido de 6 hasta 3 minutos. Además, el proyecto presenta un van positivo en cada una de las mejoras, con un periodo de recuperación de 3 meses y una tasa de recuperación del 7%.

- De la tesis analizada, obtendremos información para plantear un plan de acción para lograr optimizar la producción.

(Gamonal de la Torre, 2017) “Diseño de una chancadora de capacidad de 40 Tn/h, para el incremento de la producción de agregados de construcción en la empresa llamada

HPM localizada en el distrito y provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque”, plantea como objetivo general el diseño de una máquina chancadora de piedras con una capacidad de 40 Tn/h para la producción de agregados para la empresa HPM, para esto se estudió la cantidad de producción de agregados, los esfuerzos de rotura, tiempo de espera y materiales adecuados, para lograr dichos objetivos se tomó en cuenta la normativa vigente del país. Siendo una investigación tecnológica aplicada, se tuvo como conclusiones que gracias a los cálculos necesarios y planos respectivos se pudo lograr el diseño de una chancadora óptima con una capacidad de 40 Tn/h, elaborada con el material adecuado según la norma ISO y ASTM.

- La tesis analizada nos brinda información del funcionamiento de una chancadora de piedras y sus componentes.

(Parisaca Valdez, 2015) “Evaluación y Optimización del circuito de chancado en una planta de óxidos en Tintaya – Antapaccay”. Cuyo objetivo general fue evaluar el desempeño de los equipos de la planta proponiendo acciones de mejora en el área de chancado para poder incrementar las leyes de mineral. Siendo una investigación de tipo aplicativo, tuvo como conclusiones que para aumentar la capacidad de la chancadora se puede subir el setting a 7” logrando un incremento de 435 a 606 Tn/h.

- La tesis analizada nos servirá de referencia sobre la metodología de la evaluación y la propuesta de la optimización del proceso de chancado.

Montoya (2015), en su tesis titulada “Optimización de los procesos para mejorar la productividad de una planta productora de cemento Portland”, presenta como objetivo general la realización de la optimización en los procesos en búsqueda del incremento de

productividad en la empresa de cementos Portland. Siendo una investigación de tipo aplicativo, se concluyó que, para lograr el objetivo de la optimización en los procesos a fin de mejorar la productividad, se necesita realizar diagnósticos de forma periódica, incremento de capacitaciones en los trabajadores y el establecimiento de programas dentro de la empresa. Una vez implementada la optimización se concluyó que se puede llegar a reducir las paradas en un 60% lo que trae consigo un 40% de ahorro de energía para la empresa.

- De la tesis analizada utilizaremos la información brindada para mejorar y aumentar la producción de los agregados mediante la optimización de todo el proceso productivo.

El estado de arte nos permitió conocer resultados de otras investigaciones relacionados con el tema escogido, describir el alcance desarrollado y ampliar el conocimiento con argumentos nuevos justificando la investigación y definiendo el alcance del trabajo de investigación desarrollado.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 *Planta de Agregados*

La planta de agregados, se encuentra compuesta por diversas etapas como la de chancado, esta etapa a su vez está compuesta por un grupo de maquinarias empleadas para lograr la transformación de bloques de grandes dimensiones de piedras en piedras de menor estructura, arenilla y arena. Las plantas estacionarias son las más óptimas para desarrollar las actividades de chancado en grandes dimensiones. (Orellana Flores, 2013)

2.2.1.1 Agregados.

Son productos resultados de la trituración, estos están constituidos por un grupo de partículas de variado tamaño, los encontramos en la naturaleza como finos, arenas y gravas, sirven componentes para la elaboración de materiales utilizados en la industria de la construcción, agricultura, manufactura. (Gutierrez Barriga, 2014)

2.2.1.1.1 Tipos de agregados

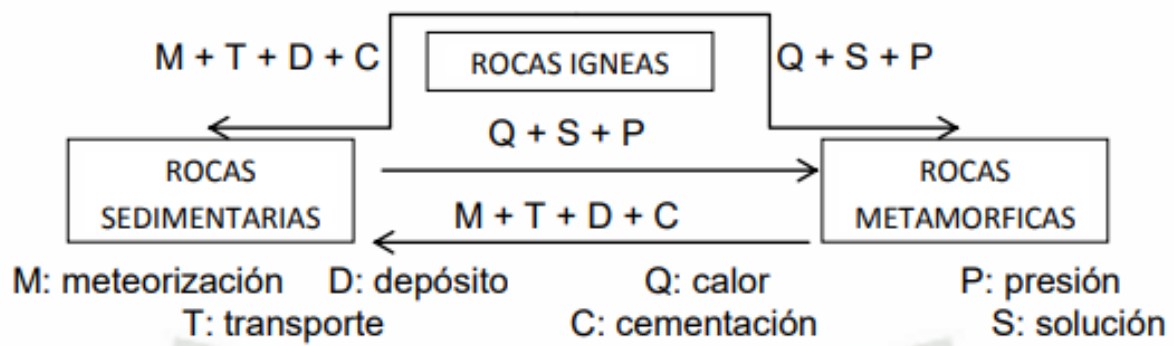
Dentro de la clasificación de los agregados se destacan los siguientes: Cuando el agregado se genera por la interacción de los diferentes agentes de la naturaleza es denominado agregado natural y agregado de trituración cuando en el proceso de desfragmentación es de forma antrópica¹.

Los dos tipos de agregados pueden ser combinados a pesar que poseen desemejante comportamiento constructivo. Los agregados originados de las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, poseen grandes caracteres como mecánicos y físicos, de la misma forma garantizan el empleo en la construcción. (Gutierrez Barriga, 2014)

Figura 2.

Ciclo de las rocas

¹Antrópica: Producido o modificado por la actividad humana.



Fuente: Gutierrez Barriga (2014).

A. Rocas ígneas

Las formaciones de las rocas ígneas se originan en la corteza, estas se dan tras extensos procesos petrogenéticos, se producen tras el enfriamiento del magma, pasando por procesos de formación como:

- Cristalización, precipitación y sublimación
- Disolución; diferenciación mecánica
- Fragmentación mecánica
- Solidificación no cristalina

Obteniendo como resultado una roca sólida. El enfriamiento puede originarse de forma lenta o de forma acelerada, el enfriamiento de forma lenta da origen a rocas con

peculiaridades plutónicas² y las de enfriamiento acelerado generan rocas volcánicas y subvolcánicas. (Lopez & Bellos, 2006)

- **Granito**

El granito se origina en condiciones de alta presión, en el fondo de la corteza, tras un proceso lento en el que el magma con altas concentraciones de sílice sufre una solidificación. La composición del granito es de mica, feldespato y cuarzo. La dureza del granito garantiza la resistencia frente a la meteorización, es por consiguiente que aún se conservan construcciones como las obras del antiguo Egipto. (Garcés Sánchez, 2013)

- **Basalto**

El basalto se origina luego de un cambio rápido de temperatura, después de una erupción volcánica, es una de las abundantes de la corteza, dentro de sus componentes presenta minerales que le dan color gris y de la misma forma feldespato y cuarzo le dan color blanco. (Esquerra Serna & Castro Hernandez, 2018)

B. Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias son producto de la meteorización y erosión los cuales son arrastrados por corrientes del fondo, transportadas por el agua, aire o hielo, hasta lograr localizarse en zonas y acumularse. Se clasifican en detríticas, estas conservan su integridad luego de ser transportadas como la arenisca, arcillolitas³ y conglomerados; físico-químico, son originados a partir de sustancias diluidas como el fosfato, ferruginosas, carbonatos y

² Plutónicas o rocas intrusivas son las que se forman a partir de un enfriamiento lento, a gran profundidad y en grandes masas del magma.

³ Arcillolitas: Que tiene arcilla o que se parece a ella.

evaporitas; biogénicas⁴ son originados a partir de organismos por ejemplo las calizas. (Duque Escobar, 2017)

- **Caliza**

Es una roca sedimentaria, dentro de su estructura presenta calcita y dolomita, siendo el más importante recurso calcáreo. Dentro de las propiedades que presenta son neutralizante, escorificante⁵, aglomerante, fundente. Es utilizada en diferentes áreas como en asfaltos (agregado de petróleo) empleada para construir caminos por tener características como resistencia a la abrasión, impacto y porosidad; concretos y estucos, actúan como reemplazo de la arena. (Acevedo R & Guerra T., 2005)

- **Dolomita**

Se origina a partir del aragonito, calcita y calcita magnesiana, luego de procesos de dolomitización⁶, son carbonatos desarrollados en ambientes marinos. Dentro de la distribución de la dolomita en ambientes se pueden encontrar escasas acumulaciones en plataformas de sedimentos contenidas con aguas y Mg^{2+} y grandes cantidades en ambientes hipersalinos. (Méndez , 2008)

- **Arenisca**

Pertenecen a las rocas sedimentarias clásticas, su dimensión es entre 0.06 y 2 milímetros, son perceptibles con microscopio y a la vista; existe una amplia clasificación de

⁴ Biogénicas: Rocas formadas esencialmente por restos de materiales biológicos.

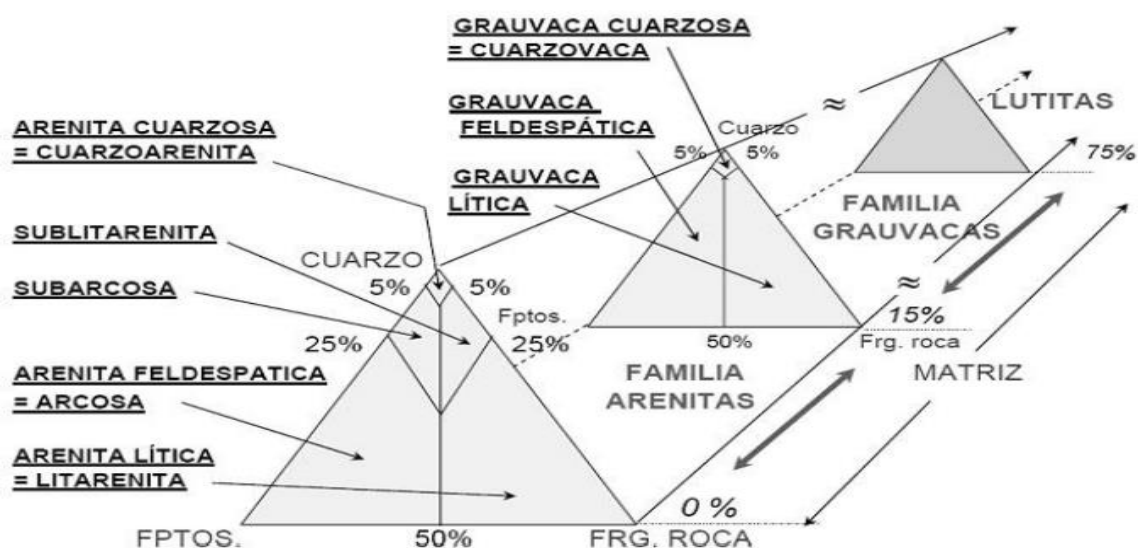
⁵ Escorificante: se refiere en reducir, disminuir a escorias.

⁶ Dolomitización: fenómeno natural por el cual el carbonato cálcico ($CaCO_3$) se transforma en $CaMg(CO_3)_2$ o dolomía.

la arenisca dentro las cuales están, respecto al grado de alteración, estructuras sedimentarias, composición de clastos, familias, entre otros. La clasificación por familias se subdivide en dos grupos; familia de areniscas, compuestas por arenita lítica, arenita feldespática, subarcosa⁷, arenita cuarzosa, sublitarenita⁸ y familia de grauvacas según su composición estas son grauvaca feldespática, grauvaca cuarzosa y grauvaca lítica. (Jabbour, Márquez, & Guerra, 2009)

Figura 3.

Clasificación de la Arenisca



Fuente: Jabbour, Márquez, & Guerra (2009).

- Cuarcita

⁷ Subarcosa: tipo de arenisca, de grano mal redondeado, con un mínimo de 25 % de feldespato, llamada por ello arenisca feldespática.

⁸Sublitarenita: Arenisca en la que la proporción de cuarzo está entre el 75 y el 95% respecto al total de elementos terrígenos.

La cuarcita presenta una estructura porosa con porcentajes altos de clastos de cuarzo, los cuales proceden de origen volcánico, sedimentario, metamórfico, ígneo plutónico, entre otros; presenta un color blanco cuando es pura sin embargo son de color grisáceo cuando estas están alternadas con esquistos, gneises y filitas, de la misma forma presenta una dureza elevada a la raya de acero. (Duque Escobar, 2017)

- **Sílice**

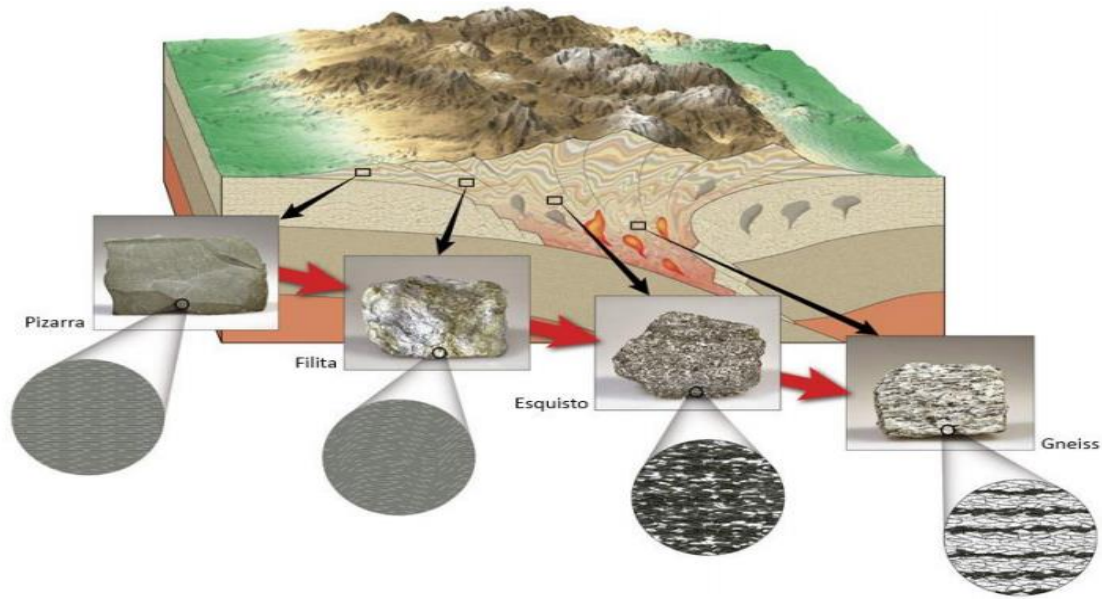
C. Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas son las habituales, el proceso de metamorfismo se genera tras cambios químicos o físicos en una roca ya preexistente en la cual intervienen la temperatura, la presión. (B.W.D., W. S, & C., S.F.)

El metamorfismo son cambios asociados a un ambiente en el cual se la temperatura, la presión y el ambiente químico junto con las fuerzas tectónicas hacen que se originen plegamientos los cuales pueden generar consecuencias como la elevación o la depresión de las rocas, todo estos procesos hacen que afecten y modifiquen la estructura de la roca y la composición, ocasionando muchas veces la recristalización, forman nuevos minerales, rocas más sólidas las cuales pueden ser más resistentes a cambios nuevos. (Vallejo Velásquez, 2014)

Figura 4.

Formación de rocas metamórficas



Fuente: Vallejo Velásquez (2014)

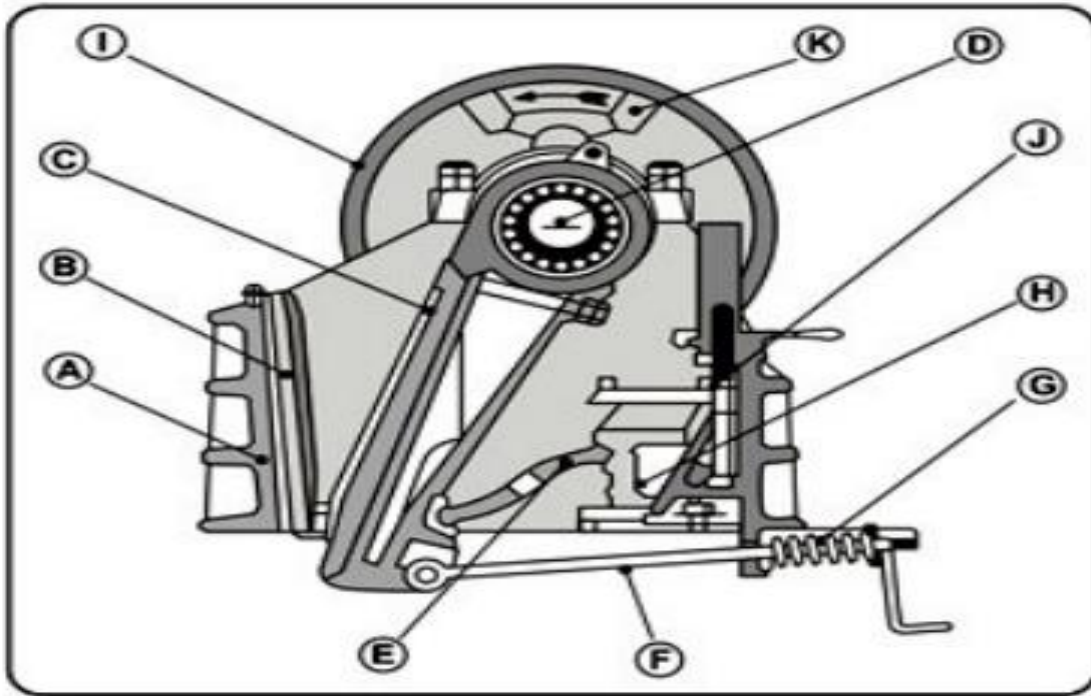
2.2.2 *Equipos*

A. Chancadora

La chancadora es un proceso mecánico en el cual el material sufre una degradación respecto al tamaño, tiene como principal objetivo la liberación de minerales valorizados. Generalmente es un proceso en seco y consta de tres etapas; la primaria contiene dimensiones grandes, la segunda se genera la reducción en dos fases con trituradoras y cribas, la tercera si se presentan inconvenientes por la resistencia o también debido a la dureza o resbaladizos, esta puede ser sustituida por una molienda gruesa en molinos de barras. (Aguirre Zaquinaula, 2013)

Figura 5.

Partes de una Chancadora de Quijada



Fuente: Aguirre Zaquinaula (2013).

B. Fajas transportadoras

Las fajas transportadoras son empleadas como un sistema que ayuda a reducir el trabajo, estas ayudan a transportar rápidamente volúmenes elevados reduciendo costos, generalmente son empleadas para realizar una distribución de forma automatizada. Este sistema consta de dos tambores los cuales mueven la cinta transportadora las cuales son accionadas por un motor, el desplazamiento de la banda hace que el material depositado sobre estas se pueda transportar y este es volcado a la acción de la gravedad; se pueden encontrar unas de uso pesado y otras de uso ligero. (Huamani Valencia, 2014)

- Componentes de una faja transportadora

- Disposición de tensión

Con la utilización de la banda se presenta el estiramiento, lo que origina o presenta desgaste, elevada fricción, mal contacto con los rodillos y las poleas. Con el fin de evitar estos problemas se emplean la utilización de dispositivos que preserven la tensión o logren ajustarlas. Estas pueden presentarse por gravedad o tornillo. (Gaspar Balta, 2014)

- Formas de alargamiento de las fajas

Alargamiento de Construcción: Es el permanente cambio de la longitud, que mayormente se produce en una recuperación.

Alargamiento Elástico: Se produce cuando existe cambio de tensión en la faja (Gaspar Balta, 2014)

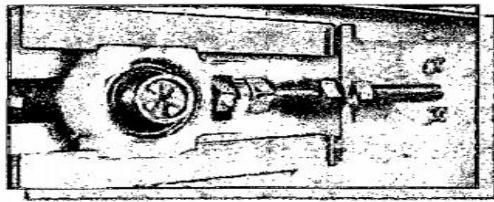
- Tensor Fijo (Rígido)

Durante el arranque y el frenado, pueden presentar una limitada pretensión. Cuando se realiza el estiramiento de la faja, esta se debe de ajustar, sin embargo, en las fajas cortas se desarrolla de manera corta. (Gaspar Balta, 2014).

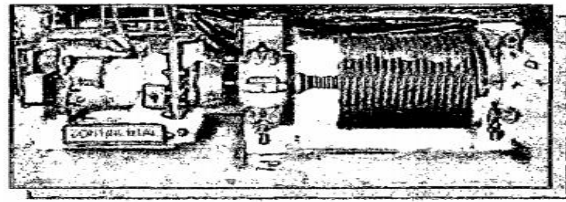
Por ejemplo:

Figura 6.

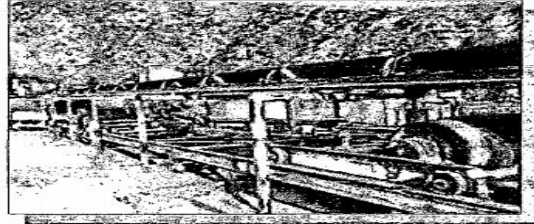
Tensor fijo en fajas cortas



Tensor de Tornillo



Tensor de Winch



Tensor Hidráulico

Fuente: Gaspar Balta (2014).

- Tensor por Gravedad

Cuando se realiza el funcionamiento del transportador, este asegura una constante tensión. (Gaspar Balta, 2014)

- Banda

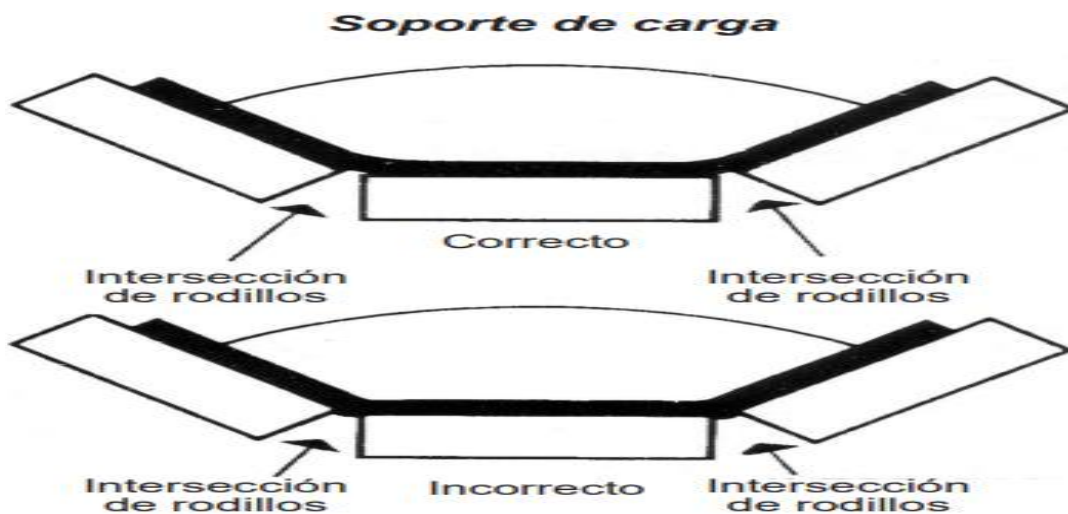
La banda está enfocada en el diseño de una producción lineal, es un esqueleto protegido con una cubierta de elastómero, el cual está constituido con una cubierta de espesor específico, diseñado para realizar un trabajo de transportar, de la misma forma garantizar la preservación del mismo. (CONTITECH, S.F.)

- Esqueleto
- Está enfocado en realizar la resistencia, cuando la banda soporta la carga y la recibe. Es la estructura que se encarga del soporte referido a la resistencia de toda la banda
- Tensión: es el esfuerzo que se realiza, enfocado en el soporte de la máxima tensión generada en la banda.

- Resistencia al impacto: Esta referido a la zona de carga con la función de resistir las fuerzas de impacto.
- Soporte de carga: durante la intersección de rodillos cargadores, otorga la facultad de brindar un adecuado soporte para la carga.

Figura 7.

Soporte de la carga



Fuente: CONTITECH, S.F.

- Acanalamiento de banda vacía: se encuentran en contacto directo entre la banda vacía y 3 rodillos cargadores.
- Flexibilidad en las poleas: debe de presentar características específicas para realizar una óptima operación como el diámetro de poleas, debe de estar determinado y una adecuada flexibilidad longitudinal. (CONTITECH, S.F.)

Figura 8.

Flexibilidad en las poleas



Fuente: CONTITECH, S.F.

- Cubiertas

Las cubiertas deben de garantizar la resistencia al rasgado del material transportado, al corte; debe de encontrarse adherido al esqueleto con el objetivo de poder delimitar deterioros en la cubierta, ofrecer resistencia contra la abrasión. (CONTITECH, S.F.)

- Empalmes de bandas

Se deben de tener en cuenta algunas consideraciones, la aplicación clasificada entre livianas y medias, placas sólidas que presenten flexibilidad baja y resistencia alta, para permitir que la unión pueda separarse debe contar con placas de bisagra. (Gaspar Balta, 2014)

- Empalmes Mecánicos

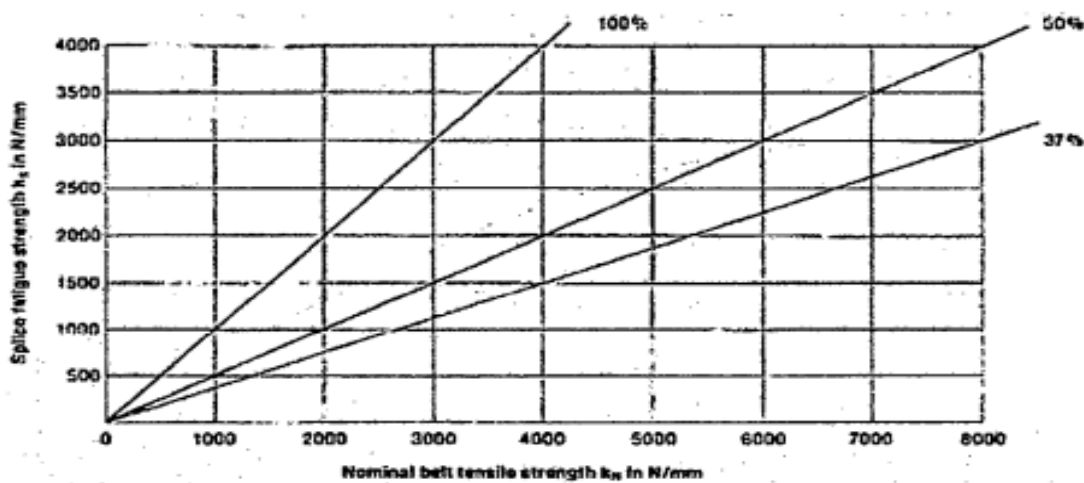
No se encuentran diseñados para evitar derrames y filtraciones y se encuentran espesos a la humedad; sin embargo, en la construcción se desarrollan de forma rápida (Gaspar Balta, 2014)

- Empalmes Vulcanizados

Se generan para realizar la toma de decisiones, relacionados a la forma en la cual se empalman las fajas. (Gaspar Balta, 2014)

Figura 9.

Diagrama de empalmes vulcanizados.



Fuente Gaspar Balta (2014).

- Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión se logra por el óptimo mantenimiento de la faja, mantener limpio el transportador y la faja correctamente alineada.

- Desgaste de la faja

Las fajas transportadoras alimentadas a un determinado ángulo presentan mayor desgaste que una faja alimentada de forma lineal desde otro transportador.

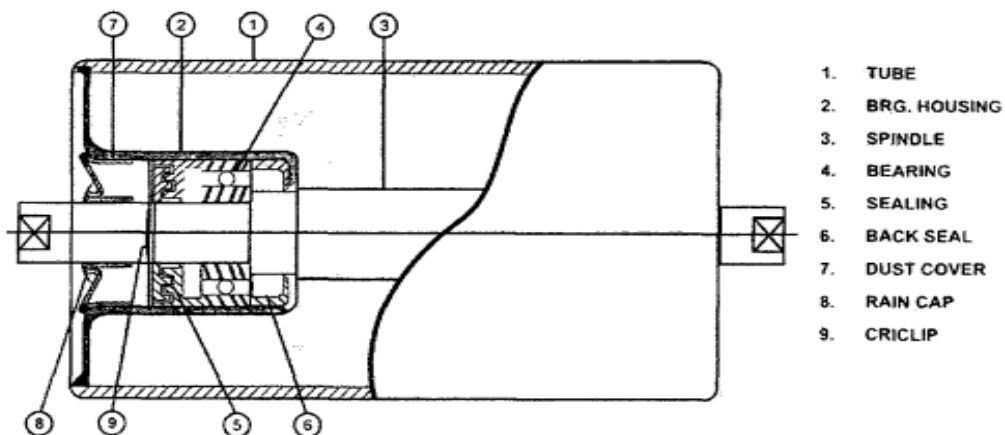
- Polines y Rodillos

Está conformado por cilindros que se encuentran girando sobre rodamientos los cuales son de antifricción. En la faja transportadora podemos contar con dos tipos de rodillos.

- Los de dirección; estas contienen levantados los bordes, presenta forma cóncava.
- Los de trabajo; estas fajas están diseñadas para soportar la carga, se encuentran en retorno y en la parte superior del tramo, son rectos. (Gaspar Balta, 2014)

Figura 10.

Partes de Polines y rodillos



Fuente Gaspar Balta (2014).

- Conexión de rodillos

Mientras el transportador se encuentra trabajando, la conexión de rodillo es autoajustable, se puede encontrar el pivote en el caso de tener rodillos de alineamiento.

- Selección de polines

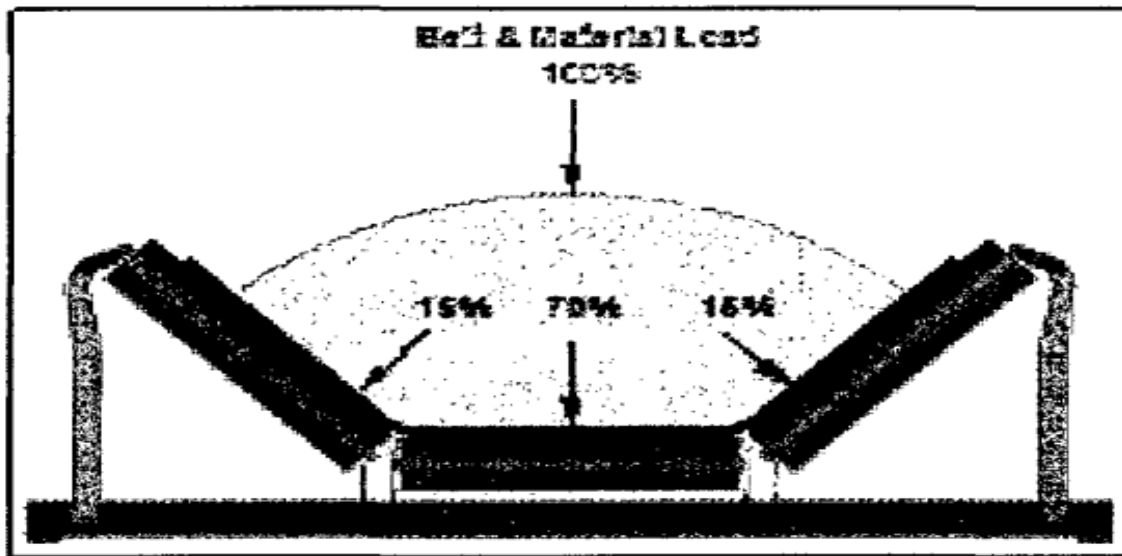
Los polines deben de ser más fuertes cuando la tasa de transporte es alta o la banda es mayor. Cuando los polines empleados en el transporte se encuentran de forma angular son más confiables y simples de emplear.

- Grado de carga de polín

La fuerza, la longitud del ancho de una faja, el espaciamiento, la tensión y la tasa de transporte son decisivos para determinar el grado de carga de polín.

Figura 11.

Grado de carga de polín



Fuente: Gaspar Balta (2014).

- Poleas

En la faja transportadora se emplea el uso de dos o más poleas, generalmente una polea es de tensión y la otra polea es motriz, Sin embargo, se pueden necesitar más poleas,

las cuales son empleadas para la potencia, estas ayudan a poder transmitirla o para cambiar la dirección. Las poleas generalmente son:

- Polea jaula, es utilizada como guiada y es auto limpiante.
- Polea engomada, es empleada como motriz y brinda alta tracción.

- Tipos y características de poleas

- Tipos:

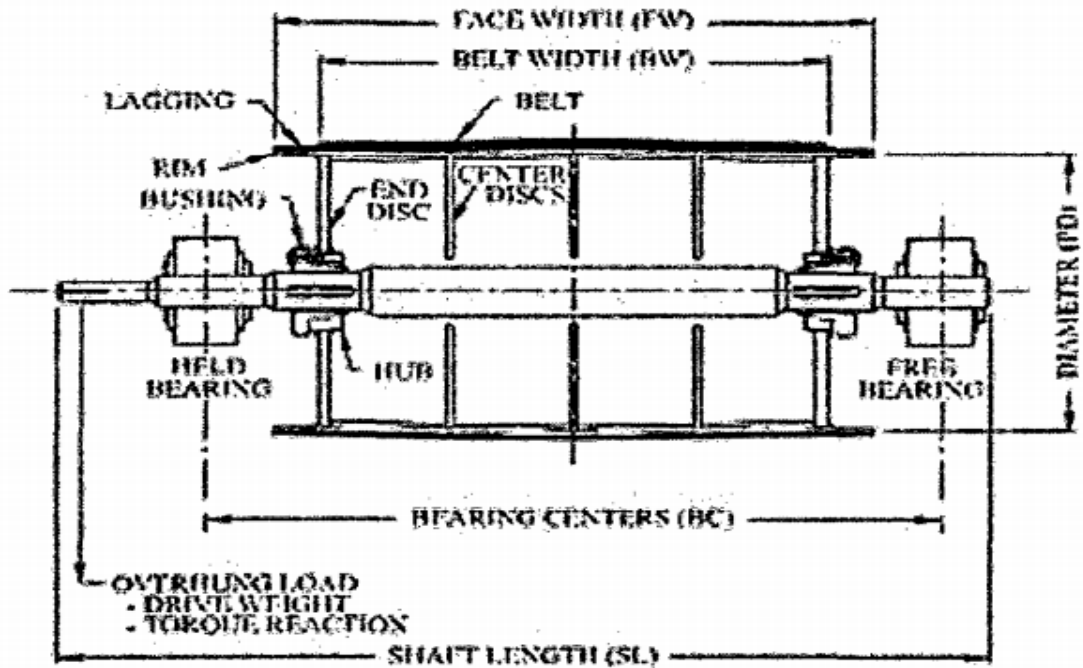
- Poleas Lisas
- Poleas Revestidas
- Poleas por Encargo: requiere de diseño ingenieril.
- Poleas Estándar ya fabricadas

- Características:

- Forma de polea: ayuda con alineamiento de la faja y maximiza la fricción
- Resistencia de la polea: maneja tensiones de la faja sin disminuir su vida por efecto de fatiga.

Figura 12.

Partes de la Polea



Fuente: Gaspar Balta (2014).

- Chutes

El empleo de la tolva conformada con faldones de goma es importante para realizar un trabajo óptimo, porque garantiza que cuando se realice la carga el producto no caiga por fuera de la banda.

- Características de chutes

- Controla el flujo del material
- Evita el desgaste o daño de la faja
- Direcciona el flujo del material

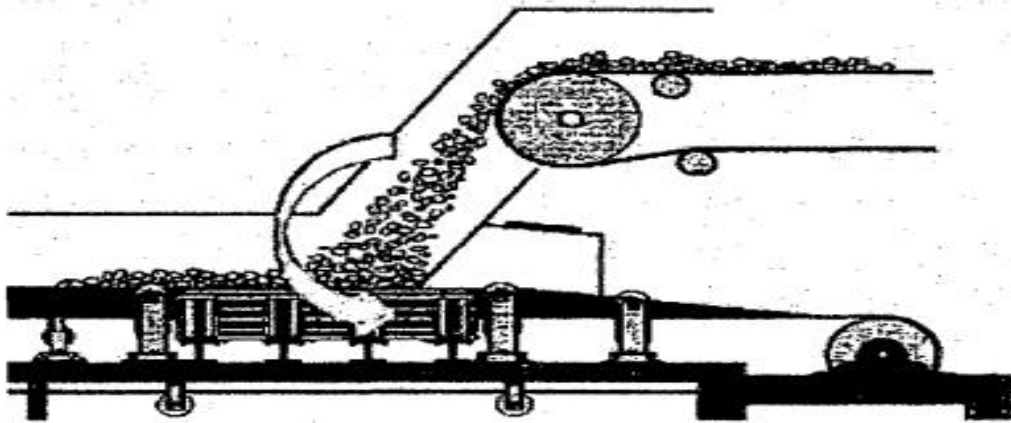
Diseño de chutes

- Cargar la faja en el centro.

- Cargar a la velocidad de la faja en movimiento.
- Cargar a una tasa constante.
- Reducir las fuerzas de impacto.
- Fácil reparación e inspección.

Figura 13.

Control de la fuerza de impacto



Fuente: Gaspar Balta (2014)

C. Zaranda

Las zarandas son el resultado de un proceso de evolución desde ser armeros manuales, tamiz, criba; su función es separar, empleando el sistema de mallas elaboradas de metal mediante un proceso vibratorio, dando como resultado la clasificación de material particulado. (Carrasco Huaman, 2017).

Figura 14.

Zaranda para minería



Fuente: Carrasco Huaman (2017)

Zaranda Terex: Esta zaranda realiza actividades pesadas, dentro de sus características resalta que posee un aspecto robusto, conformada por tres pisos, inclinada, su estructura está conformada con un cribado a su vez con pernos los cuales no presentan soldaduras, la dimensión es de 8" x 24". (TEREX, 2014)

Figura 15.

Zaranda Terex



Fuente: Ladera Saldaña I. A. (2018).

Zaranda Allis: Estas zarandas para la vibración poseen contrapesos y están conformadas por un eje cardan, a diferencia de otras que están constituidas con un eje excéntrico. (Ladera Saldaña I. A., 2018)

Zaranda Astec de alta frecuencia: La zaranda Astec de alta frecuencia ha sido elaborada para realizar un trabajo de forma lineal, lo cual garantiza la durabilidad y es portátil, esto ayuda a que pueda desplazarse de un lugar a otro, posee un filtro de frecuencia alta el cual es empleado para la producción de finos (arena). (Ladera Saldaña I. A., 2018)

Figura 16.

Zaranda Astec Concremax Toromocho



Fuente: Ladera Saldaña I. A. (2018).

2.3 Mantenimiento

2.3.1 Definición

El mantenimiento permite poder asegurar el rendimiento ideal, primero diagnosticando la evaluación de estado real. Dentro de las actividades desarrolladas para un buen mantenimiento se debe de tener en cuenta:

- La inspección es fundamental, esta nos ayuda a identificar y evaluar la condición en tiempo real en el cual se encuentra el conjunto de componentes que forman parte del sistema. Se debe de tener en cuenta criterios como: el equipo, la actividad que realiza, la duración y frecuencia, los materiales empleados y el personal que se desenvuelve en la tarea.
- La conservación aplicando un conjunto de acciones que permita garantizar el estado eficiente de sistema. Para la conservación se debe de tomar datos como la fecha, las fallas diagnosticadas y eliminadas, la duración de la actividad, soluciones planteadas y los costos empleados.
- La reparación ayuda a garantizar que el sistema rinda de forma óptima, se desarrollan actividades de reposición o cambio del componente dañado. (Ladera Saldaña, 2018)

Figura 17.

Mantenimiento de Zaranda



Fuente: Meza Requena (2019).

2.3.1.1 Acciones de mantenimiento

Según (García Palencia, 2006) hay diversas actividades y compromisos que se deben tomar en cuenta para que el soporte sea exitoso y permita mejoras en la gestión del equipamiento de la empresa:

-En primer lugar, se debe garantizar la integridad de las maquinarias para evitar detenimientos durante las horas en las que hay productividad y se las requiere.

-Otro aspecto a considerar es el mantenimiento de la maquinaria en su mayor efectividad, para que ella se vea reflejada cuando llegue el momento de operar.

-Disminuir a lo menor posible los periodos de paralizaciones.

-Se deben disminuir a lo menor posible los costos por manutenciones.

-Se debe contemplar un elevado nivel de ingeniería de praxis en las operaciones que se realizan.

-Indagar las causales y recomendaciones en los detenimientos que se dan por emergencias.

-Planificar y concertar la repartición de responsabilidades en base a la fuerza de labores que hay en disponibilidad.

-Brindar y conservar las maquinarias en el espacio que es necesitado.

-Elaborar propiamente un presupuesto, con un sustento conveniente que brinde el precio de manutención.

-Determinar una cotidianeidad en el trabajo que se adapte a la inspección del equipamiento, que sea contra eventos desastrosos, así como organizado y que involucre la capacitación de los trabajadores.

Lo que se debe considerar al implementar cada una de tales acciones es que todas deben darse en función de la prolongación de la vida de los insumos que se tienen, ello permite que haya un desenvolvimiento eficiente de tales por un periodo más amplio y sin falencias, debe seguir brindando un servicio sin efectos adversos o daños mayores.

2.3.2 *Tipos de Mantenimiento*

Partiendo de lo indicado por (Muñoz Abella, 2020) hay múltiples tipos de mantenimiento, sin embargo, los más usuales son los que se definen en los siguientes apartados:

2.3.2.1. Mantenimiento correctivo

Consiste en la serie de actividades de manutención y reemplazo de compuestos dañados por elementos nuevos que se lleva a cabo antes de que falle la manutención. Este sistema puede aplicarse a estructuras de gran complejidad, usualmente a equipos de cualquiera índole, dado que involucra percibir los daños en los proyectos que pueden presentar detenciones productivas que puede darse en todo momento, ello se hace para que la seguridad del personal no se vea comprometida. El principal problema de este tipo de mantenimiento es que el fallo puede presentarse en cualquier instante (Muñoz Abella, 2020).

2.3.2.2. Mantenimiento preventivo

Son el número de acciones planificadas con antelación, tales como detecciones continuas, exámenes, análisis, intervenciones que tienen como dirección disminuir la constancia y la influencia de las falencias que hay en el sistema. Si bien esta manutención es planificada con predisposición tiene desventajas, tales como cambios innecesarios, manutenciones no efectuadas. Por lo que si se desea llevar adelante este mantenimiento primero se deben delimitar los elementos que específicamente requieren intervención en función de su vida útil, así mismo se debe tomar en cuenta la particularidad de cada caso (Muñoz Abella, 2020).

2.3.2.3. Mantenimiento predictivo

Tiene que ver con un monitoreo del sistema, es decir un estudio de la máquina, lo que hace posible que si hay un problema la intervención sea precisa, y si la máquina se encuentra en buen estado, se la debe dejar continuar con las actividades, claro que se debe prestar especial atención a la sintomatología o a los daños que haya presentado el equipo. Este mantenimiento se fundamenta en que la gran parte de los daños se presentan de manera lenta y previa, teniendo en primer lugar como evidencia algunos indicios de daños, en ese sentido, se intenta de predecir cómo es la evolución de los fallos (Muñoz Abella, 2020).

La ventaja de tales procesos es que se cuenta con un registro del mantenimiento, que puede ayudar a un próximo acontecimiento similar, además también se puede programar la reparación según sea conveniente (Muñoz Abella, 2020).

2.3.2.4. Mantenimiento productivo total

Por último, acuñado por la autora, esta este sistema de mantenimiento que está fundamentado en la perspectiva proveniente de japon que promueve una reposición del primer nivel, en la que la persona que emplea el equipamiento de primera mano lleva adelante tareas mínimas de mantenimiento, es decir se encuentra mínimamente capacitado, en el estado que debe presentar la máquina para su correcto rendimiento, lo que permite que oriente al directivo de mantenimiento dándole los datos necesarios para que este sepa precisamente dónde operar, para que las actividades se hagan de manera más clara y rápida (Muñoz Abella, 2020).

Esta manera de ver el mantenimiento involucra a cada uno de los miembros de la organización para que desarrollen y contribuyan en el programa de mantenimiento planteado por la empresa, con el cometido de hacer mayor la eficacia en la gestión de los activos. Esta postura toma como centro principal a los recursos humanos que posee, así como a sus capacidades en aras del beneficio de la empresa, asimismo, el apoyo debe ser mutuo en la detección de problemas de ser menester, para ello la directiva debe brindar incentivos y mantener al personal motivado (Muñoz Abella, 2020).

Capítulo III:

Metodología

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1 *Tipo de Investigación*

El presente estudio utilizó conocimientos de pregrado, para aplicarlas en el proceso de optimización y gestión de la planta de agregados, la utilización de los conocimientos en la práctica, fueron en provecho de la sociedad, siendo la investigación de tipo aplicada por la forma de su desarrollo.

3.1.2 *Nivel de Investigación*

Se realizó desarrollo estadístico, para describir el área de estudio, este nivel busca responder preguntas de cómo y cuándo, a un nivel explicativo, Cuantitativo, para determinar las causas y consecuencias, estableciendo parámetros de medición a través del comportamiento en el tiempo.

3.2 Método y Diseño de la Investigación

3.2.1 *Método de Investigación*

El método de investigación que se utilizó se inició desde la recopilación de información en campo del proceso, equipos y data de los tiempos de parada. La información recolectada fue analizada de forma cuantitativa:

- Número de fallas
- Tiempo de reparación
- Disponibilidad

El análisis de las fallas se realizará mediante la aplicación del ACR (análisis de causa raíz), donde intervendrán todas las personas involucradas de la empresa para dar sus ideas y propuestas de solución y mejora.

Se implementó medidas correctivas, de diseño y operativas para optimizar el proceso, estableciendo un flujograma del proceso y las herramientas de gestión necesarias para el correcto mantenimiento de los equipos.

3.2.2 *Diseño de Investigación*

El diseño se orientó a la investigación y servirá de guía para el desarrollo, dando pautas a seguir según los objetivos que se plantean a conseguir, el diseño buscará responder la pregunta de la investigación y validar la Hipótesis. El diseño de la investigación fue de tipo explicativo no experimental.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

3.3.1 *Técnicas*

- Análisis de causa raíz
- Investigación de libros e investigaciones relacionadas.
- Levantamiento de información en campo.
- Selección de equipos.

- Mapeo de procesos.
- Filosofías de mantenimiento.

3.3.2 *Instrumentos*

- ACR- Diagrama de ISHIKAWA
- Investigación-Fichas bibliográficas.
- Levantamiento de información en campo-Data sheet, Infografía.
- Selección de equipos-Manual CEMA, Catálogos de fabricantes
- Mapeo de procesos-Matriz de procesos QFD
- Filosofías de mantenimiento-Libros, artículos de mantenimiento
- Softwares especializados de diseño-SAP2000, INVENTOR, SOLIDWORD

Capítulo IV:

Gestión de Mantenimiento

4.1 Introducción

La definición y elección de la metodología adecuada a utilizar en el mantenimiento para mejorar la producción, evitando retrasos por paradas de planta; es tratado de dos formas opuestas y complementarias, las cuales son: por cálculo matemático, en donde las hipótesis dadas pueden o no disminuir la productividad y por estimación práctica y de campo, cuya base de datos y estadísticas depende del conocimiento del personal operador y personal de mantenimiento no siendo realmente exactos, considerado un mantenimiento subjetivo.

Por tales motivos expuestos se presenta la propuesta de metodología del proceso de mantenimiento y de supervisión, basada en una organización centralizada y realizando cálculos aproximados de tiempo y aumento de producción. Se propondrán mejores soluciones y resultados en términos de gestión del mantenimiento preventivo, correctivo, análisis y mejora continua del proceso industrial. Se espera mejoras en los sectores de recursos humanos, mano de obra, tiempos de paradas de planta, disminución de costos para reparaciones e integridad en el proceso de mantenimiento, teniendo la planificación y control (PCM) de ingeniería del mantenimiento, con responsables profesionales en la gestión.

4.2 Proceso de Mantenimiento

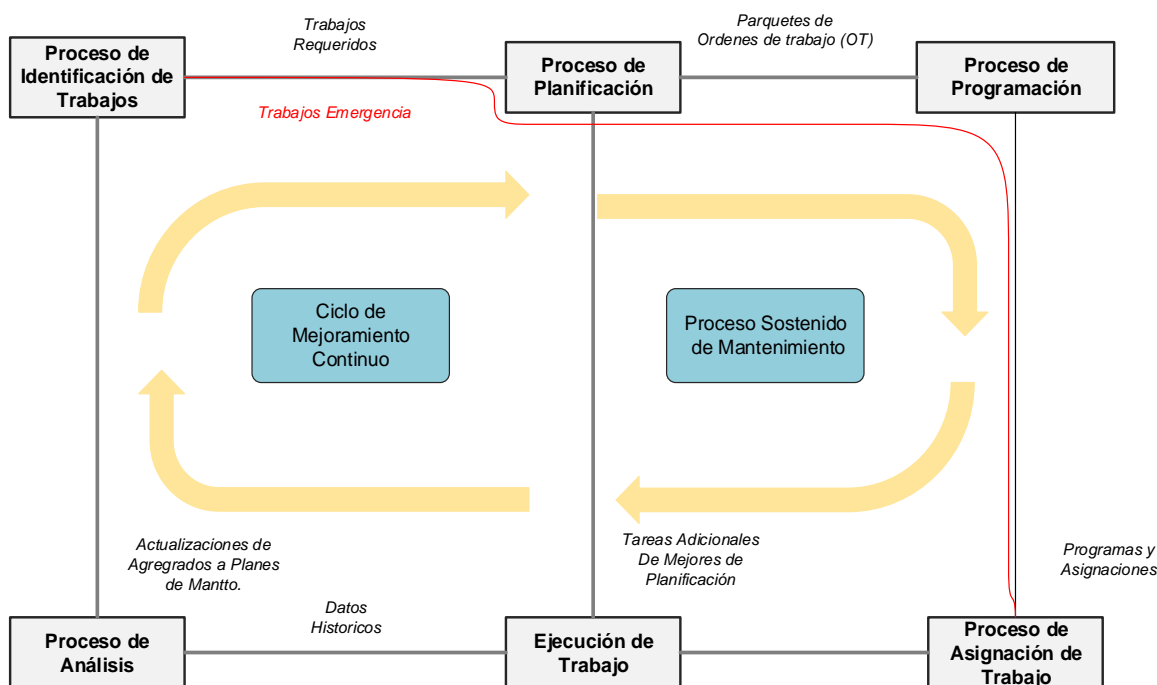
El mantenimiento debe ser considerado un proceso, para esto se realiza el mapeo de información del proceso integral de producción, identificando las principales actividades,

los departamentos influyentes en la toma de decisiones de ejecución y relaciones con otros procesos y/o departamentos de ingeniería.

Así podemos obtener la red de relaciones en la cual se ejecutará el proceso de mantenimiento, buscando soluciones y oportunidades de mejora como: reducción de tiempo, eliminaciones de tiempos muertos, perdidas y deterioros que generan una reinversión perjudicial a la empresa.

Figura 18.

Ciclo de trabajo de Mantenimiento



Fuente: Pablo Viveros, Raúl Stegmaier (2013)

En la Fig.18 se muestra la meta del proceso del mantenimiento como la disponibilidad y ejecución de actividades de los equipos de trabajo e instalaciones,

corresponde al PCM la responsabilidad para la correcta comunicación y coordinación del proceso, servicio e ingeniería de mantenimiento.

Las actividades se muestran interrelacionadas, por cual afectan y serán afectadas, desde que se ejecuta y se da la orden de trabajo, siguiendo por el trabajo en planta y consecuentemente en el área de ventas y compras, el aprovisionamiento y la ingeniería, llevando consigo todos los demás segmentos de trabajo, dependiendo de la estructura organizacional de la empresa.

4.3 Estructura de Organización del Mantenimiento

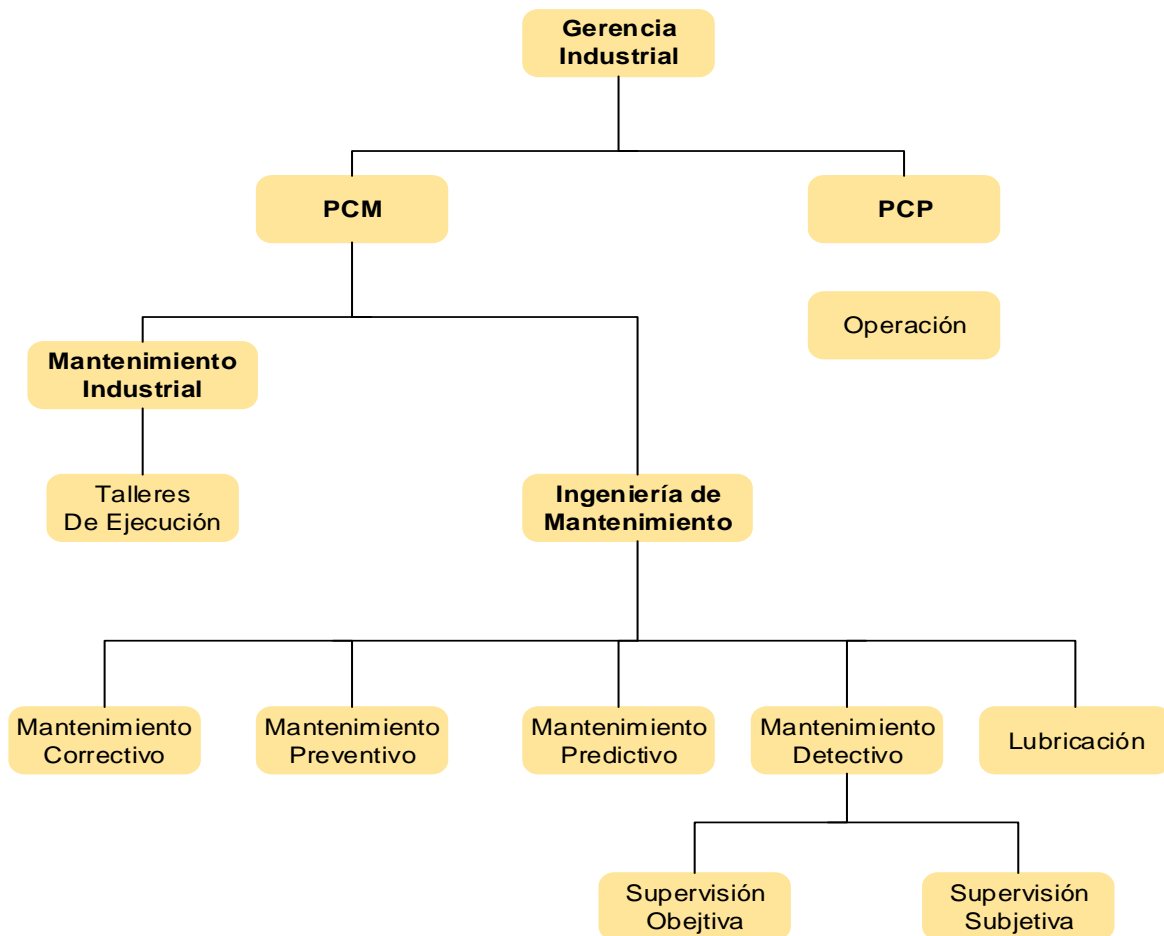
La estructura de la organización del mantenimiento debe ser nivelada, diferenciando los niveles jerárquicos, detallando las características y funciones de cada nivel para la función óptima de mantenimiento:

- Las actividades bajo control y rutina
- Comunicación eficaz
- Velocidad de realización del proceso
- Autonomía de módulos de operación
- Delegación de Funciones de supervisión y operacionales

El nivel de gestión departamental presenta la planificación y control de mantenimiento – PCM, como la gerencia de mantenimiento tendrán la responsabilidad del proceso de producción – PCP.

Figura 19.

Organigrama de Mantenimiento organizativo



Fuente: <https://predictiva21.com/1-1-evolucion-organizacional-mantenimiento/>.

En la Figura 19, se distinguen los niveles de mantenimiento en tres niveles esenciales para el funcionamiento óptimo del proceso del mantenimiento, los cuales son el PCM, Ingeniería de mantenimiento y el Mantenimiento Industrial:

- a) **PCM:** Análisis de costos de mantenimiento, realizar el ajuste y administración de repuestos y alteraciones de presupuesto, realización de

informes mensuales y anuales de planificación y resultados de las actividades de mantenimiento, así como el control de la gestión del proceso de mantenimiento.

b) Ingeniería de Mantenimiento: Implementación del sistema de mantenimiento, cálculo de tiempos de ejecución y procesos de demora, mitigación de tiempos muertos, propuestas de medidas preventivas para aumentar la disponibilidad y confiabilidad de equipos e instalaciones, análisis de causas y efecto de fallas en la maquinaria, creando una base de datos confiable para la toma de decisiones, realizar la gestión y control de actividades de mantenimiento preventivo, detectivo, correctivo, trabajo con el personal de planta, acoplando información y espera de resultados.

c) Mantenimiento Industrial: Ejecución de las actividades de mantenimiento (correctivo y preventivo), verificar mediante la ruta de inspección dada por el departamento de ingeniería los posibles puntos de falla, así como la estabilidad de rango de parámetros de funcionalidad óptimos aceptables para la producción mediante los indicadores, realizar los registros de verificación de los equipos según el orden de mantenimiento (OM).

4.4 Planificación y Control del Mantenimiento (PCM)

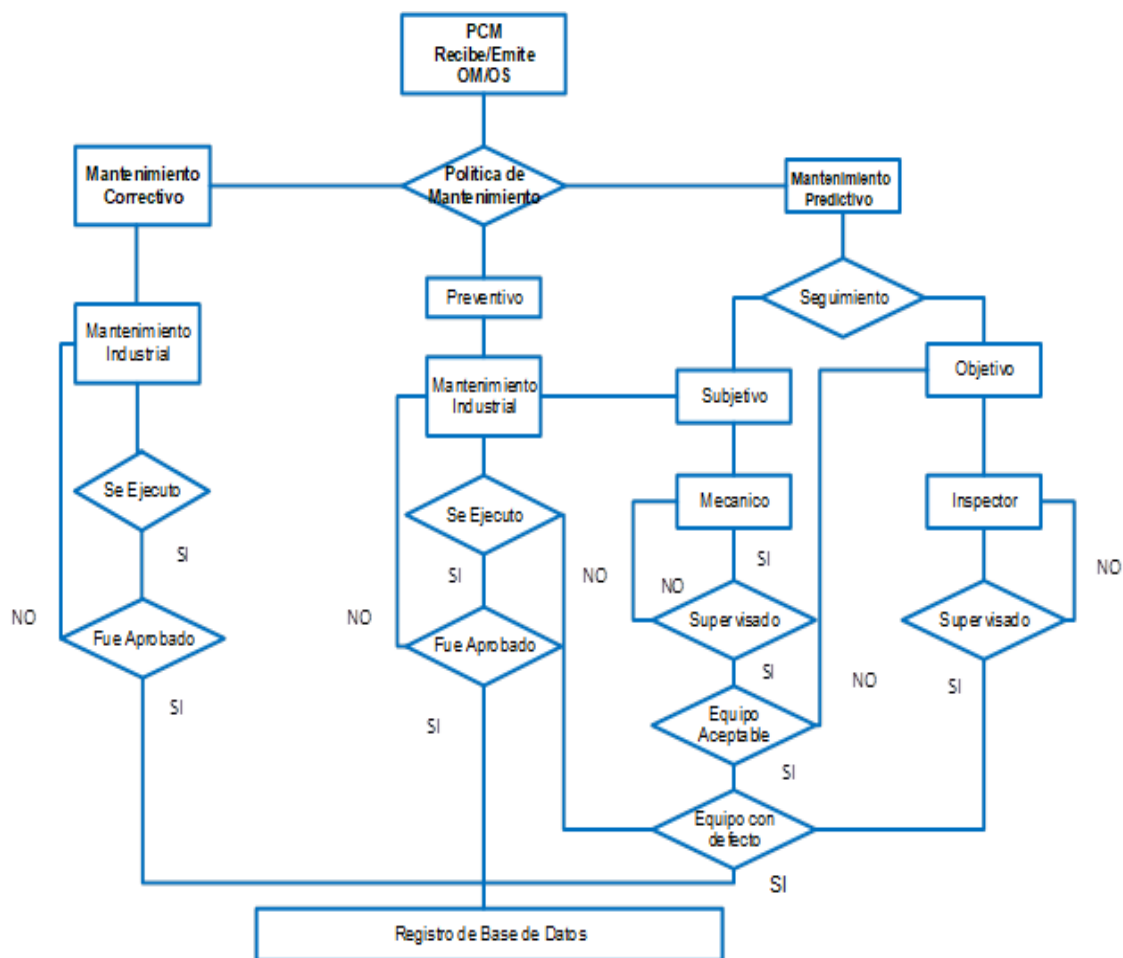
La planificación y control de mantenimiento (PCM) tiene la responsabilidad de la gestión del proceso de mantenimiento, sus actividades son: planificar, organizar y programar las actividades de mantenimiento, distribuyendo las órdenes de trabajo (OT),

servicios recibidos (OS) y las órdenes de mantenimiento (OM) subidas en el sistema informatizado del mantenimiento.

Con la programación y ejecución de las actividades, se tiene la base de datos para la toma de decisiones por parte de gerencia, quienes deben valorar y estimular el desarrollo de la cultura del mantenimiento planificado, operando conjuntamente con la supervisión. De esta manera la organización integral se compromete a la mejora de actividades operativas.

Figura 20.

Diagrama de flujo de Actividades de PCM.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 20 nos muestra el diagrama de flujo de las actividades realizadas por el PCM, de manera que prioriza las órdenes de trabajo, órdenes de mantenimiento, las órdenes de servicio emitido por la operación del PCM. Si el mantenimiento es correctivo se emiten las OM directamente al mantenimiento industrial para que se ejecuten los registros, cuando es preventiva, se envía el PCM de planificación y programación de actividades.

El PCM se encarga de la supervisión de OM emitida para enviar la orden de realización a mantenimiento industrial para que se realice la supervisión subjetiva. Si existe falla y se detecta, midiendo el grado de potencialidad de daño se realiza un análisis objetivo, enviándolo al PCM para registrar, planificar y programar el mantenimiento preventivo y generar una OM para la corrección de falla anticipadamente.

El mantenimiento preventivo se realizará después de detectar el punto potencial de falla por la supervisión objetiva, teniendo la información de antecedentes se realiza la inspección mediante la hoja de ruta por los equipos cuya frecuencia de rotura y/o falla es conocida.

4.5 Ingeniería de Mantenimiento

Los equipos designados de profesionales para esta área son de importancia para efectuar un óptimo control y coordinación de las actividades de mantenimiento.

Los equipos deberán buscar los mejores resultados para la empresa, buscando las causas ocurrentes, modificando situaciones de operatividad, mejorando patrones y sistemas de acuerdo a parámetros de producción.

Debe realizar informes técnicos para la compra de repuestos, considerando el retorno rentable en un margen de tiempo por mejora de producción, teniendo la

responsabilidad de gestionar las actividades de mantenimiento y monitoreo objetivo de los equipos comparándolo con normas reguladoras, tanto de los equipos mecánicos como eléctricos.

4.6 Plan de Mantenimiento

Los planes de mantenimiento se realizan para la mejora constante, siendo el conjunto de informaciones, antecedentes, datos de funcionalidad y causa de fallas para tener la orientación de las actividades de mantenimientos preventivos, predictivos y/o correctivos, de esta manera garantizamos la asignación de todos los recursos necesarios para la óptima producción de la planta.’

El plan de mantenimiento para la producción de la planta de agregados se dividirá en categorías, como sigue:

- **Plan de mantenimiento preventivo:**

El mantenimiento preventivo se realiza en intervalos de tiempos determinados fijos y repetitivos, teniendo un diagrama Gantt de planes de acción para determinar fallas, verificando la funcionalidad inicial de un componente mecánico en los tiempos determinados. Las OM serán generadas periódicamente de forma automática en el PCM. Se considerará el aprovisionamiento de materiales y herramientas, equipos de mantenimiento definidos según la especialidad, EPP's individuales para la ejecución de servicios y equipos de apoyo.

- **Plan de supervisión objetiva de equipos mecánicos /eléctricos:**

La realización de la supervisión objetiva se dará con el equipo en funcionamiento en intervalos establecidos repetitivos, según una programación dada por el PCM de acuerdo a la ruta de evaluación en una frecuencia de inspección realizadas por el inspector calificado.

En los equipos estáticos de recepción se realizará el análisis mediante una frecuencia determinada, verificando la integridad estructural, así mismo trabajando con el personal mecánico, se darán los implementos necesarios para la evaluación de los componentes buscando posibles fallas potenciales, en el caso de encontrar alguna se deberá reportar e informar a la supervisión, las cuales serán anotadas en el OM del equipo, elevadas al PCM para las providencias de planificaciones estratégica de corrección de fallas encontradas.

De misma manera y en paralelo se realizará la inspección de conexiones eléctricas.

- **Plan de supervisión subjetiva de componentes rotacionales:**

La supervisión subjetiva mediante el uso de las percepciones humanas de los sentidos y utilizando instrumentos de medición, con el equipo operando.

El criterio de supervisión para observar y analizar los equipos continuamente forma parte integral del plan de mantenimiento. Teniendo una considerable cantidad de equipo operando, estando supervisados mediante la ruta de supervisión subjetiva, se deben de respetar los tiempos de acuerdo a las frecuencias dadas, ya sean semanales, mensuales, trimestrales y/o semestrales, considerando los posibles problemas que puedan ocurrir.

Podemos considerar parámetros de ruido, temperatura, vibración y/o fatiga, realizando un informe por medio de un OM, anotando las anomalías encontradas.

Tabla 3*Formato de Orden de Mantenimiento*

MODELO DE ORDEN DE MANTENIMIENTO (OM)	
Supervisión:	Subjetiva
Departamento:	Mecánico/Eléctrico
Equipo:	Trituradora de Mandíbula
ACTIVIDAD	SITUACIÓN ACTUAL
1.- Funcionalidad	Optimo
2.- Operatividad	Optimo
3.- Estado en concreto	Optimo
Fecha de Inspección	02/05/19
Si encontró causas de falla	Descripción
Componente mecánico	Muelas Móviles
Posible causa de falla	Atasco
Estado de avería	Grave
Observaciones	
Comentarios	

Fuente. Elaboración propia

- **Plan de lubricación:**

La conservación de partes móviles y elementos mecánicos en constante rozamiento, se da efectivamente mediante el proceso de lubricación eficiente, con el objetivo de

disminuir la fricción entre superficies disminuyendo el desgaste de piezas y tener un control de temperatura que no varíen los parámetros de ajuste en los componentes mecánicos, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, el plan de lubricación deberá ser atendido mediante una tabla de tiempos de acuerdo a cada máquina de la planta de agregados.

Tabla 4

Lubricación para equipos de Planta de Agregados

Planta de Agregados					
Código	Equipo	Mes	Lubricante	Frecuencia	Cant.(L)
PA-001	Tolva/Motores	Agosto	Movil	1 año	½
PA-002	Crusher	Marzo	MoviLux	6 meses	1
PA-003	Banda Transportadora	Mayo	Loctite	3 meses	2
PA-004	Zaranda vibratoria	Setiembre	Movil Shell	6 meses	2

Fuente. Elaboración propia.

- Plan de mantenimiento correctivo:

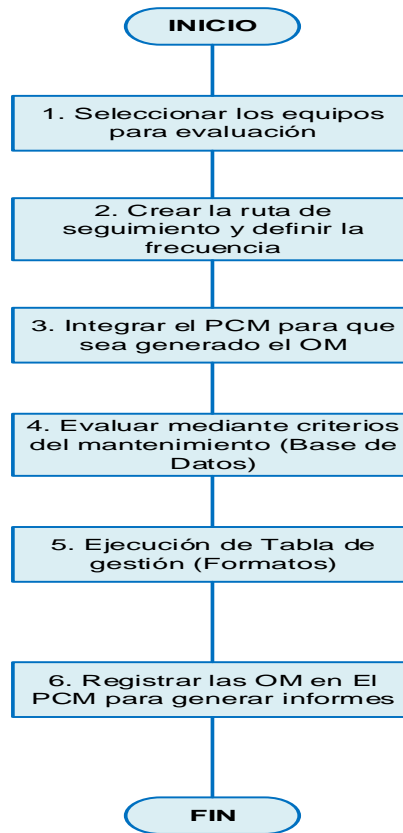
Cuando se presentan fallas, es cuando debemos hacer reparaciones inmediatas para continuar con el proceso de producción, evaluar las causas y efectos que se producen por no hacer una oportuna intervención, nos puede demandar mayores costos y tiempo.

El trabajo de mantenimiento correctivo, se dará en coordinación con el sector logístico, viendo si es factible la reparación teniendo piezas en stock o si se necesita la gestión de compra de repuestos.

Se debe considerar como la última de las opciones a adoptar, puesto que en una empresa debe existir un análisis diario del funcionamiento de las maquinarias que intervienen en el proceso. Es importante la preparación y capacitación del personal, para evaluar parámetros, modos de uso, vibraciones y sonidos normales y eficientes del sistema, en caso contrario reportarlo para tomar medidas adecuadas.

Figura 21.

Secuencia de actividades para la supervisión de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

4.7 Selección del Tipo de Mantenimiento

Existen diversos tipos de mantenimiento, se seleccionará el tipo de mantenimiento óptimo de acuerdo a un criterio de clasificación, a la importancia y trascendencia en un rango de 0 a 1 siendo una escala creciente.

Criterio de Clasificación (Cr): Factor de importancia en el proceso.

Factor de Ponderación (F): Factor en porcentaje de un total

Tabla 5*Selección de Tipo de mantenimiento*

	Mantto. Falla	Mantto. Productivo	Mantto. Preventivo	Mantto. Predictivo							
Equipos	A	B	C	D	Cr	X	X*A	X*B	X*C	X*D	
Mejoramiento de producción	0.7	0.9	0.5	0.3	0.8	0.1	0.08	0.11	0.06	0.04	
Costos de mantenimiento	0.4	0.8	0.9	0.4	0.5	0.1	0.06	0.11	0.13	0.06	
Evaluación de equipos	0.3	0.4	0.8	0.6	0.7	0.1	0.04	0.06	0.11	0.08	
Costos de Mano de Obra	0.5	0.6	0.4	0.7	0.7	0.2	0.08	0.10	0.06	0.11	
Horas muertas vs Horas producción	0.7	0.4	0.6	0.6	0.4	0.1	0.09	0.05	0.08	0.08	
Gestión de compra de repuestos	0.5	0.3	0.5	0.4	0.6	0.2	0.08	0.05	0.08	0.06	
Planificación de trabajos	0.3	0.4	0.7	0.7	0.8	0.2	0.05	0.06	0.11	0.11	
					4.5	1	0.48	0.53	0.63	0.54	

Fuente. <https://blog.infraspeak.com/es/tipos-de-mantenimiento/>

- **Mejoramiento de Producción:**

La ejecución del mantenimiento es aceptable cuando la máquina funciona a un nivel aceptable promedio, lo cual dará como resultado una producción estable y óptima.

Al implementar el plan de mantenimiento se eliminarán en un gran porcentaje las paradas productivas, puesto que es un sistema con el objetivo de minimizar hasta nulo las fallas.

Se buscará mejorar las condiciones de funcionamiento, logrando una mejora en la producción.

- **Costos de Mantenimiento:**

Los costos de mantenimiento en comparación al cambio completo de maquinaria se hacen económico, puesto que en el momento de la avería se procederá al cambio o compra de repuestos para la instalación.

El mantenimiento se hace menor cuando se realiza el constante análisis de posibles fallas, en donde la inversión se hará en mano de obra especializada.

- **Evaluación de Equipos:**

La evaluación necesitará de mano de obra especializada, así como de instrumentos de medición de parámetros físicos, esto en conjunto conlleva un costo de implementación.

Se deberá hacer un análisis de costos para la implementación y su rentabilidad en recuperación de la inversión, siendo un solo efecto para la compra de instrumentos y un costo consecutivo la constante preparación del personal.

- **Costos de Mano de Obra:**

El mantenimiento de falla no es consecuente de la mano de obra, por lo cual se trabaja con el personal suficiente y necesario para llevar a cabo un óptimo análisis del funcionamiento de la maquinaria.

El personal debe ser altamente calificado para la detección oportuna de fallas.

- **Horas Muertas vs Horas de producción:**

El mantenimiento para minimizar las horas muertas de producción, pero costo de mano de obra sin reintegración, genera descensos en la economía de la empresa, por lo cual el plan de mantenimiento se ejecuta para evitar horas perdidas de producción por fallas. Esperando que existan, pero disminuyendo su impacto en el tiempo.

- **Gestión de Compra de Repuestos:**

La compra de repuestos de acuerdo al estado de la maquinaria se hace mínimo si el estado es de normal a excelente, y va incrementando de acuerdo al uso deteriorado que se le dé.

Las inspecciones al ser consecuentes, se analizan posibles averías las cuales se deben reportar para la toma de decisiones de prevención, y tener en stock los repuestos por emergencias o aceleración en el trabajo de mantenimiento correctivo.

- **Planificación de Trabajos:**

Se da etapas en la planificación de trabajos, en los cuales se realizará una ruta de inspección empírica, por conocimiento y sentido común de los profesionales, puesto que no cuenta con una base de datos de historiales de fallas y funcionamiento.

Cuando sucede la avería, la planificación es encargada de tomar los datos necesarios para formar un esquema de mantenimiento con tiempos, y causas de fallas.

Consiguiendo toda la información de comportamiento de la Planta de Agregados tendremos la información para hacer un plan de mantenimiento predictivo, para tomar decisiones de compra, ejecución, tiempos muertos, etc.

4.8 Gestión del Mantenimiento

La elaboración del sistema de mantenimiento consistente se realizará mediante un procedimiento que nos permita alcanzar los objetivos:

4.8.1 *Gestión de Documentos*

La gestión de documentos es de real importancia para recopilar información de manera detallada, con esto se conseguirá la disposición de información útil para la toma de

decisiones en base a la mejora continua, conociendo el historial de trabajos realizados y adaptaciones que se tuvieron que realizar para prever situaciones inesperadas, la evaluación nos dará una mejor producción.

4.8.2 ***Recopilación de Información:***

Como fundamento se tendrá el conocimiento amplio del funcionamiento de la Planta de Agregados y sus componentes que la integran. Se llevará un control exhaustivo del funcionamiento, así como del personal que ejecuta la evaluación.

Para ello se deberán proveer formatos de inspección, registros de evaluación, aplicadas mediante una frecuencia dada:

- **Formato de Actividades diarias:**

Se desarrollará de forma diaria, inspeccionando el desarrollo de la Planta de Agregados, como: horas de trabajo, material procesado, cantidad de material ingresado, cantidad de producción final, etc. Formato empleado Informe de Actividades diarias, (ver Anexo 02 FORMATOS).

- **Registro de Averías:**

Se realizará el almacenamiento de datos acerca de los eventos sucedidos por reporte de personal, así como de las posibles soluciones a lo sucedido, se realizará en efecto de ocurrencias de fallas teniéndolo como frecuencia, la toma de datos de causa y tiempo son de real importancia. Formato empleado Informe de análisis de averías, (ver Anexo 02 FORMATOS).

- **Registro de actividades no programadas:**

Se tomarán los datos de tiempo total perdido por actividades inesperadas que generan la parada de producción. Será llenada por los encargados en campo, tomando datos de hora de inicio y hora de solución, reportados a personal en oficina.

- **Formato de funcionamiento de la maquinaria:**

Se registrará la información acerca del tiempo de funcionamiento de la maquinaria, así como sus parámetros físicos de funcionamiento: potencia, consumo eléctrico, movimiento, arranque, etc.

- **Formato de Orden de Trabajo (OT):**

Se realizará en función a los trabajos programados, el tiempo necesario para realizar el trabajo, tomando en cuenta los tiempos muertos por motivos inesperados, reportados en el formato de control, así como los implementos que se requieren, herramientas y personal. (ver Anexo 02)

4.8.3 *Análisis de Fallas*

El análisis de averías se desarrollará mediante una plantilla de causa – efecto para seguir el proceso metodológico, reconociendo el problema, analizando las causas, examinando los efectos, concluyendo con las soluciones.

Tabla 6

Análisis de Fallas

Nro.	Descripción de Falla	Consecuencias
1	Atascamiento de piedras salientes de	Avería del motor de 4HP de la faja central

	la tolva de alimentación en la polea de cola de faja central	por sobre esfuerzo
2	Salto de piedras desde la tolva de alimentación hasta el motor de 40 HP de la chancadora	Daños al motor de 40 HP
		Posibilidad desalineación del sistema de reducción de poleas de la chancadora
3	Acumulación de rocas de 10" a 20" en la pila de alimentación sin posibilidad de procesamiento	Disminución en la producción diaria de agregados
4	Aglomeración y atascamiento de piedras en la salida de la tolva de alimentación	Mayor tiempo entre cargas de material a la tolva por destrabe de la salida de la misma
5	Acumulación del polvo en los motores de las 03 fajas del proceso de obtención de agregados	Sobrecalentamiento de los motores eléctricos
6	Averías de equipos por lluvias	Recalentamiento de los motores por sobre esfuerzo
		Avería de los motores
7	Alimentación mixta de energía eléctrica	Parada de equipos en situación de corte de electricidad por parada súbita de zaranda

	Cableado hacia el motor de zaranda	
	Grupo electrógeno para el resto del equipo	

Fuente. Elaboración propia

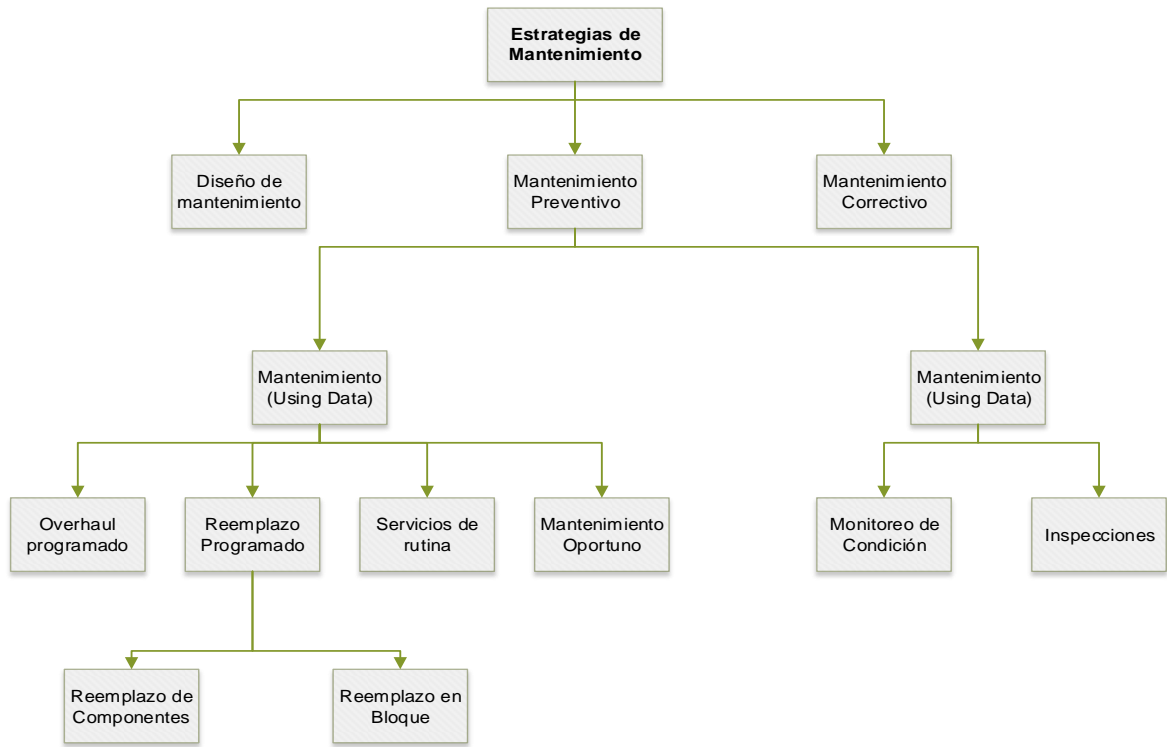
Se tomaron los datos de fallas ocurridas en la Planta de agregados, estimando sus efectos en la producción y posibles averías en los componentes de las maquinarias, información necesaria para implementar el plan de mantenimiento de acuerdo a posibles rupturas de producción.

4.9 Estrategias de Mantenimiento:

El programa de planificación de mantenimiento preventivo estará basado en los planes de acuerdo a niveles establecidos, estándares de trabajo y reportes de trabajo, los cuales estarán asociados al MP, donde se relacionarán los recursos, las especialidades, materiales y herramientas, conjuntamente con el PT y la duración estimada de actividades, generando OT (ordenes de trabajo).

Figura 22.

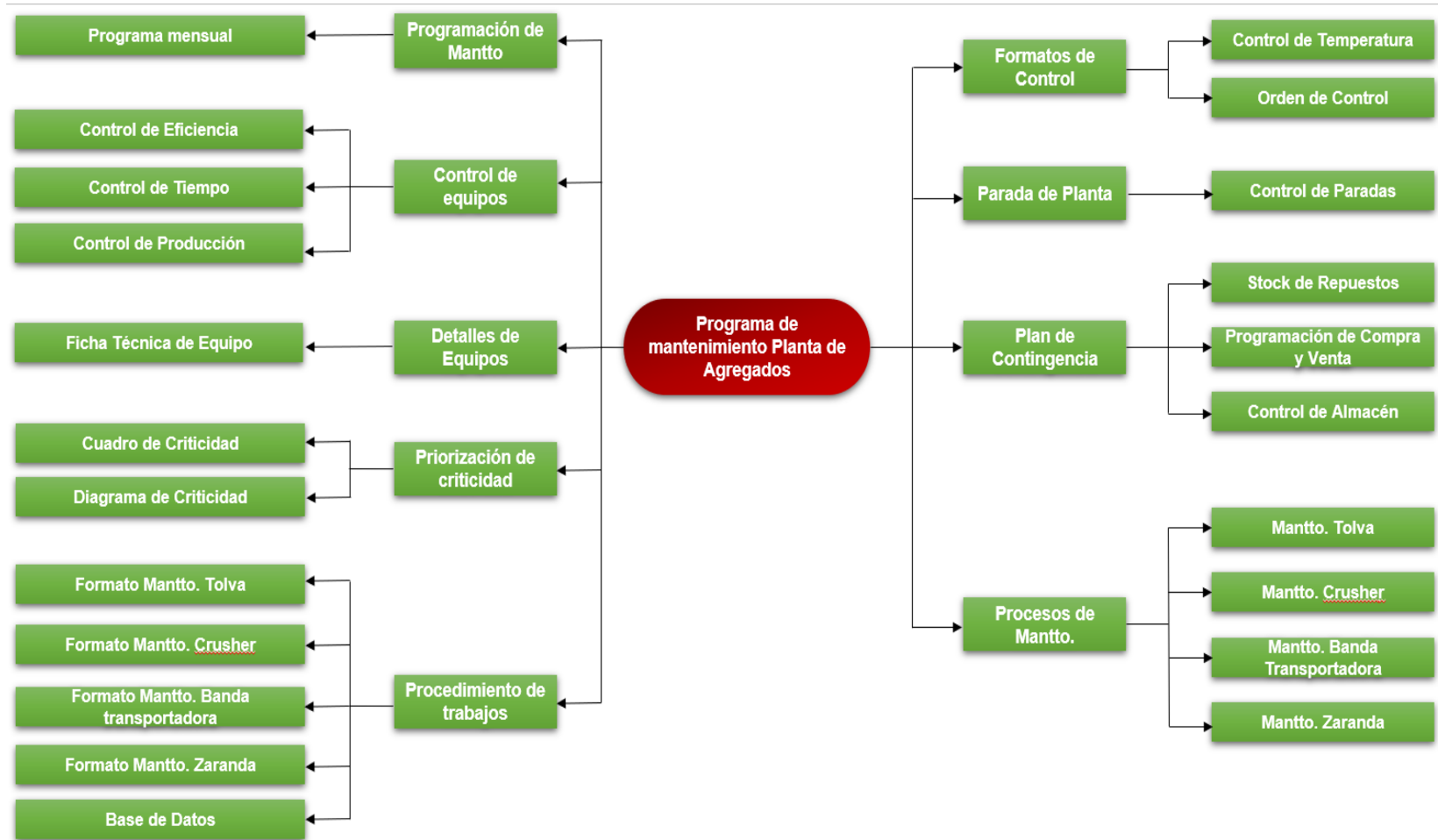
Esquema de estrategias de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

Figura 23.

Programa de Mantenimiento



Fuente:

Elaboración

propia.

Capítulo V

Programas Sistemáticos

5.1 Introducción

Se desarrollarán los programas sistemáticos para programar las actividades útiles para el área de la empresa y reemplazar los mantenimientos correctivos.

Mediante el análisis de criticidad de los equipos se desarrollará el plan de mantenimiento, tomando en consideración las fallas, averías, ejecutadas durante las actividades de inspección y programación para minimizar las ocurrencias de paradas de planta, destiempo en los procesos de ventas, y sobrecarga de trabajos acumulados.

Los programas sistemáticos se clasificarán en:

- Programas de sistemas de Inspección
- Programas de sistemas de lubricación
- Programas de sistemas de ajuste, orden y limpieza

Los programas sistematizados mediante tiempo y frecuencia, nos ayudarán a reducir las paradas de producción por fallas en el sistema de Planta de Agregados, aumentando la disponibilidad de producción.

Para el análisis de las maquinarias que conforman la planta de agregados, se realizó la evaluación mediante el uso de matrices y rutas de inspección en los distintos componentes de funcionamiento.

Los formatos de los programas de inspección, lubricación y limpieza serán desarrollados basados en la estructura de fuentes de análisis de componentes.

5.2 Programa de Sistemas de Inspección:

Se realizarán de manera consecutiva mediante la ruta de inspección, siendo de suma importancia por ser el medio de fallas y evitar los inconvenientes que se presenten a corto o largo plazo.

Serán realizadas por el personal encargado, examinando el estado actual de los mecanismos estáticos y en movimiento de cada equipo.

Se definirían frecuencias para la realización de inspecciones, determinando por un diagrama de colores y esquemático mediante símbolos:

5.2.1 Puntos de Inspección

Elementos definidos programados en las rutas de actividades que deberá realizar el mecánico especializado, evaluándolos en la matriz de criticidad. Los puntos a inspeccionar serán seleccionar cada subsistema que componen el funcionamiento del equipo, para la disponibilidad óptima del equipo.

Los puntos deberán ser señalizados para aplicar el mantenimiento, siendo detectables y medibles mediante instrumentos evitando parar el equipo.

El formato de los puntos clave de inspección está compuesto por los siguientes aspectos a considerar:

- **Subsistema:** Dentro del sistema de producción de la Planta de Agregados se encuentran subsistemas demarcados por la funcionalidad como: etapa de trituración, etapa de transporte, etc. Detectar estos subsistemas nos ayudarán a definir las rutas de inspección, podemos codificar los equipos y componentes para un mayor manejo de información en la compra de repuestos y base datos.

La codificación de los subsistemas se dará como se muestra, podemos continuar con componentes consecutivos más detalladamente:

Tabla 7

Sistemas y Subsistemas

Sistema	Subsistema/Componente	Codigo
Sistema de Alimentacion	Mesa de Recepción	A-T1-01
	Chute de Descarga	A-T1-02
Sistema de Molienda	Faja de Transmisión	M-P2-01
	Rodamientos	M-P2-02
	Muelas	M-P2-03
	Motor electrico	MM-P2-04
Sistema de Transporte	Faja transportadora	T-Q1-001
	Polines	T-Q1-002
	Poleas	T-Q1-003
	Motor electrico	TM-Q1-004
Sistema de Filtro	Malla	R-S1-001
	Resortes	R-S1-002
	Tornilleria	R-S1-003
	Cardan	R-S1-004

Fuente. Elaboración propia.

- **Rutas de Inspección:** Se denotarán la ejecución de tiempos de demora, componentes a inspeccionar de acuerdo a días establecidos, frecuencia con las que se tiene que realizar a lo largo del año, mediante el plan establecido.

- **Detalles:** Son los detalles que se deben realizar de acuerdo a las actividades de inspección.
- **Parámetros:** Son los rangos establecidos de funcionabilidad óptima de las máquinas para operar sin fallas.
- **Cantidad:** Es el número de componentes a inspeccionar de acuerdo al día establecido.
- **Observaciones:** Si se percibe una anomalía o si algo parece no estar dentro de lo normal se debe reportar en los documentos respectivos, para tomar actos a condición, mediante evaluación previa.

5.2.2 *Matriz de Tiempos y Balances de Cargas de Inspección*

La matriz de tiempos se desarrollará de forma anual, considerando la distribución de actividades a lo largo del mes, tomando en consideración la distribución de días, tomando en consideración la cantidad de personal, para equilibrar el balance de cargas sin afectar la producción.

De esta manera estableceremos la ruta de inspección de los distintos componentes. Este método organizativo se desarrollará con los puntos de inspección, frecuencias y tiempos de trabajo, tomando las características de modificables, pueden ser cambiados por ajustes de equipos, tiempos de producción, toma de datos de ocurrencias, etc.

Se deberá garantizar la realización de los puntos clave de inspección de cada uno de los componentes de los equipos establecidos en la hoja de ruta de inspección.

5.2.3 *Rutas de Inspección*

Una ruta de inspección hace referencia a un reconocimiento zonal específico de los componentes y subsistemas de los procesos de producción de la planta de agregados.

De esta manera nos permite identificar y comprobar su estado real por comparación de variables por personal calificado, de forma visual, usando una herramienta de medición diagnosticando el estado de mecanismos.

Se desarrollaron rutas de inspección de forma sistemática anual, respetando la carga de trabajo y eficiencia de producción, se realizarán en los subsistemas detectando fallas.

5.3 Programa de Sistemas de Lubricación

Se necesita controlar la fricción y desgaste de los mecanismos, puesto que genera desgaste en los diferentes componentes, haciendo el uso de lubricantes, sustancia que ubicadas en la zona de contacto entre dos piezas genera una película de deslizamiento con menor esfuerzo, para mitigar la generación de temperaturas por contacto, empleando compuestos derivados, dando información de los compuestos los fabricantes y/o proveedores para conocer su forma de uso.

Las funciones de un lubricante son: evitar el desgaste, reducir el rozamiento, refrigeración por medio de recirculación del fluido, limpieza de componentes y piezas, protección anticorrosiva, sellado y hermetizado, mejora de eficiencia de transmisión de potencia, aislamiento.

De acuerdo a la hoja de datos del fabricante por cada maquinaria nos darán algunas recomendaciones de las marcas y tipos de lubricantes a utilizar para determinados componentes zonales.

El operario deberá utilizar los lubricantes dados por la empresa, reportando la información del proceso de utilización, los resultados que se obtienen por inspección visual, manejabilidad del producto.

Este proceso se debe hacer de manera más consecutiva, puesto que es un tema de mantenimiento preventivo, es de gran importancia para el óptimo funcionamiento de los equipos, se deberán identificar mediante formatos los puntos clave de lubricación, teniendo como objetivo implementar costos y tiempos en las actividades a realizar, identificar formas de uso y parámetros de lubricación. Se opta por el uso de herramientas

especializadas para la aplicación de los lubricantes como: graseras manuales, graseras automáticas, sistemas por bombas, sistemas por inyección controlada, etc.

En los formatos se encuentra integrado los puntos de lubricación e inspecciones de estado.

5.4 Programa de Sistemas de Ajuste, Orden y Limpieza

Algunas fallas pueden presentarse por hechos detectables con anticipación, se puede prever accidentes que ocasionen obstrucciones en el proceso de producción.

Son diversas las causas ocasionadas por el personal que trabaja en el campo que pueden ser: caída de herramientas, mal uso de herramientas, cortes de material, etc.

Se puede observar que el tema de orden y limpieza es de suma importancia tanto en los temas de producción como en los temas de seguridad, estos datos deberán ser revisados por estadísticas internacionales, viendo la inversión que se da en los temas de capacitación al personal para la mejora de formas de trabajo.

Cuando se producen las fallas por ajuste, orden y limpieza son detectables debido a que originan ruidos, vibraciones y/o temperaturas anormales, o en casos extremos roturas de rodamiento provocadas por las vibraciones causadas y no reguladas a tiempo generando desajuste de componentes de los equipos.

Debido a la cantidad de polvo encontrado en el ambiente de trabajo de la planta de agregados, se debe tener en consideración un plan de limpieza para evitar inconvenientes en el proceso productivo.

La evaluación de orden y limpieza esta adjuntado en los formatos de inspección de

todo componente, en donde tenemos personas ejecutables y personal de supervisión, estos procesos se deberán realizar a finalizar la jornada, así como al empezar el jornal; eliminando en los depósitos de polvo toda materia indeseable y polvo usando una máquina de compresión de aire.

El reajuste y revisión del torque en los pernos se deberá realizar de acuerdo al plan de mantenimiento que se tiene, si existen los casos de hallazgo de pernos desajustados, se realizará un informe y será reportado al departamento de ingeniería para detectar causas y soluciones.

5.5 Programación de Puesta a Punto

Las máquinas a lo largo del tiempo se devalúan, esto se da porque pierden características físicas de producción por desgaste y distintos aspectos mecánicos, evaluados en el sistema como malos procesos de operación inadecuada comparados con los estándares que se quieren alcanzar.

Por ello dentro del mantenimiento se deben combinar varios factores tales como: mano de obra, información de contabilidad de la empresa, materiales de uso, herramientas, procedimientos de mantenimiento, capital financiero, para contribuir a la conservación de los equipos y de las instalaciones de servicio durante el mayor tiempo posible, teniendo como objetivo brindar el rendimiento productivo y económico en su mayor efecto.

El mantenimiento estará enfocado en prever fallas, minimizar efectos contrarios y corregir daños, teniendo en cuenta los temas de seguridad y medio ambiente. Se buscará mitigar las causas de las consecuencias de fallos operativos, teniendo en cuenta el análisis

de causa – efecto mediante diagramas.

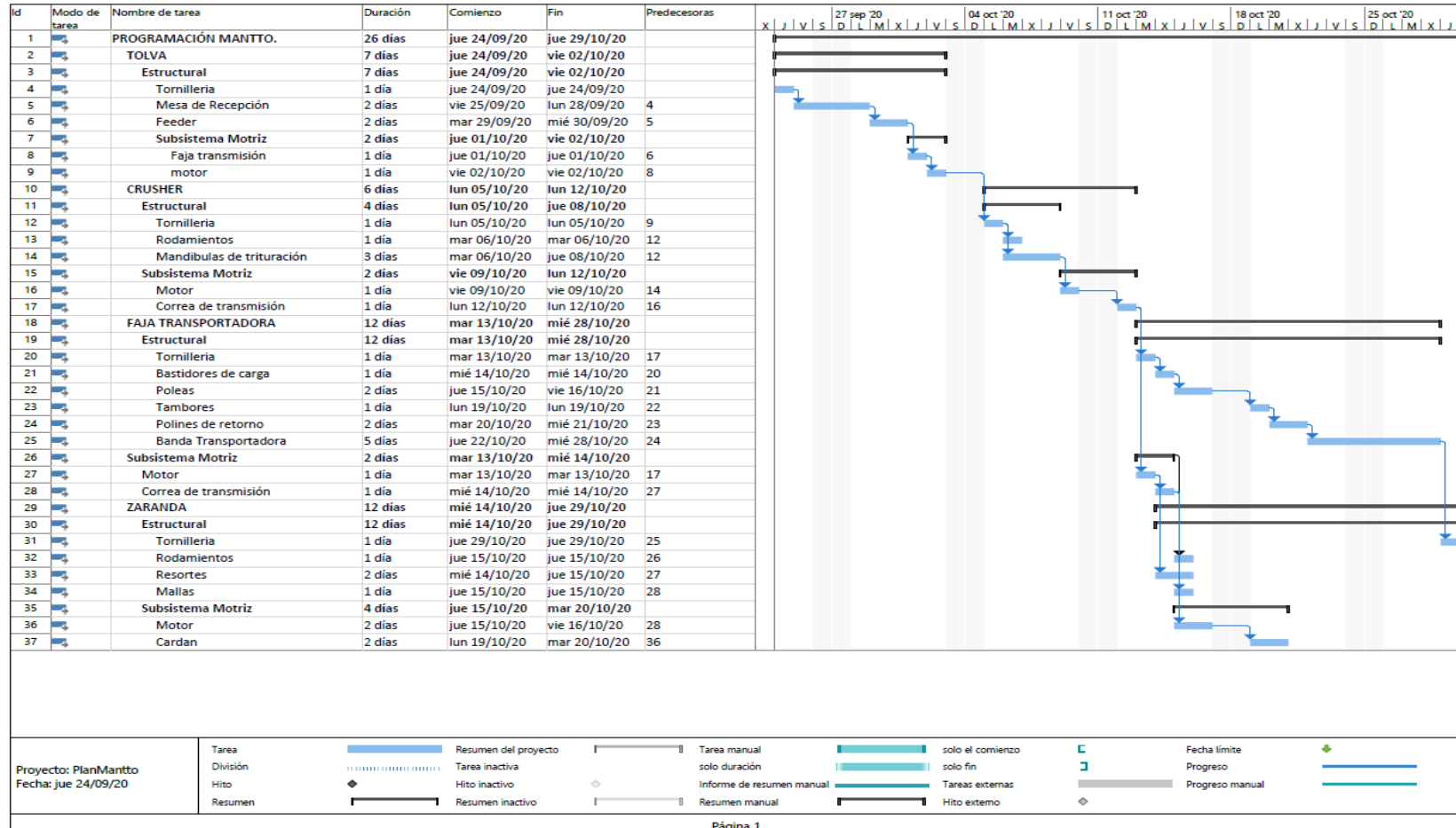
Las actividades preventivas en la empresa serán responsabilidades de los supervisores operativos, cuya finalidad es planear y revisar según cronograma la ejecución de labores. El proyecto tendrá puntos de inspección iniciales y finales, dando como conclusiones el proceso del plan de mantenimiento.

Estará como objetivo el priorizar la minimización de las paradas no programadas por fallas inesperadas, el grupo de actividades correctivas para el apoyo de soluciones en los equipos deberá estar presente y capacitado para desarrollar las actividades del programa de contingencia en caso de requerirlo de manera sistematizada, viendo puntos de inspección, lubricación, ajuste y limpieza.

Se mostrarán las actividades de acuerdo a un tiempo de ejecuciones programadas para la planta de agregados.

Figura 25.

Diagrama Gantt del programa de Mantenimiento



Fuente: Elaboración propia.

Capítulo VI:

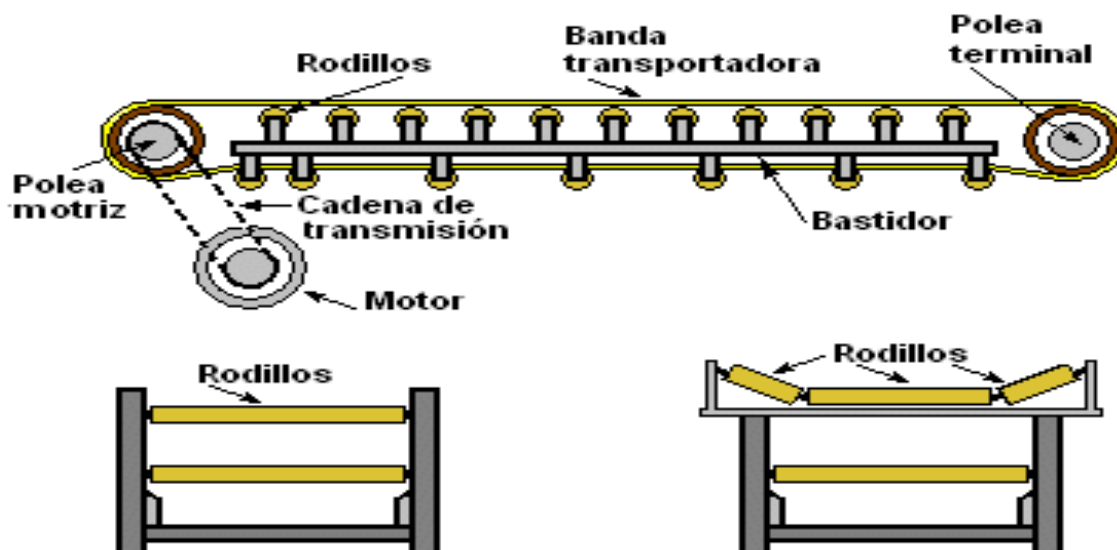
Diseño, Análisis de Faja Transportadora

6.1 Introducción

La cinta transportadora se inventa para mejorar el transporte continuo de materiales, desarrollando consigo mismo los avances tecnológicos de materiales y mantenimiento, utilizados para almacenar y distribuir materiales a lo largo de una industria en diferentes volúmenes.

Figura 26.

Configuración de Banda transportadora



Fuente: Esquema de las partes de una banda - Rene Puig.

El momento de inercia de arranque de la banda es producido por el motor generando un par motriz superior al nominal, realizando una fuerza tangencial en la superficie del

tambor motriz. En la faja transportadora es necesaria una tensión calculada para la transmisión de la fuerza del motor.

El material que se transportará son piedras en un tamaño de 8 – 10 pulgadas, el proceso comienza cuando el material llega a la zona de recepción, esto que se da en la actualidad se realiza directamente con maquinaria de transporte a la tolva, se implementará una banda transportadora que alimente a la tolva con material previamente tratado.

Se debe considerar que la carga llevada por la banda transportadora y depositada en la tolva, será recibida por la tajadera de la tolva para regular el caudal en la parte inferior de la misma.

Se debe considerar el uso de rodillos de impacto que recibirán la carga en la zona de descarga del volquete, los rodillos tendrán una configuración de 35° de inclinación, exceptuando la primera y última estación, en donde el grado de inclinación será de 22° para favorecer la transición de la banda del carril de retorno.

En la banda transportadora se consideran a los bastidores como estructura de soporte de los rodillos, su longitud depende del tramo de colocación de separación entre rodillos. La faja estará elevada en 02 metros con respecto a la horizontal para transitar el material a la tolva.

Figura 27.

Zona de instalación de la Banda transportadora



Fuente: Elaboración propia.

6.2 Importancia de la Cinta Transportadora

El recurso finito que tienen las empresas es el tiempo, por tal motivo se requiere implementar medidas de mejora para optimizar los tiempos de producción, en este caso se mejora el sistema de transporte para la alimentación de material en la tolva.

Los gastos referentes al transporte pueden ser hasta del 25 al 30% de los gastos generales. Debido a ellos la adecuada selección de una faja transportadora para mitigar los costos será de gran relevancia.

La banda transportadora se considera un transporte continuo, detallando sus características de gran importancia:

- **Capacidad:** Depende del ancho de la faja, la velocidad implementada, inclinación de los rodillos y tipo de material transportado, teniendo una capacidad de transporte

entre los medios existentes.

- **Mantenimiento:** Se realizará mediante el manual de mantenimiento y tiempos establecidos en la ruta de inspección, el mantenimiento de rodillos y bastidores siendo de manera práctica, y considerar el cambio de faja una vez anualmente, hace el mantenimiento de la banda transportadora de fácil manejo.
- **Bajo Potencia requerida:** Se requiere una baja potencia por tonelada.
- **Adaptación al perfil del terreno:** Son adaptables a los perfiles de terrenos incluso en pendientes relativamente empinadas (20°), dependiendo de factores como el material y tipo de banda a utilizar.

6.3 Factores Influyentes en la Cinta Transportadora:

Los factores más relevantes en el diseño de una banda transportadora son: la velocidad, el ancho de banda, disposición de rodillos, selección de motores.

- **Velocidad:** Se encuentra determinada por el tipo de material a transportar, capacidad de transporte requerido, se considera la constante de relación directamente proporcional entre ancho de banda y velocidad.

$$Qv = 3600 * v * A * k$$

Donde:

Qv: Capacidad Volumétrica

v: **Velocidad de banda máxima.**

k: Factor de reducción por inclinación.

- **Ancho de Banda:** Es determinante en la capacidad de transporte, su selección se hace mediante tablas estandarizadas según manual, considerando el tamaño de material a transportar.

Figura 28.

Selección de ancho de banda

Ancho de banda mínimo Recomendada		
Tamaño del material Dimensiones máximas		Banda
Uniforme (mm)	Mixto (mm)	Ancho mín. (mm)
50	100	400
75	150	500
125	200	650
170	300	800
250	400	1000
350	500	1200
400	600	1400
450	650	1600
500	700	1800
550	750	2000
600	800	2200

Fuente: Software – Diseño de cintas transportadoras.

- **Disposición de Rodillos:** Influye en la capacidad de transporte, tomando en consideración la disposición de rodillos y la distancia que existe entre ellos, dependiendo del ancho de la banda y el peso específico del material. Existen diversos tipos de rodillos que deberán ser seleccionados por el diseñador.
- **Selección de motores:** Influyente en el tema de costos, se debe seleccionar el

motor con características para el funcionamiento óptimo de la banda, previamente evaluado mediante una memoria de cálculo.

- **Banda:** Elemento que transporta el material en sus superficies desde la tolva hasta los componentes de trituración. Existen diversos tipos de bandas según el material que se transporte.

La banda se encuentra sometida a fuerzas longitudinales, tangenciales, fuerza normal del peso del material y fuerza de impacto. Se encuentra conformada por el tejido interno y su recubrimiento de elastómeros.

La goma es el elemento básico de los recubrimientos, según normas DIN 22102 y 22131, establecen distintos valores de resistencia a tracción, alargamiento de rotura longitudinal y abrasión.

Tabla 8

Propiedades especiales de la banda

Designación	Propiedades Especiales
E	Propiedades antiestéticas
K	Propiedades antiestéticas y resistente a la llama
S	Resistente a la llama con y sin propiedades antiestáticas
T	Resistencia al calor
R	Resistencia al frío
G	Resistente al aceite y a las grasas
A	Para transportar alimentos

C	Para transportar productos químicos
----------	-------------------------------------

Fuente: Norma 22102

6.4 Requerimientos Establecidos para la Producción:

El diseño de la banda transportadora se dará mediante los requerimientos establecidos por el cliente:

- El material que se transportará será roca triturada menos a 10”.
- Caudal nominal de la banda será de 40 Ton/hr.
- Se debe evitar el derramamiento de material
- Se debe cumplir con los requisitos de seguridad para el personal.
- Puntos de mantenimiento accesibles.

6.5 Parámetros para el Diseño de la Banda Transportadora:

Para el diseño de la banda transportadora, se debe tener en cuenta parámetros iniciales del material que se va a transportar, cantidad de producción que se requiere.






6.5.1 *Material a Transportar*

El tipo de material a transportar será roca triturada, con esta característica podremos determinar el ángulo de reposo y el ángulo de descarga.

El ángulo de reposo de un material es el ángulo formado al insertar material desde una determinada altura. El ángulo de sobrecarga es el ángulo que forma la superficie del material respecto al plano horizontal sobre la cinta en movimiento.

Tabla 9

Fluidez-Ángulo de sobrecarga-Ángulo de reposo

Fluidez muy libre 1*	Fluidez libre 2*	Fluidez promedio 3*		Pesada 4*
ángulo de sobrecarga de 5°	Ángulo de sobrecarga de 10°	Ángulo de sobrecarga de 20°	Ángulo de sobrecarga de 25°	Ángulo de sobrecarga de 30°
				
0° - 19° ángulo de reposo	20° - 29° ángulo de reposo	30° - 34° ángulo de reposo	35° - 39° ángulo de reposo	40° - a más ángulo de reposo
Características del material				
Tamaño uniforme, partículas redondeadas muy pequeñas, tanto si están húmedas o muy secas: piedra silice seca, cemento, concreto húmedo	Partículas pulidas, redondeadas, secas, de peso medio: granos sin pelar y frejoles	Materiales Irregulares, granulares o en trozos de peso medio, tales como antracita y carbón de piedra, semilla de algodón, arcilla, etc.	Materiales comunes típicos: carbón bituminoso, piedra, mayoría de minerales	Materiales irregulares, fibrosos, que se pueden atorar: astillas de madera, bagazo, arena de fundición templada.

Fuente. Norma ANSI CEMA – Cap. 03

6.5.2 *Peso Específico*

El peso específico de la roca triturada se determinará como su peso por unidad de volumen expresado en [kg/m³] en unidades del SI.

Será determinado mediante establecidos por la norma CEMA.

Tabla 10*Características del material y peso por pie cúbico*

Material	Peso Promedio (lbs por pie²)	Ángulo de reposo (grados)	Inclinación máxima recomendada	Código
Remolacha, entera	48	50		D45
Remolacha, pulpa de, húmeda	25-45			E46
Remolacha, pulpa de, seca	12-15			E45
Roca trapeciana, cernida hasta ½ pulgada	90-100	30-44		C37
Roca trapeciana, en trozos de 2 a 3 pulgadas	100-110	30-44		D37
Roca, blanda, excavada con pala	100-110	30-44	22	D36
Roca, chancada	125-145	20-29		D26

Fuente: Norma 22102

6.5.3 Temperatura

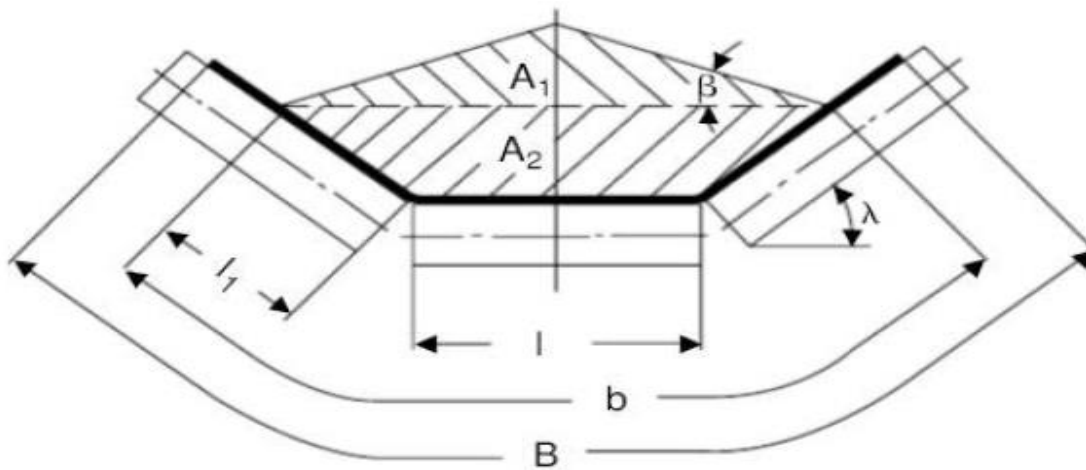
La temperatura del material será considerada como temperatura ambiente (24° C) puesto que el material se encontrará expuesto a la intemperie, compensado con el agua del río y el sol poniente.

6.6 Cálculo de los Parámetros de una Banda Transportadora:

Se desarrollará el cálculo con los parámetros establecidos anteriormente, tomando en consideración el área de transporte, configuración de los rodillos, ángulos de diseño, etc.

Figura 29.

Sección transversal del material sobre la banda



Fuente: Norma CEMA – Cap. 04.

6.6.1 Cálculo del Área Transversal

Se desarrollará el cálculo de las Áreas (A1, A2) de la sección transversal mostrada en la Fig. 12.

$$A_1 = 0.25 * \tan(\beta) * [l + (b - l) * \cos(\lambda)]^2 \dots(1)$$

$$A_2 = I_1 * \text{sen}(\lambda) * [l + I_1 * \cos(\lambda)] \dots (2)$$

Siendo:

$$b = 0.9 * B - 0.05 \dots (3)$$

$$I_1 = 0.5 * (b - l) \dots (4)$$

$$A = A_1 + A_2 \dots (5)$$

Donde:

A_1 : Sección transversal superior

A_2 : Sección transversal inferior

β : Ángulo de sobrecarga

λ : Ángulo de artesa

l : Longitud de rodillos

B : Ancho de Banda

Se consideran los siguientes datos, de acuerdo a selección de parámetros según material transportado:

$$\gamma = 1.4 \text{ (Ton/m}^3\text{)}$$

$$\sigma = 18^\circ \text{ (Inclinación Máxima)}$$

$$\alpha = 45^\circ \text{ (Ángulo de reposo)}$$

$$\beta = 30^\circ \text{ (Ángulo de sobrecarga)}$$

Para el tamaño del material se considera de manera Uniforme dado en 170 mm aproximadamente 10 pulgadas

Reemplazando los valores en las ecuaciones (1) y (2)

$$A_1 = 0.063 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 0.014 \text{ mm}^2$$

$$A = 0.063 + 0.014 = 0.077 \text{ mm}^2$$

6.6.2 *Capacidad Volumétrica*

La capacidad volumétrica es el volumen que podrá transportar la banda transportadora, desarrollada mediante:

$$Q_v = 3600 * v * A * \varphi * k \dots (6)$$

Donde:

$$Q_v = \text{Capacidad Volumétrica (m}^3/\text{hr)}$$

Siendo:

$$\varphi = \text{sen}^{-1} * \left(\frac{H}{L}\right) \dots (7)$$

Donde:

$$\varphi = \text{Ángulo de inclinación de la banda (}^\circ\text{)}$$

$$H = \text{Altura de elevación de la banda (m)}$$

$$L = \text{Distancia horizontal de la banda (m)}$$

Siendo:

$$k = 1 - 1.64 * \left(\frac{\varphi * \pi}{180}\right)^2 \dots (8)$$

Donde:

k =Factor de reducción por inclinación

La velocidad máxima se determinará mediante Tabla 1.5 de la Norma CEMA, de acuerdo al ancho de banda (B). Se tomará la velocidad de 3.2 [m/s] por haber optado un ancho de Banda de 1200 mm y por características del material.

$$\varphi = 12^\circ$$

$$k = 0.92$$

Tabla 11

Las velocidades máximas recomendadas

Material que se transporta	Velocidad de la faja (ppm)	Ancho de la faja (Pulgadas)
Granos u otros materiales no abrasivos de buena fluidez	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Hulla, arcilla húmeda, mineral suave, capas de	400	18

desperdicio, piedra chancada fina.	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Mineral pesado, duro, de bordes afilados, piedra chancada de cuarzo.	350	18
	500	24-36
	600	Mayor de 36
Arena de fundición, preparada o húmeda, arena molida con pequeños núcleos con o sin pequeñas piezas de función (no tan calientes como para dañar la faja)	350	Cualquier ancho
Aena de fundición preparada y materiales húmedos similares (o secos, abrasivos) descargados de la faja por desviadores de bordes de caucho.	200	Cualquier ancho
Materiales no abrasivos descargados de la faja por medio de desviadores	200, salvo pulpa de madera donde 300 a 400 son preferibles.	Cualquier ancho
Fajas alimentadoras, planas o acanaladas para alimentar materiales finos, no abrasivos o medianamente abrasivos, de tolvas y recipientes.	50 a 100	Cualquier ancho

Fuente: Norma CEMA – Cap. 04

Reemplazando en la ecuación (6), nos resulta:

$$Q_v = 3600 * v * A * \varphi * k = 270 \text{ m}^3/\text{hr}$$

La banda con un ancho de 1200 mm tiene una capacidad volumétrica considerable para la producción requerida

6.6.3 *Capacidad de Transporte de la Banda*

Considerando el peso específico del material, calculamos la capacidad de transporte:

$$Q_m = \gamma * Q_v \dots (9)$$

Donde:

Q_m =Capacidad de Transporte [Ton/m]

γ =Peso específico del material [Ton/m³]

Reemplazando en la ecuación (9), tenemos:

$$Q_m = \gamma * Q_v = 378 \text{ (Ton/m)}$$

6.6.4 *Cálculo de Potencias Aparentes*

El cálculo de potencias se realizará considerando diversas situaciones en los que se puede encontrar la banda transportadora;

6.6.4.1 Potencias en Vacío

Se consideran las potencias sin influencias externas, los parámetros los obtendremos de las tablas de acuerdo a datos hallados anteriormente:

$$P_1 = \frac{C_b * v + Q_m}{C_L * K_f} \dots (10)$$

Donde:

P_1 =Potencia en vacío [Kw]

C_b =Factor de ancho de banda

C_L =Factor de ancho de banda

K_f =Factor de servicio

Los valores de los coeficientes serán detallados en las siguientes tablas:

Tabla 12

Factor de ancho de banda [C_b]

	Ancho de Banda [mm]											
Peso específico γ [t / m ³]	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227	291	-	-	-
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320	468	554	691	745

$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414	644	727	957	1033
--------------	---	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Tabla 13

Factor de longitud de banda [C_L]

Longitud [m]	3	4	5	6	8	10	1,5	16	20
C_L	667	625	555	526	454	417	370	323	286
Longitud [m]	25	32	40	50	63	80	90	100	150
C_L	250	222	192	167	145	119	109	103	77
Longitud [m]	200	250	300	350	400	450	500	550	600
C_L	63	53	47	41	37	33	31	28	26
Longitud [m]	700	800	900	1000	1500	2000	>2000		
C_L	23	20	28	17	12	9	8		

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Tabla 14*Factor de servicio, condiciones de trabajo*

Condiciones de Trabajo	k_f
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad	0,87 – 0,74
Temperaturas extremadamente bajas	0,57

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Reemplazando los valores en la Ecuación 10:

$$P_1 = \frac{277 * 3.2 + 378}{417 * 1} = 3.03 \text{ Kw}$$

6.6.4.2 Potencias para elevar carga

Se considera la fuerza necesaria para elevar el material a una altura requerida para el proceso, también puede servir de referencia como la fuerza necesaria de frenado.

$$P_2 = \frac{H * Q_m}{367} \dots (11)$$

Donde:

 P_2 =Fuerza para elevar carga [Kw] H =Altura de Banda transportadora [m] Q_m = Capacidad de transporte de la banda [t/h]

Reemplazando los valores en la Ecuación 10:

$$P_2 = \frac{10 * 378}{367} = 10.299 \text{ Kw}$$

6.6.4.3 Potencias para vencer rozamientos

Se considera las fuerzas necesarias para vencer la resistencia que se genera por fricción entre los elementos secundarios, como dispositivos de limpieza, rodamientos, guías de movimiento, rodillos, etc.

$$P_3 = \sum P_a + P_b + P_c \dots (12)$$

Donde:

P_3 =Fuerza para vencer rozamientos [Kw]

P_a =Potencia debida a Trippers [Kw]

P_b =Dispositivos de Limpieza [Kw]

P_c =Fuerza para vencer rozamientos [Kw]

Tabla 15*Potencias para vencer rozamientos*

POTENCIAS ADICIONALES		
Trippers, <i>Pa</i>	Ancha de Banda [m]	Potencia [Kw]
	≤ 500	0,8 -v
	≤ 1000	1,5 -v
	> 1000	2,3 -v
Dispositivos de limpieza <i>Pb</i>	Tipo de contacto / Presión	
	Contacto Simple	0,3 -B-v
	Contacto de presión elevada	1,5 -B-v
Guías de Carga <i>Pc</i>	Longitud L_f [m]	
	Desde punto de carga	0,16 -v- L_f

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Donde:

 B =Ancho de Banda [m] v =velocidad [m/s] L_f = Longitud de las guías o faldones [m]

Reemplazando los valores en la Ecuación 12:

$$P_3 = 0 + (0.3 * 1.2 * 3.2) + (0.16 * 3.2 * 1) = 1.664 \text{ Kw}$$

6.6.4.4 Potencias Totales

La fuerza total se considera como la sumatoria de las fuerzas anteriormente encontradas, para un funcionamiento correcto, siendo un valor orientado para el diseño, puede recibir ajustes de acuerdo a valores estándares para la compra disponible en el mercado

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \dots (13)$$

Donde:

P_T =Potencia Total [Kw]

Reemplazando los valores en la Ecuación 13:

$$P_T = 3.03 + 10.299 + 1.664 = 14.993 \text{ Kw}$$

6.6.4.5 Potencias de Motor

Los métodos para conectar el motor con el tambor motriz de alta velocidad de giro, ocasionado por el motor, puede reducirse mediante una caja reductora, poleas, cadenas, engranajes, etc. Estas técnicas mecánicas generarán pérdidas mecánicas que deben ser consideradas para determinar la potencia real del motor.

Se debe considerar el rendimiento del motor, así como su eficiencia de transmisión. El rendimiento del motor se puede estimar en un rango entre 85% y 95%.

Tabla 16*Potencias para vencer rozamientos*

Tipo de mecanismo reductor	Eficiencia
Poleas y bandas en V	94%
Cadena de rodillos	93%
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95%
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tornillo sin fin (relación 20:1)	90%
Reductor de tornillo sin fin (relación 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tornillo sin fin (relación 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90%
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85%

Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

$$PM = \frac{PT}{\eta * \varepsilon} \dots (14)$$

Donde:

PM = Potencia del Motor [Kw]

η = Rendimiento del motor [%]

ϵ = Eficiencia mecánica de reductores [%]

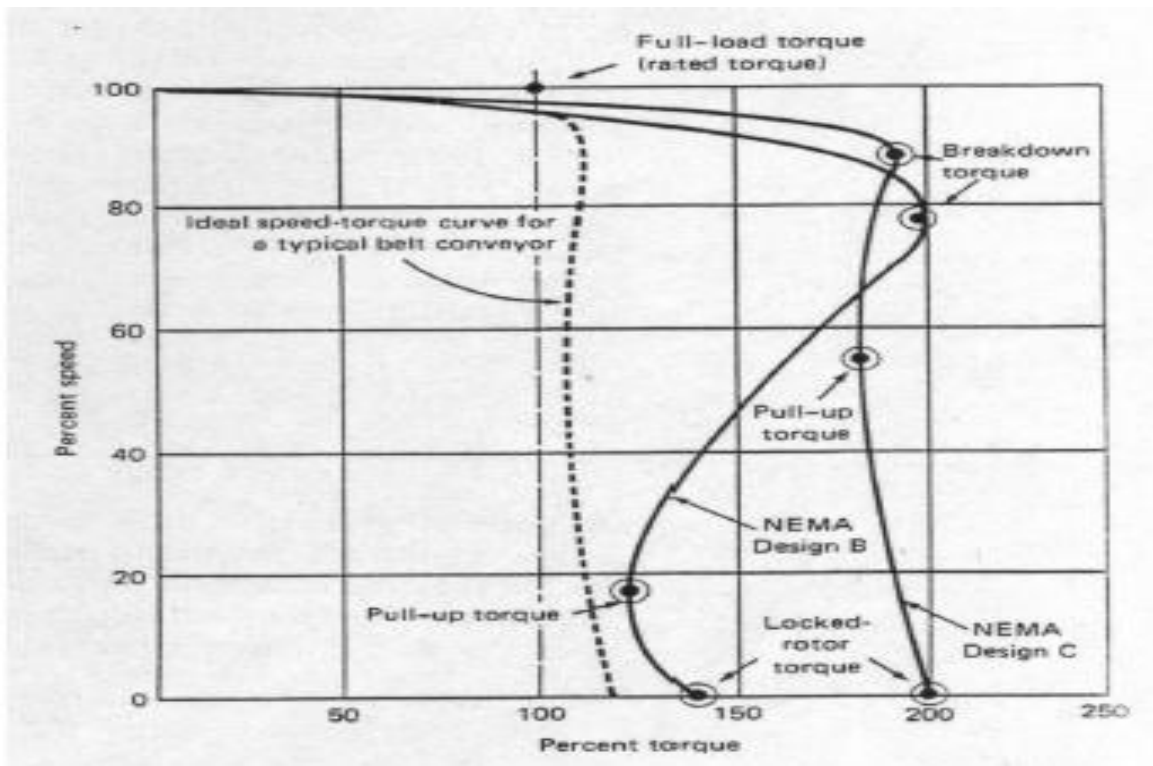
Reemplazando los valores en la Ecuación 14:

$$PM = \frac{14.993}{85\% * 95\%} = 18.567 \text{ Kw}$$

La potencia nominal necesaria de la banda será normalizada según la norma CEMA.

Figura 30.

Curva de torque de velocidad – Diseño NEMA



Fuente: Norma CEMA – Cap. 13.

Tabla 17*Torque mínimo de rotor asegurado, %del toque a plena carga*

Velocidad sincronizada rpm								
Hp	60 hertz	3,600	1,800	1,200	900	720	600	514
	50 hertz	3,000	1,500	1,000	750	.....	.....	.....
½		140	140	115	110
¾		175	135	135	115	110
1		275	170	135	135	115	110
1 ½		175	250	165	130	130	115	110
2		170	235	160	130	125	115	110
3		160	215	155	130	125	115	110
5		150	185	150	125	125	115	110
7 ½		140	175	150	125	120	115	110
10		135	165	150	125	120	115	110
15		130	160	140	125	120	115	110
20		130	150	135	125	120	115	110
25		130	150	135	125	120	115	110
30		130	150	135	125	120	115	110

40		125	140	135	125	120	115	110
50		120	140	135	125	120	115	110
60		120	140	135	125	120	115	110
75		105	140	135	125	120	115	110
100		105	125	125	125	120	115	110
125		100	110	125	120	115	115	110
150		100	110	120	120	115	115	.....
200		100	100	120	120	115	.....	.....
250		70	80	100	100	.....	.....	.....
300		70	80	100	.....	.....	.....	.....
350		70	80	100	.....	.....	.....	.....
400		70	80	.....	.....	.....	.....	.....
150		70	80	.....	.....	.....	.....	.....
500		70	80	.....	.....	.....	.....	.....

Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

6.6.5 *Cálculo de Resistencias*

6.6.5.1 Resistencias mínimas a tracción de la banda

Teniendo los valores de potencia referentes, podemos calcular la resistencia mínima que debe soportar la banda a tracción para poder tener un valor orientativo, conociendo las condiciones mínimas que debe cumplir la banda a seleccionar.

Se determinará el esfuerzo a la tracción a la cual será sometida la banda.

$$k = \frac{CR * PT}{C_v * v} \dots (15)$$

Donde:

k =Tensión de la banda sometida [N/mm]

PT =Potencia Total [Kw]

C_v =Factor de pérdida de resistencia a tracción

CR =Factor de fricción según superficie

v =Velocidad de la banda [m/s]

Tabla 18

Coefficiente de fricción según superficie de tambor CR

FACTOR DE FRICCIÓN C_R													
Superficie del tambor motriz	Coeficiente de fricción μ	Ancho de banda [mm]											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Sin recubrimiento y mojado	0,15	98	74	59	45	37	30	25	21	18	16	15	14
Recubierto con goma mojado y	0,3	62	46	37	28	23	18	15	13	12	10	9	8

sucio													
Sin recubrimiento y seco	0,35	57	43	34	26	21	17	14	12	11	9	8	8
Con recubrimiento de goma y seco	0,4	53	40	32	25	20	16	13	11	10	9	8	7

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Tabla 19

Factor de pérdida de resistencia a tracción según empalme

Tipo de banda DUNLOP	Tipo de empalme por número de telas		Factor C_y
DUNLOPFLEX	2 capas superpuestas	Al 100%	1
	2 capas superpuestas	Al 50%	0,5
TRIOFLEX	3 capas superpuestas	Al 100%	1
	2 capas superpuestas	Al 67%	0,67
SUPERFORT	Número de capas	1	0,7
		2	0,5

		3	0,67
		4	0,75
		5	0,8
		6	0,83
FERROFLEX	Zig – Zag	-	0,9
STEELCORD	Número de escalones	1-2	1
		3	0,95
		4	0,9

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Teniendo el valor del esfuerzo a tracción a la que se encuentra sometida de la banda, se determinara su valor normalizado.

Tabla 20

Resistencia de bandas textiles

Resistencias nominales de las bandas textiles [N/mm]						
125	160	200	250	315	400	500
630	800	1000	1250	1600	2000	2500

Fuente: Norma CEMA – Cap. 06

Reemplazando los valores en la ecuación 15 con los datos tabulados.

$$k = \frac{25 * 14.993}{1 * 3.2} = 117.13 \text{ [N/mm]}$$

6.6.5.2 Resistencias al movimiento de la banda

6.6.5.2.1 Resistencias Principales

Las resistencias principales corresponden a las ocasionadas por fricción existente entre los rodamientos de los rodillos y las juntas. Se considera la resistencia del avance de la banda con los rodillos, tambores, de aspecto de ida y de regreso.

$$F_H = f * L * g * [m'R + (2 * m'G + m'L) * \cos(\varphi)] \dots (16)$$

Donde:

F_H = Resistencias Principales [N]

f = Coeficiente de fricción

L =Longitud de banda [m]

g = Aceleración gravitacional [m/s^2]

$m'R$ = Masa de los rodillos por und. Longitud [Kg/m]

$m'G$ = Masa de la banda por und. Longitud [Kg/m]

$m'L$ = Masa de la carga por und. Longitud [Kg/m]

Los valores recomendados de coeficientes de fricción de las partes móviles en función de las condiciones de operación y mantenimiento.

Tabla 21*Coefficiente de fricción de las partes móviles*

CONDICIONES DE OPERACIÓN	Coefficiente <i>f</i>
Bandas transportadoras descendentes que requieren frenado mediante motor.	0,012
Condiciones favorables con buenas bandas transportadoras con rodillos de marcha suave y pequeña fricción en el material.	0,017
Condiciones con ambiente normal de trabajo.	0,02
Condiciones de marcha desfavorables con ambientes polvorientos y sobrecargas periódicas.	0,023 – 0,03

Fuente: Norma CEMA – Cap. 07

La masa de la banda deberá ser proporcionada por el fabricante. Se requiere determinar la masa total de la banda, para ello se considera el peso de la carcasa y recubrimientos.

Tabla 22*Masas de las bandas según el tipo*

Tipo de Banda	Espesor de la Carcasa [mm]	Masa de la Carcasa [Kg/m ²]	Masa total de la Banda m ² G [Kg/m ²]					
			Suma total de los Recubrimientos [mm]					
			4	5	6	8	10	12
D160	2.3	2.7	7.3	8.5	9.6	11.9	14.2	16.5
D200	2.7	3.1	7.7	8.9	10.0	12.3	14.6	16.9
D250	3.0	3.6	8.2	9.4	10.5	12.8	15.1	17.4
D315	3.2	3.7	8.3	9.5	10.6	12.9	15.2	17.5
D400	3.7	4.3	8.9	10.1	11.2	13.5	15.8	18.1
D500	4.1	4.7	9.3	10.5	11.6	13.9	16.2	18.5
D630	4.5	5.0	9.6	10.8	11.9	14.2	16.5	18.8
D800	4.8	5.5	10.1	11.3	12.4	14.7	17.0	19.3
T315	4.0	4.8	9.4	10.6	11.7	14.0	16.3	18.6
T400	4.4	5.3	9.9	11.1	12.2	14.5	16.8	19.1
T500	5.0	5.9	10.5	11.7	12.8	15.1	17.4	19.7
T630	5.5	6.2	11.1	12.3	13.4	15.7	18.0	20.3
T800	6.0	7.2	11.8	13.0	14.1	16.4	18.7	21.0
T1000	6.5	7.8	12.4	13.6	14.7	17.0	19.3	21.6
T1250	7.2	8.1	12.7	13.9	15.0	17.3	19.6	21.9

Fuente: Norma CEMA – Cap. 07

Se deberá determinar el peso de la banda total por el ancho de banda para determinar el peso de la banda por unidad de longitud.

$$m'G = m''G * B \dots (17)$$

La masa de los rodillos será determinada, considerando rodillos de carga y rodillos de retorno.

$$m'R = \frac{m'Ro}{lo} * \frac{m'Ru}{lu} \dots (18)$$

Donde:

$m'Ro$ = Masa de los rodillos superiores [Kg/m]

$m'Ru$ = Masa de las bandas inferiores [Kg/m]

lo = Separación entre dos rodillos superiores [m]

lu = Separación entre dos rodillos inferiores [m]

La distancia entre los rodillos se calcula mediante la Tabla 23. Según el peso específico del material y ancho de banda.

Tabla 23*Masas de los rodillos*

Ancho de banda [mm]	Separación entre dos estaciones de rodillos superiores S1 [m]										Separación de estaciones, rodillos inferiores S2 [m]
	Peso específico [t/m ³]										
	0,5	0,8	1	1,4	1,6	2,4	3,2	4	5	>6	
400	1,7	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	0,9	0,75	3
500	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1	0,9	0,6	3
650	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	0,5	3
800	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9	0,5	3
1000	1,4	1,4	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,5	3
1200	1,4	1,4	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,5	3
1400	1,4	1,2	1,2	1	1	0,9	0,9	0,75	0,75	0,5	3
1600	1,2	1,2	1,2	1	0,9	0,9	0,9	0,75	0,6	0,5	3
1800	1,2	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	2,4
2000	1,2	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	2,4
2200	1	1	1	0,9	0,75	0,75	0,6	0,5	0,5	0,5	2,4

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

La masa de los rodillos se puede calcular mediante la ecuación 18, en esta ocasión se determinarán mediante los valores tabulados estandarizados existentes.

Tabla 24

Masas de los rodillos

Ancho de Banda [mm]	Configuración de los Rodillos	Diámetro de los rodillos [mm]							
		51	63.5	90.9	108	133	159	193.7	219.1
300	flat	1.6	2.2	3.2					
	2 part	2.3	3.4	4.1					
400	flat	2.0	2.7	3.9	5.6				
	2 part	2.6	3.7	4.7	6.6				
	3 part	2.9	4.4	5.4	7.3				
500	flat	2.2	3.2	4.5	6.6				
	2 part	2.8	4.1	5.5	7.8				
	3 part	3.2	4.6	6.1	8.4				
650	flat		4.0	5.5	8.0	10.8			
	2 part		4.7	6.3	9.0	12.1			
	3 part		5.4	7.0	9.8	13.1			
800	flat		4.7	6.7	9.8	13.3			
	2 part		5.6	7.4	10.6	14.2			
	3 part		6.5	8.3	11.6	15.6			
1000	flat			9.4	11.7	15.9	21.9		
	2 part			11.3	13.2	17.8	24.7		
	3 part			13.0	13.6	18.2	26.3		
1200	flat				14.2	19.3	26.1		
	2 part				15.0	20.5	28.0		
	3 part				16.3	22.3	24.5		
1400	flat					21.8	29.3		
	2 part					23.3	31.6		
	3 part					25.0	35.6		
1600	flat					25.1	33.4		
	2 part					26.5	35.0		
	3 part					28.0	38.7		
1800	flat					27.6	37.8		
	2 part					29.1	39.5		
	3 part					30.7	42.4		
2000	flat					30.2	40.2	69.1	
	2 part					31.8	43.3	76.4	
	3 part					33.3	47.0	80.1	
2200	flat						46.5	77.8	88.0
	2 part						49.0	82.6	97.1
	3 part						50.1	93.2	111.0

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

La masa de la carga a transportar por unidad de longitud se determina de acuerdo a la ecuación:

$$m'L = \frac{Q_m}{3.6 * v} \dots (19)$$

Donde:

$m'L$ = Masa de carga a transportar [Kg/m]

Q_m = Capacidad de la banda [Kg/m]

v = velocidad de la banda [Kg/m]

Reemplazando los valores en la Ecuación 17:

$$m'L = \frac{378}{3.6 * 3.2} = 32.81$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 18:

$$m'G = 12.4 * 1.2 = 14.88$$

Reemplazando los valores en la Ecuación 16:

$$F_H = 0.02 * 1.2 * 9.8 * [15 + (2 * 15.88 + 32.81) * \cos(12)] = 18.38 \text{ N}$$

6.6.5.3 Resistencias Secundarias

Las resistencias secundarias se originan en la zona de carga, causadas por la aceleración del material, ocasiona una fricción en las paredes laterales de la tolva de alimentación, efecto de enrollamiento de la banda de los tambores y por las resistencias de los cojinetes de los tambores.

$$F_N = (C - 1) * F_H \dots (20)$$

Donde:

F_N = Resistencia Secundaria [N]

F_H = Resistencia Principales [N]

C = Coeficiente de corrección de longitud

El factor C dependerá de la longitud de transporte, determinado mediante:

$$C = 1 + \frac{80}{L}$$

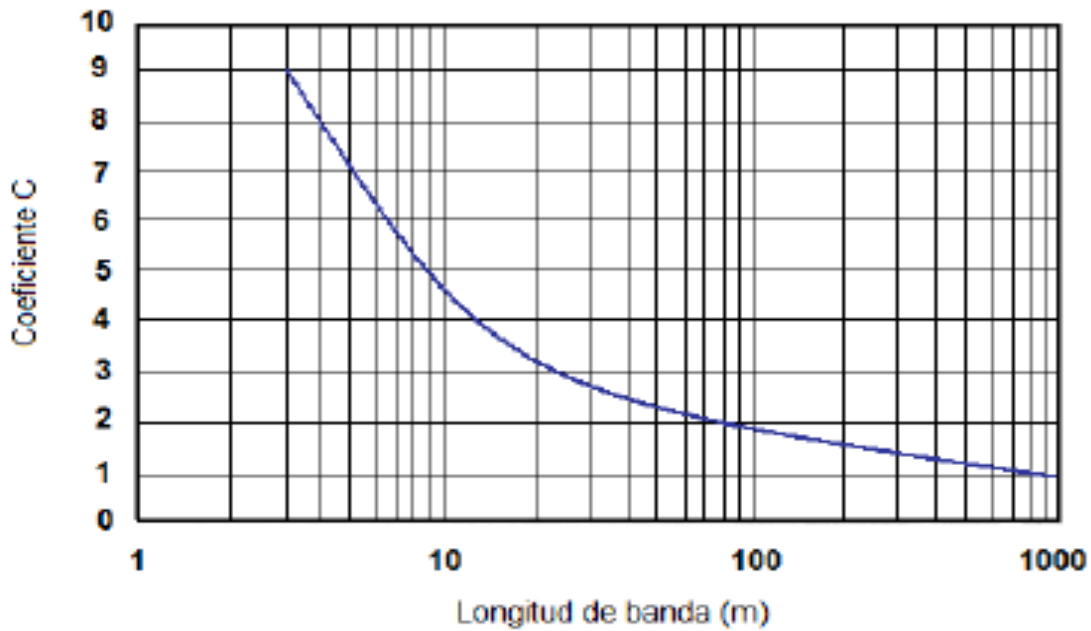
Donde:

L= Longitud de la banda [m]

De misma forma se puede determinar el coeficiente C, mediante la tabla mostrada para valores variados:

Figura 31.

Curva de valores de coeficiente C



Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

Tabla 25*Valores del coeficiente C para cintas*

Long. Banda [m]	3	4	5	6	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63
C	9	7,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3	2,9	2,6	2,4	2,2	2
Long. Banda [m]	80	90	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500
C	1,92	1,86	1,78	1,7	1,63	1,56	1,5	1,45	1,38	1,31	1,27	1,25	1,22	1,2
Long. Banda [m]	600	700	800	900	1000	1500	2000	2500	5000					
C	1,17	1,14	1,12	1,1	1,09	1,06	1,05	1,04	1,03					

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Reemplazando valores en la Ecuación 20:

$$F_N = (4.5 - 1) * 18.38 = 64.33 \text{ N}$$

6.6.5.4 Resistencias por la inclinación

Las resistencias debido a la inclinación son afectadas por el valor de la aceleración gravitacional, determinada mediante:

$$F_{st} = H * g * m' L \dots (21)$$

Donde:

$$F_{st} = \text{Resistencia por inclinación [N]}$$

g = Aceleración gravitacional $[m/s^2]$

H = Desnivel entre el tambor de cabeza y cola $[m]$

$m'L$ = Masa de la carga por Longitud $[N]$

Reemplazando valores en la Ecuación 21:

$$F_{st} = 2 * 9.8 * 32.81 = 643.076 \text{ N}$$

6.6.6 *Fuerzas Tangenciales en Régimen Permanente Estacionario*

Teniendo los datos hallados de resistencia que se oponen al movimiento podemos determinar el valor de la fuerza tangencial o periférica para vencer el momento de inercia:

El esfuerzo tangencial F_U ubicado en la periferia del tambor motriz, es el esfuerzo tangencial total necesario para vencer las resistencias al movimiento:

$$F_U = C * f * L * g * [m'R + (2 * m'G + m'L) * \cos(\varphi)] + H * g * m'L + F_s \dots (22)$$

$$F_U = 18.38 + 64.33 + 643.076 = 725.786 \text{ N}$$

6.6.7 *Fuerzas Tangenciales en Régimen Permanente no Estacionario:*

Se considerarán acoplamientos rígidos, para las instalaciones de poca potencia, que viene dado por:

$$F_A = K_A * \frac{P_n * \eta * 1000}{v} \dots (23)$$

Donde:

K_A = Factor de puesta en marcha

P_n = Potencia nominal del motor [Kw]

η = Rendimiento del conjunto motor / transmisión

v = Velocidad de la banda [m/s]

6.6.8 **Determinación de la Potencia Final Necesaria:**

El valor de la fuerza tangencial para un estado normal de trabajo, se puede determinar la potencia necesaria transmitida al tambor motriz. La potencia que requiere el motor.

6.6.8.1 **Potencia a transmitir por el tambor motriz:**

$$P_T = \frac{F_U * v}{1000} \dots (24)$$

Donde:

F_U = Fuerza tangencial para el estado normal de trabajo. [N]

v = velocidad de la banda [m/s]

Reemplazando en la Ecuación 24:

$$P_T = \frac{725.786 * 3.2}{1000} = 2.32 \text{ Kw}$$

6.6.8.2 **Potencia requerida por el motor**

$$P_M = \frac{P_T}{\eta} \dots (25)$$

Donde:

P_T = Potencia a transmitir por el tambor motriz. [Kw]

η = Rendimiento del conjunto motor/ transmisión

$$P_M = \frac{2.32}{95\%} = 2.47 \text{ Kw}$$

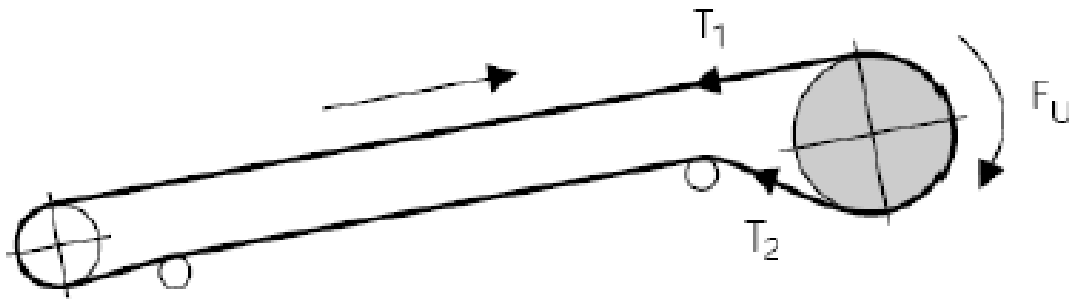
6.6.9 *Transmisión de Fuerzas del Tambor Motriz a la Banda*

La configuración que se dará es de un tambor motriz en cabeza, siendo el sistema común para transportadores horizontales e inclinados, dando valores de tensiones favorables.

Se considera bandas transportadoras ascendentes.

Figura 32.

Sistema con tambor motriz en cola



Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

6.6.10 *Distribución de Potencias para Dos Tambores Motrices:*

6.6.10.1 Potencia para sistema con un tambor motriz en cola y otro en cabeza

Se desarrollará mediante el sistema de ecuaciones:

$$P_T = P_1 + P_2 \dots (3.6.1)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = x \dots (3.6.2)$$

$$P_2 = \frac{P_T}{(x + 1)} \dots (3.6.3)$$

$$F_{U2} = \frac{F_U}{(x + 1)} \dots (3.6.4)$$

$$F_{U1} = F_U - F_{U2} \dots (3.6.5)$$

Donde:

P_T = Potencia a transmitir por el tambor motriz. [Kw]

x = Factor proporcional para varios motores

F_U = Fuerza tangencial del total [N]

6.6.11 Tensiones de una Banda:

Aplicando la relación de EULER – EYTELWEIN se tiene que:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\alpha} \dots (26)$$

Donde:

T_1 =Tensión del lado tensado. [N]

T_2 =Tensión del lado de retorno [N]

μ = Coeficiente de fricción, tambor y banda

α = Ángulo de abrace entre tambor y banda [°]

Los valores de μ y α los determinaremos mediante las tablas siguientes:

Tabla 26

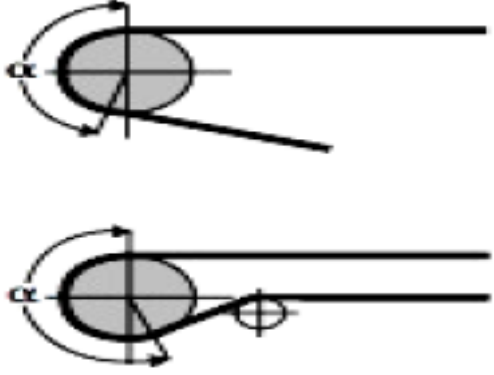
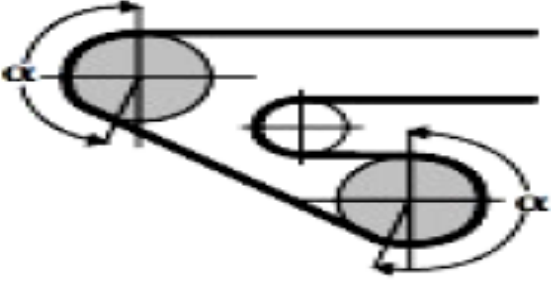
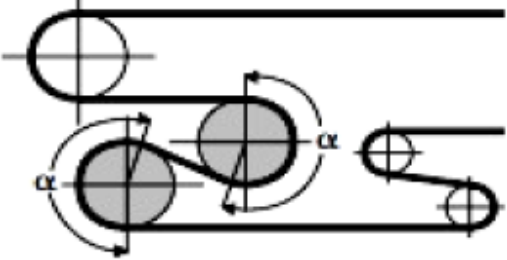
Valores del coeficiente de fricción

Superficie del tambor motriz	Coeficiente de fricción μ	Ancho de banda [mm]											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Sin recubrimiento y mojado	0,15	98	74	59	45	37	30	25	21	18	16	15	14
Recubierto con goma mojado y sucio	0,3	62	46	37	28	23	18	15	13	12	10	9	8
Sin recubrimiento y seco	0,35	57	43	34	26	21	17	14	12	11	9	8	8
Con recubrimiento de goma y seco	0,4	53	40	32	25	20	16	13	11	10	9	8	7

Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

Tabla 27

Ángulos de abrace dependiendo la configuración

Imagen referencial	Angulo de abrace
	<p>160</p> <p>170</p> <p>180</p> <p>190</p> <p>200</p> <p>210</p> <p>220</p> <p>230</p> <p>240</p>
	<p>360</p> <p>370</p> <p>380</p> <p>390</p> <p>400</p> <p>410</p> <p>420</p>
	<p>430</p> <p>440</p> <p>450</p> <p>460</p> <p>470</p>

Fuente: Norma CEMA – Cap. 13

Mediante las ecuaciones de semejanza entre 26 y 27, se determinarán el valor de las tensiones:

$$T_1 = F_U + T_2 \dots (27)$$

Se determina:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{(0.3*2.79)} = 2.31$$

$$T_1 = 725.786 + \frac{T_1}{2.31}$$

$$T_1 = 1279.82 \text{ N}$$

$$T_2 = 554.035 \text{ N}$$

6.6.12 Selección de la Banda Transportadora

El coste de inversión por la banda puede representar un 50% del total, de acuerdo a los valores desarrollados se determinará si los requisitos establecidos de resistencia a los esfuerzos de tracción influido por la tensión máxima a la que se encontrará sometida.

Por ello se comprobará si la tensión máxima de trabajo es menor a la resistencia nominal de la banda. Considerando un factor de seguridad.

$$R_1 = \frac{T_{max} * S}{B} \dots (28)$$

Donde:

R_1 =Resistencia Nominal de la banda total. [N/mm]

T_{max} =Tensión máxima de trabajo de la banda [N]

S= Coeficiente de Seguridad [Cable de acero =8] [resto=10]

Reemplazando valores en la Ecuación 28:

$$R_1 = \frac{1279.82 * 8}{1.2} = 8532.133 \text{ N}$$

Se determinará el diámetro del rollo para transporte y ubicación de la banda transportadora, con el objetivo de realizar una planificación en el lugar de trabajo y costes de transporte.

$$D_b = d + \sqrt{\frac{4 * t_b * (2 * L_t + \pi * D)}{\pi}} \dots (29)$$

Donde:

D_b =Diámetro del rollo de la banda. [m]

t_b =Espesor de la banda [m]

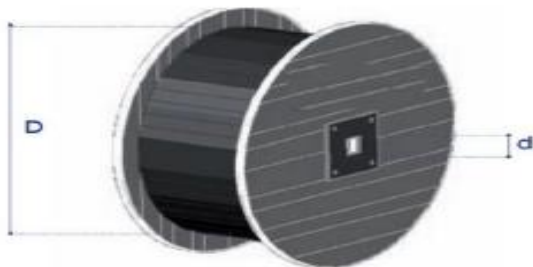
L_t =Longitud total de la banda [m]

D =Suma del diámetro de los tambores [m]

d = Diámetro del núcleo del tambor de enrollamiento [m]

Figura 33.

Rollo de Faja



Fuente: Especificaciones de Bandas Transportadoras

De acuerdo a todos los requerimientos con un ancho de banda de 450mm o 18pulg, seleccionamos la faja transportadora Tipo PLYLON EP 400/2, para polines de carga hasta 45° de la marca JORVEZ.








El catálogo de fajas transportadoras JORVEX se colocará en anexos.

6.6.13 *Selección de las Características de los Rodillos*

Conociendo el diámetro de los rodillos, las condiciones de trabajo, se seleccionarán el recubrimiento y tipo de material de los rodillos, datos que serán dados por el fabricante.

Definiendo los parámetros a utilizar como: velocidad de giro, diámetro; se determinarán las cargas que deben soportar, teniendo como factores de diseño:

Tabla 28*Factor de participación [F_p]*

Factor de participación F _p del rodillo sometido a mayor tensión						
0°	20°	20°	30°	35°	40°	45°
						
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.70	0.72

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Tabla 29*Factor de servicio [F_s]*

Duración	F _s
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Tabla 30*Factor ambiental [F_m]*

Condiciones	F _m
Limpio con manutención regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Tabla 31*Factor de choque [F_d]*

Tamaño	Velocidad de banda m/s						
Del material	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
En estrato de material fino							
150 ÷ 300 mm	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
Sin estrato de material							
300 ÷ 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Tabla 32*Factor de velocidad [F_v]*

Velocidad banda	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89.90	102	108-110	133-140	159
m/s							
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.00

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Se determinará las cargas estáticas y cargas de sometimiento de los rodillos superiores:

$$C_{cal} = \left[l_o * \left(m'G + \frac{Q_m}{3.6 * v} \right) * 9.81 \right] * [F_d * F_s * F_m] \dots (30)$$

Donde:

 C_{cal} =Carga estática de estaciones de rodillos superiores [N] l_o = Distancia de separación de rodillos superiores [m]

Reemplazando valores en la Ecuación 30:

$$C_{cal} = \left[1.2 * \left(14.88 + \frac{378}{3.6 * 3.2} \right) * 9.81 \right] * [1.1 * 1 * 0.9] = 555.82 \text{ N}$$

Se determinará la carga del rodillo sometido al mayor esfuerzo:

$$c_a = C_{cal} * F_p \dots (31)$$

Donde:

c_a =Carga sobre el rodillo de mayor esfuerzo [N]

Reemplazando valores en la Ecuación 31:

$$c_a = 555.82 * 0.5 = 277.91 \text{ N}$$

Se determinará las cargas estáticas y cargas de sometimiento de los rodillos inferiores:

$$C_R = [l_u * m'G * 9.81] * [F_v * F_s * F_m] \dots (32)$$

Donde:

C_R =Carga estática de estaciones de rodillos inferiores [N]

l_u = Distancia de separación de rodillos inferiores [m]

Reemplazando valores en la Ecuación 32:

$$C_R = [1.5 * 14.88 * 9.81] * [1.05 * 1 * 0.9] = 206.916 \text{ N}$$

Se determinará la carga del rodillo sometido al mayor esfuerzo:

$$c_r = C_R * F_p \dots (33)$$

Donde:

c_r =Carga sobre el rodillo inferior de mayor esfuerzo [N]

Reemplazando valores en la Ecuación 33:

$$c_r = 206.916 * 0.5 = 103.458 N$$

Para cumplir con todos los requerimientos seleccionamos los rodamientos DIRTEX:

- Rodamientos DIRTEX CNT 5-18-3-MC Serie 6200-C3 con obturaciones 2RS1 ó 4200.
- Sello de doble laberinto radical metálico, diseño SKF-SW, hace un sello sin fricción.
- Tapa recta de nitrilo con cámara rellena de grasa.
- Terminal para fijación en el bastidor.
- Grasa EP-2 rellena el doble laberinto.
- Soldadura de las tapas al tubo con borde de R=3mm.
- Tubo según norma SABS-657 para los diámetros y espesores

6.6.14 *Selección de las Características de los Tambores*

Para la selección de tambores, se necesitan los parámetros de: ancho de cara, diámetros de los tambores, velocidad de giro, distancia entre apoyos, carga de los tambores motrices.

6.6.14.1 Ancho de cara del tambor

Para determinar el ancho de cara de los tambores es necesario conocer el ancho de banda, según sea el caso:

$$F = B + 0.075 \dots (34)$$

Donde:

F = Ancho de cara del tambor [m]

Reemplazando los valores en Ecuación 34:

$$F = 1.2 + 0.075 = 1.275 \text{ m}$$

6.6.14.2 Diámetro de tambor

Depende del tipo y espesor de la banda seleccionada. Para determinar el diámetro del tambor:

$$D_{Tr} = C_{Tr} * d \dots (35)$$

Donde:

D_{Tr} = Diámetro del tambor [mm]

d = Espesor de la carcasa de la banda [mm]

C_{Tr} = Coeficiente dependiente del tipo de material de la banda

Tabla 33

Coficiente del material

C_{TR}	Material de la carcasa de la banda
80	DUNLOFLEX / 2 capas
95	TRIOFLEX / 3 capas
108	SUPERFORT / Multicapa EP
138	FERROFLEX / carcasa de tejido de acero
145	SILVERCORD / Cables de acero

Fuente: Norma CEMA – Cap. 08

Reemplazando los valores en Ecuación 35:

$$D_{Tr} = 80 * 5 = 400 \text{ mm}$$

6.6.14.3 Porcentaje de utilización

Para determinar la minimización posible de costes, al determinar el porcentaje de utilización de cada uno de los tambores, se considera inferior al 0.6% se puede reducir en un valor estandarizado.

$$K_A = \frac{T_{max} * S}{B * K_n} * 100 \dots (36)$$

Donde:

K_n = Resistencia nominal a la tracción [N]

K_a = Porcentaje de utilización [%]

Reemplazando los valores en Ecuación 36

$$K_A = \frac{1279.82 * 8}{1200 * 117.13} * 100 = 7.2 \%$$

6.6.14.4 Velocidad de los tambores

Para el diseño de los tambores, requerimos la velocidad:

$$n_T = \frac{v * 60}{D * \pi} \dots (38)$$

Donde:

n_T = Velocidad de los tambores [rpm]

Reemplazando los valores en Ecuación 38

$$n_T = \frac{3.2 * 60}{0.4 * \pi} = 152.788 \text{ rpm}$$

6.6.14.5 Carga del tambor en arranque

Para el diseño de los tambores, requerimos la carga del tambor en arranque:

$$F_T = T_1 + \frac{T_2}{9.81} \dots (39)$$

Donde:

F_T = Fuerza de carga del tambor motriz en arranque [Kgf]

Reemplazando los valores en Ecuación 38

$$F_T = T_1 + \frac{T_2}{9.81} = 1336.296 \text{ Kgf}$$

6.6.14.6 Par Torsor

Para el diseño de los tambores, requerimos el par torsos en el tambor de arranque:

$$M_A = \frac{F_U * D}{2 * 1000} \dots (40)$$

Donde:

M_A = Par Torsor de tambor de arranque [N.m]

F_U = Fuerza tangencial en el arranque [N]

Reemplazando los valores en Ecuación 40

$$M_A = \frac{725.786 * 0.4}{2 * 1000} = 0.145 \text{ N.m}$$

Tabla 34

Tabla resumen de cálculos

Parámetros para el diseño de la Banda Transportadora:	
Cálculo de los Parámetros de una Banda Transportadora	
Cálculo del Área Transversal	$A = 0.077 \text{ mm}^2$
Capacidad Volumétrica	$Q_v = 270 \text{ m}^3/\text{hr}$

Capacidad de Transporte de la Banda:	$Q_m = 378 \text{ (Ton/m)}$
Potencias Totales:	$P_T = 14.993 \text{ Kw}$
Potencias de Motor	$PM = 18.567 \text{ Kw}$
Potencia a transmitir por el tambor motriz	$P_T = 2.32 \text{ Kw}$
Potencia requerida por el motor	$P_M = 2.47 \text{ Kw}$
Tensiones de una banda	$T_1 = 1279.82 \text{ N}$ $T_2 = 554.035 \text{ N}$
Selección de la Banda transportadora	<i>Faja transportadora Tipo PLYLON EP 400/2 MARCA JORVEX</i>
Selección de las características de los rodillos	
Carga estática de estaciones de rodillos superiores	$C_{cal} = 555.82 \text{ N}$
Carga sobre el rodillo de mayor esfuerzo	$c_a = 555.82 * 0.5 = 277.91 \text{ N}$
Carga estática de estaciones de rodillos inferiores	$C_R = 206.916 \text{ N}$
Carga sobre el rodillo inferior de mayor esfuerzo	$c_r = 206.916 * 0.5 = 103.458 \text{ N}$
Selección de los rodamientos	<i>Rodamientos DIRTEX CNT 5-18-3-MC Serie 6200-C3 con obturaciones 2RS1 ó 4200</i>
Ancho de cara del tambor	$F = 1.275 \text{ m}$

Diámetro del tambor	$D_{Tr} = 400 \text{ mm}$
Velocidad de los tambores:	$n_T = 152.788 \text{ rpm}$

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo VII:

Cálculo de los Índices de Mantenimiento

7.1 Introducción:

La recolección de datos se ha realizado en un promedio de tres meses, hemos decidido considerar este periodo de tiempo, ya que en esta planta se puede considerar una producción estable entre mes y mes durante todo el año, y el tomar un periodo más prolongado no afectará mucho a los resultados en nuestros indicadores, esta base de datos ha sido útil para elaborar un cuadro de horas de trabajo, tiempos de producción y tiempos muertos.

Tabla 35

Registro de funcionamiento de la trituradora sin un correcto programa de mantenimiento

FECHA	Componente	H	TO	TA1	TA2	TA3	TA4	Tai	TBFi	n	Razones
1/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2/05/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
3/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4/05/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
5/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
6/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
7/05/2020	Motores/Tolva	8	8	1.5	1	0	0	2.5	5.5	2	Refuerzos de Soldadura
8/05/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
9/05/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
10/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11/05/2020	Trituradora	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
12/05/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
13/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	

14/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
15/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
16/05/2020	Tolva	5	5	1	0	0	0	1	4	1	Atasco de piedra
17/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18/05/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
19/05/2020	Motor	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Consumo de combustible
20/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
21/05/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
22/05/2020	Motores/Tolva	8	8	0	0	0	0	0	8	0	
23/05/2020	Tolva	5	5	1	0	0	0	1	4	1	Atasco de piedra
24/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25/05/2020	Trituradora	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Cambio de Placas Laterales
26/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
27/05/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
28/05/2020	Trituradora	8	8	6	0	0	0	6	2	1	Rotura de biela
29/05/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
30/05/2020	Banda Transportadora	5	5	2	0	0	0	2	3	1	Trabajos de limpieza
31/05/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
2/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
3/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
4/06/2020	Tolva / Trituradora	8	8	4	1	0	0	5	3	2	Refuerzo de Soldadura
5/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
6/06/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
7/06/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8/06/2020	Trituradora	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
9/06/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
10/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
11/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	

12/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
13/06/2020	Zaranda	5	5	3	0	0	0	3	2	1	Revisión de Ruidos
14/06/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
16/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
17/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
18/06/2020	Trituradora	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Cambio de Placas Laterales
19/06/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
20/06/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
21/06/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22/06/2020	Motores/Tolva	8	8	1	2	0	0	3	5	2	Limpieza de Filtros/Soldadura
23/06/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
24/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
25/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
26/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
27/06/2020	Trituradora	5	5	1	0	0	0	1	4	1	Atasco de piedra
28/06/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29/06/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
30/06/2020	Motores/Tolva	8	8	2	1	0	0	3	5	2	Cambio de Aceite/atasco
1/07/2020	Banda Transportadora	8	8	7	0	0	0	7	1	1	Cambio de polines
2/07/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
3/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
4/07/2020	Trituradora	5	5	1	0	0	0	1	4	1	Atasco de piedra
5/07/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6/07/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
7/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
8/07/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
9/07/2020	Motores/Tolva	8	8	2	3	0	0	5	3	2	Limpieza de Filtros/Soldadura
10/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
11/07/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	

12/07/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13/07/2020	Zaranda	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Revisión de Ruidos
14/07/2020	Trituradora	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Cambio de Placas Laterales
15/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
16/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
17/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
18/07/2020	Banda Transportadora	5	5	2	0	0	0	2	3	1	Trabajos de limpieza
19/07/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20/07/2020	Tolva/Trituradora	8	8	5	2	0	0	7	1	2	Soldadura
21/07/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
22/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
23/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
24/07/2020	Motores/Tolva	8	8	2	1	0	0	3	5	2	Falta de Combustible/atasco
25/07/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
26/07/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
28/07/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29/07/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
30/07/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
31/07/2020	Zaranda	8	8	3	0	0	0	3	5	1	Revisión de Ruidos

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

TO = Tiempo de operación (hrs.)

TAi = Tiempos muertos (hrs.)

n = Número de revisiones por fallas

7.2 Análisis de Pareto de Paradas en la Producción

El análisis de Pareto nos indica los tipos de fallo de acuerdo a la *Tabla 2.1*, la cual nos especifica las razones por las cuales ocurrieron.

Tabla 36

Tiempo muerto de producción

Tiempos muertos de Producción				
Paradas de Producción		Horas Totales	%	% Acumulado
A	Limpieza de Filtros/polvo	32.00	33.51	33.51
B	Refuerzo de Soldadura	23.50	24.61	58.12
C	Atasco de Piedra	13.00	13.61	71.73
D	Cambio de Placas Laterales	12.00	12.57	84.29
E	Revisión de Ruidos de Zaranda	6.00	6.28	90.58
F	Rotura de biela de brazo regulatorio	6.00	6.28	96.86
G	Consumo de Combustible	3.00	3.14	100.00
TOTAL		95.50	100.00	

Fuente: Elaboración Propia

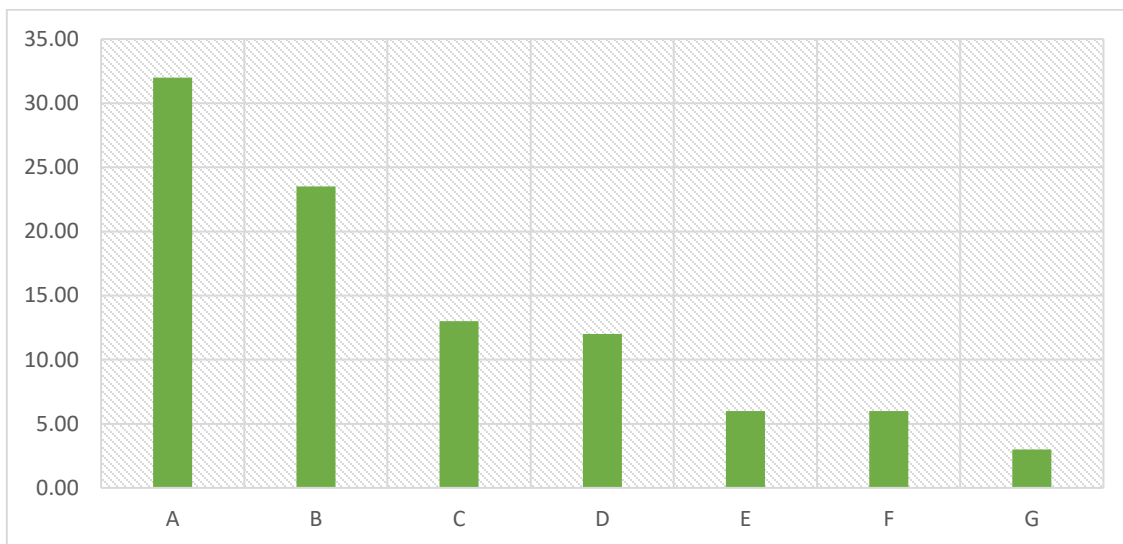
Se realizará un análisis de la tabla de tiempos muertos de producción, en donde se muestra las fallas más recurrentes en un porcentaje, para la toma de decisiones para la mejora de producción. Las fallas por medio ambiente no son consecuentes, sin embargo, las paradas por atasco de material y limpieza de faja y componentes si lo son.

Por este motivo se realizarán las gráficas de barras para desarrollar el análisis de Pareto. Donde se mostrará el análisis de las paradas de producción en un porcentaje acumulado para ver cómo se generan en base al tiempo.

Además, se realizará el análisis mediante el porcentaje de producción a lo largo del tiempo.

Figura 34.

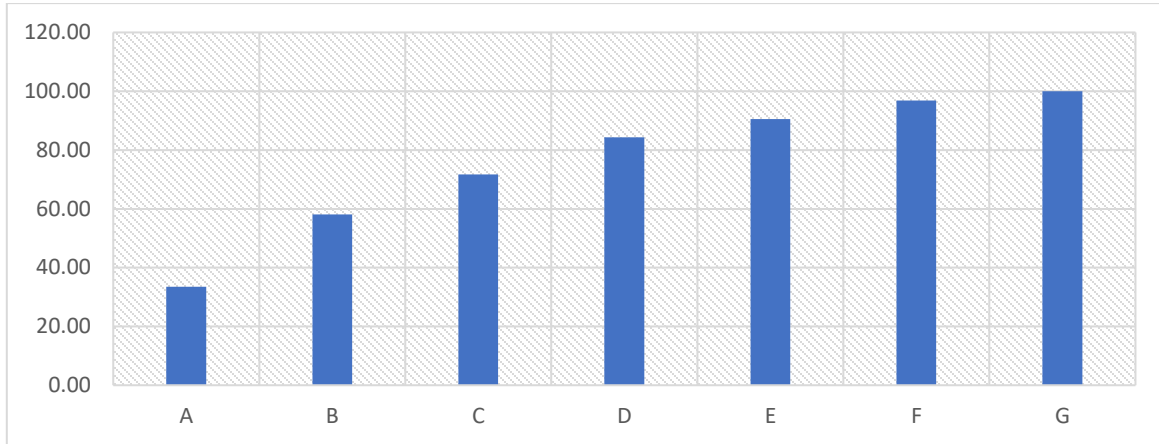
Análisis de Pareto para paradas de Producción



Fuente: Elaboración propia

Figura 35.

Análisis de Pareto para paradas de Producción Acumulada



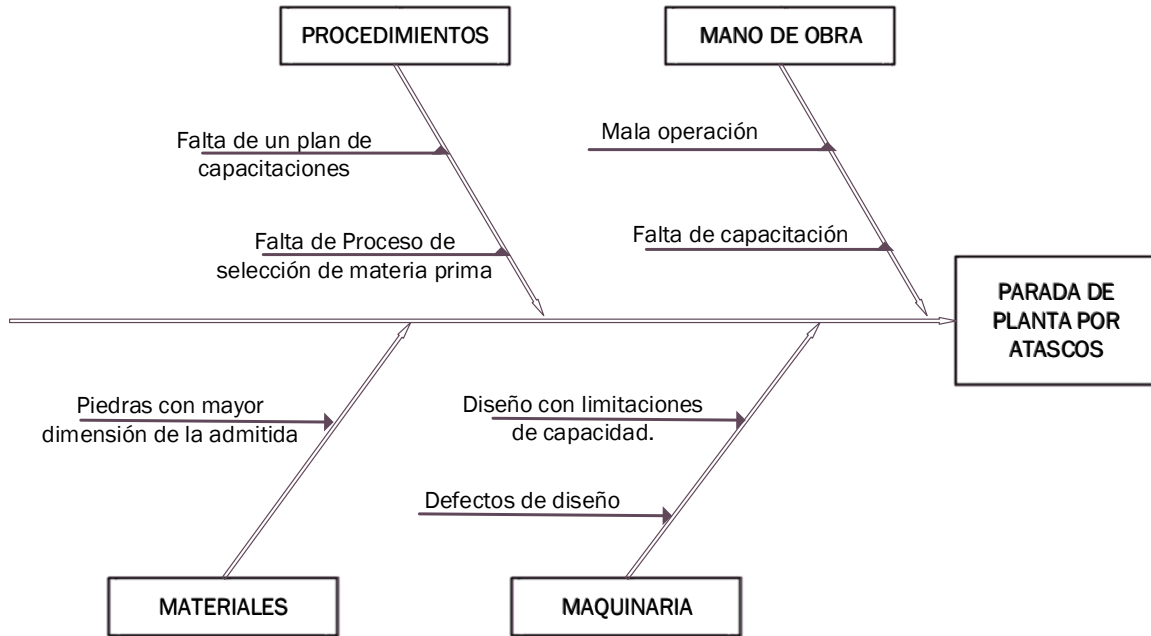
Fuente: Elaboración propia

7.2.1 *Diagramas de ISHIKAWA y Cuadros AMFE (Análisis de Averías):*

Mediante los siguientes gráficos se analiza las paradas más frecuentes en la producción.

Figura 36.

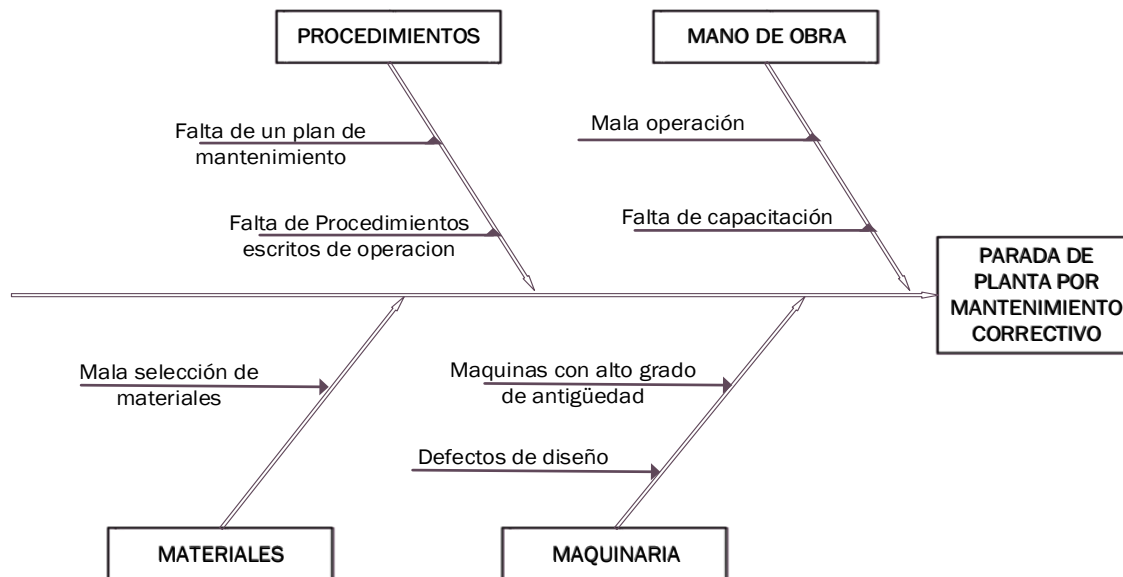
Diagrama de ISHIKAWA 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 37.

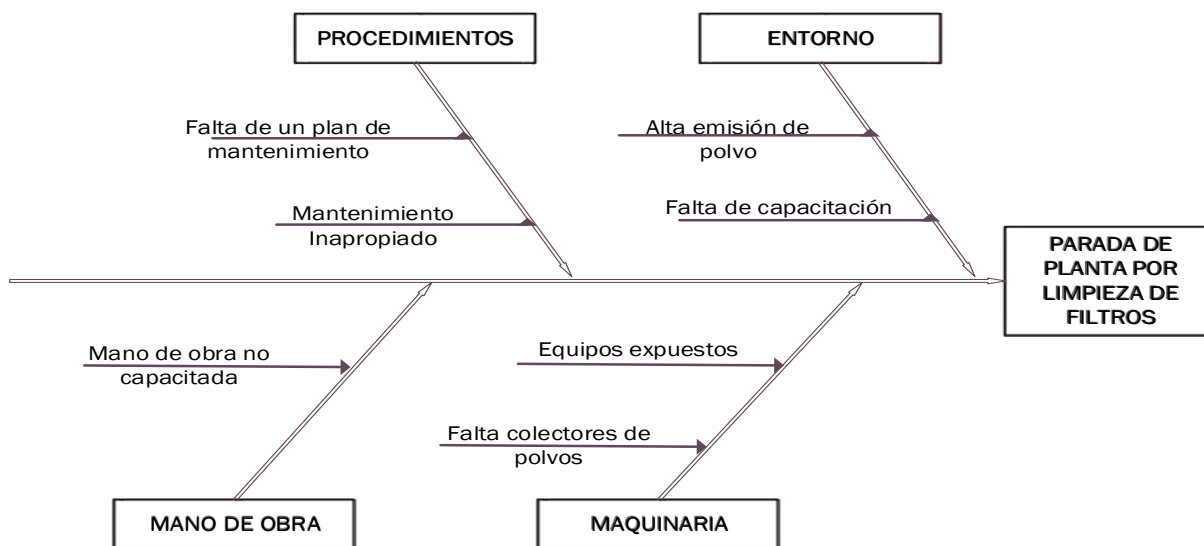
Diagrama de ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia

Figura 38.

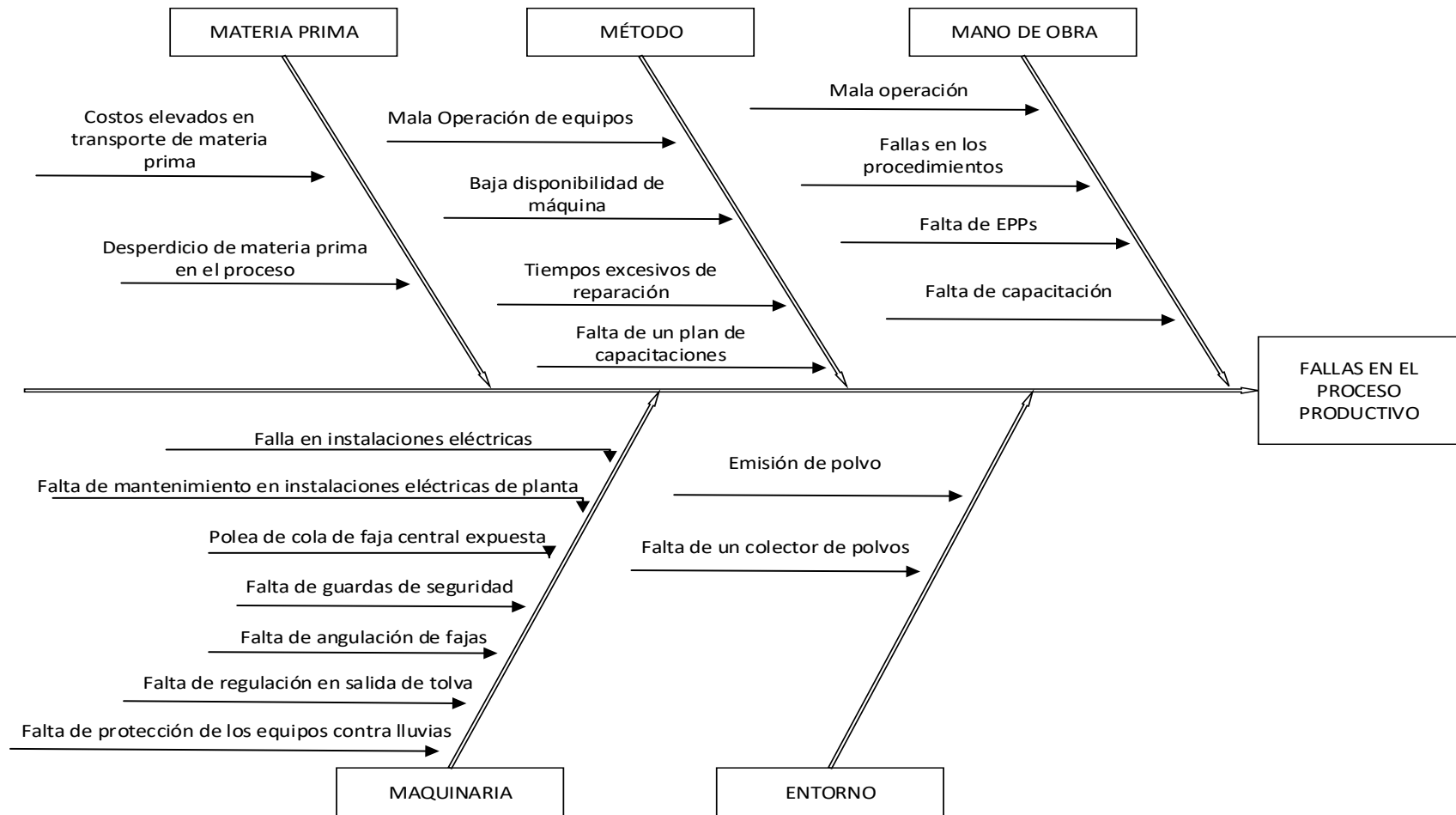
Diagrama de ISHIKAWA 3



Fuente: Elaboración propia

Figura 39.

Diagrama de ISHIKAWA para fallas en el proceso Productivo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40.

Análisis de Modo efecto y Falla de Planta de Agregados

ANÁLISIS DE MODO EFECTO Y FALLA DE LA PLANTA DE AGREGADOS								
Nombre del Equipo:		Planta de Agregados				Gravedad del Efecto		G
						Ocurrencia de Causa		O
						Detección de Fallo		D
Sistema	Componente	Función	Falla Funcional	Modo Falla	Efecto Falla	Consecuencia Falla	Control	G O D
Sistema de Alimentación	Mesa de Recepción	Recepción	Saturación	Desgaste	Obstrucción	Operacional	Inspección	7 3 4
	Chute de Descarga	Traspaso	Saturación	Acumulación	Obstrucción	Operacional	Inspección	7 3 4
Sistema de Molienda	Faja de Transmisión	Transmisión	No hay fricción	Desgaste	Patinaje en la correa	Operacional	Mantto.	8 4 5
	Rodamientos	Transmisión	No calibrado	Desgaste	Perdida de eficiencia	Operacional	Mantto.	8 4 7
	Muelas	Trituración	No filtra impurezas	Obstrucción	Muestras no adecuadas	Operacional	Inspección	5 2 3
	Motor eléctrico	Potencia	Perdida de energía	Energetico	Sobrecalentamiento	Operacional	Inspección	5 5 2
Sistema de Transporte	Faja transportadora	Transporte	Perdida de movimiento	Desgaste externo	No lleva el material	Operacional	Mantto.	5 5 7
	Polines	Soporte	Perdida de movimiento	Deficiencia	Fugas de material	Operacional	Mantto.	8 6 3
	Poleas	Transmisión	Perdida de movimiento	Desgaste	Calentamiento de sistema	Operacional	Mantto.	8 5 4
	Motor eléctrico	Potencia	Perdida de energía	Energetico	Sobrecalentamiento	Operacional	Inspección	5 5 2
Sistema de Filtro	Malla	Filtrado	Deficiencia en filtrado	Falla componente	Deficiencia, obstrucción	Operacional	Inspección	4 4 8
	Resortes	Nivelación	No amortización	Desgaste	Trabajo inestable	Operacional	Mantto.	8 5 8
	Tomillería	Ajuste	Perdida de ajuste	Movimiento inestable	Trabajo inestable	Operacional	Mantto.	8 6 7
	Cardan	Transmisión	Perdida de movimiento	No genera transmisión	Daños internos	Operacional	Inspección	9 3 8

ESCALA DE "G" Y "O"

Nunca	Raramente	Muy baja	Baja	Moderada para baja	Moderada	Moderada para alta	Alta	Muy Alta	Siempre
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ESCALA DE "D"

Nunca	Raramente	Muy baja	Baja	Moderada para baja	Moderada	Moderada para alta	Alta	Muy Alta	Siempre
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fuente: Elaboración propia.

7.3 Cálculo de los Índices de Mantenimiento:

Con el registro del funcionamiento de la Planta de Agregados se procede a elaborar el cálculo de índices de mantenimiento.

7.3.1 *Tiempo Medio entre Fallos (MTBF):*

$$MTBF = \frac{\sum_0^n TTFi}{n} = \frac{481.5}{45} = 10.7 [hr/falla]$$

La ratio resultante nos indica que el tiempo medio de trabajo entre fallas es 10 horas con 42 minutos.

7.3.2 *Tiempo Medio de Reparación (MTTR):*

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTRi}{n} = \frac{\sum_0^n TAI}{n} = \frac{95.5}{45} = 2.12 [hr/falla]$$

La ratio resultante nos indica que el tiempo medio de duración de las fallas es de 2 horas y 7 minutos.

7.3.3 *Tasa de Fallos (λ):*

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{10.7} = 0.0935 [falla/hr]$$

La ratio nos indica las fallas que se producen en un periodo de tiempo.

7.3.4 *Tasa de Reparación:*

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{2.12} = 0.472 [reparaciones/hora]$$

Esta ratio nos indica la cantidad de reparaciones que se realizan en una hora.

7.3.5 Disponibilidad

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{10.7}{10.7 + 2.12} = 0.8346 \times 100\% = 83.46\%$$

La disponibilidad es de un 83.46% lo que nos indica que tiene un nivel de funcionamiento estable, pero se debe de mejorar este ratio poniendo mucha atención en mejorar el MTTR, disminuyendo el tiempo medio de reparación, para poder mejorar nuestra disponibilidad.

7.4 Cálculos Reales de Producción

Mediante la toma de datos de la velocidad de trituración de piedra, se procedió a determinar dicha velocidad.

- Velocidad de trituración de piedra = 40 metros cúbicos por hora.
- Mediante la construcción de un recipiente de un metro cúbico, en madera, se procede a calcular la velocidad de producción de material pétreo en pruebas diarias, las cuales consisten en llenar el cubo y medir el tiempo de llenado.
- Velocidad de producción de balasto, 28.5 metros cúbicos por hora
- Velocidad de producción de polvo, 9 metros cúbicos por hora
- Velocidad de producción de ripio $\frac{3}{4}$, 6.2 metros cúbicos por hora

Teniendo los datos durante tres meses se procede a desarrollar una media de producción de los diferentes productos.

7.5 Redistribución de Maquinaria y Personal Necesario:

De acuerdo a las condiciones de planta, la máquina necesaria es:

- Cargador Frontal: Realiza la limpieza, transporte del material pétreo producido y carga de material pétreo de las volquetas.
- Retroexcavadora: Eliminar el material (tierra que genera contaminación), el material pétreo debe ser desechado.
- Mini cargadora: Máquina con acople de martillo, que rompe piedra en lugares de difícil acceso, la cual causa retrasos por atascamiento en la producción, de forma que todo material bruto pueda ser procesado.
- Volquetes: Maquinaria encargada del transporte del material desde el río hacia las cribas clasificadoras, viendo la factibilidad de tener dos para optimizar tiempos de producción y eliminación.

7.6 Cálculo de los Índices de Mantenimiento con la Implantación del Sistema

Con la implantación del sistema de mantenimiento y las adecuaciones realizadas en la planta de trituración, se ha podido mejorar la disponibilidad, lo cual conduce a un aumento en la producción.

Tabla 37

Registro de funcionamiento de la trituradora con mantenimiento

FECHA	Componente	H	T O	TA 1	TA 2	TA 3	TA 4	Ta i	TBF i	n	Razones
1/08/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
2/08/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
4/08/2020	Tolva	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Soldadura

5/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
6/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
7/08/2020	Banda/Trituradora	8	8	2	4	0	0	6	2	2	Limpieza/Placas Laterales
8/08/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
9/08/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
11/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
12/08/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
13/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
14/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
15/08/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
16/08/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17/08/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
18/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
19/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
20/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
21/08/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
22/08/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
23/08/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
25/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
26/08/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
27/08/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza

28/08/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
29/08/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
30/08/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31/08/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
1/09/2020	Trituradora/Zaranda	8	8	4	3	0	0	7	1	2	Cambio de Placas Laterales
2/09/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
3/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
4/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
5/09/2020	Banda Transportadora	5	5	2	0	0	0	2	3	1	Trabajos de limpieza
6/09/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
8/09/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
9/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
10/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
11/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
12/09/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
13/09/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14/09/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
15/09/2020	Banda Transportadora	8	8	2	0	0	0	2	6	1	Trabajos de limpieza
16/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
17/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
18/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
19/09/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
20/09/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	

21/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
22/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
23/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
24/09/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
25/09/2020	Banda/Trituradora	8	8	2	4	0	0	6	2	2	Limpieza/Placas Laterales
26/09/2020	Zaranda	5	5	3	0	0	0	3	2	1	Revisión de Ruidos
27/09/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
29/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
30/09/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
1/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
2/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
3/10/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
4/10/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5/10/2020	Banda Transportadora	8	8	8	0	0	0	8	0	2	Trabajos de limpieza/cambio de polines
6/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
7/10/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
8/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
9/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
10/10/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
11/10/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
13/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
14/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	

15/10/2020	Banda Transportadora/tolva	8	8	2	3	0	0	5	3	2	Trabajos de limpieza/Soldadura
16/10/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
17/10/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	
18/10/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
20/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
21/10/2020	Trituradora/Tolva	8	8	4	0	0	0	4	4	1	Cambio de Placas Laterales/Soldadura
22/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
23/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
24/10/2020	Banda Transportadora	5	5	2	0	0	0	2	3	1	Trabajos de limpieza
25/10/2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26/10/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
27/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
28/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
29/10/2020		8	8	0	0	0	0	0	8	0	
30/10/2020	Tolva	8	8	1	0	0	0	1	7	1	Atasco de piedra
31/10/2020		5	5	0	0	0	0	0	5	0	

Fuente: Elaboración propia

Donde:

TO = Tiempo de operación (hrs.)

TAi = Tiempos muertos (hrs.)

n = Número de revisiones por fallas

7.6.1 *Tiempo Medio entre Fallos (MTBF)*

$$MTBF = \frac{\sum_0^n TTFi}{n} = \frac{525}{30} = 17.5 [hr/falla]$$

El ratio resultante nos indica que el tiempo de trabajo entre fallas es de 17 horas y media.

7.6.2 *Tiempo Medio de Reparación (MTTR)*

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTRi}{n} = \frac{\sum_0^n T Ai}{n} = \frac{65}{30} = 2.17 [hr/falla]$$

El ratio resultante nos indica que el tiempo de duración de las fallas es de 2 horas y quince minutos, este es el tiempo promedio de pérdida de tiempo de producción generado por una falla.

7.6.3 *Tasa de Fallos (λ)*

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{17.5} = 0.0571 [Fallas/hr]$$

El ratio nos indica que las fallas son la principal causa de la parada de producción, ya sea por el ajuste de bandas o atasco de material, en la tabla de datos podemos observar las razones principales por las que se dan, siendo las fallas operacionales.

7.6.4 *Tasa de Reparación*

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{2.17} = 0.461 [Reparaciones/Hora]$$

Este ratio, nos indica la cantidad de fallas que puede resolver nuestro equipo en una hora, ya sean fallas mecánicas, falta de provisión de repuestos, mala operación en el panel de control, etc.

7.6.5 Disponibilidad

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{17.5}{17.5 + 2.17} = 0.8897 \times 100\% = 88.97\%$$

La disponibilidad es de un 88.97% lo que nos indica que tiene un nivel de funcionamiento mejorado, pero se debe de mejorar este ratio poniendo mucha atención en mejorar el MTTR disminuyendo el tiempo medio de reparación.

7.7 Gestión Económica:

Se desarrollará la gestión de inversiones y gastos que incurren a la puesta de marcha de toda la planta de trituración tomando en cuenta todos los factores influyentes, tales como maquinaria, personal necesario, costo de insumos de predicción industrial, etc.

7.8 Análisis de Costos:

De acuerdo al proceso analizado en la planta de agregados se han comparado las 2 alternativas para la carga y descarga de piedra desde el río hacía el chute de carga; originalmente teniendo 2 Volquetes de 13 m³ de capacidad realizando recorridos de carga y descarga en una ruta irregular de 32.22 m a una velocidad de 15 km/h cargado del material y 35 km/h vacío retornando hacia la zona de carga del material (ladera del río); dicho proceso reemplazado por una faja transportadora de 9.2 m de largo y con una capacidad de transporte de 270 m³/h, siendo esta adaptable de acuerdo a la necesidad de carga del

material; se obtuvo un costo de 40.46 USD/día en comparación a los 120.35 USD/día obtenidos con el sistema de transporte mediante volquetes.

Pruebas realizadas de producción, para asignar un porcentaje de costo.

Tabla 38

Costo de producción

<i>Costo diario promedio Volquetes</i>		
Parámetro	Magnitud	Unidad
Capacidad de procesar agregados de la planta (Cp)	40	Tn/h
Producción promedio por día (Ppd)	8	h
Total producción (Tp=Cp x Ppd)	320	Tn
Densidad material (pm)	1.4	Tn/m ³
Volumen diario procesado (Vdp=Tp/pm)	228.6	m ³
Capacidad Volquete (Cv)	13	m ³ /viaje
Número de traslados (Nt=Vdp/Cv)	18	viaje
Recorrido por traslado (Rt)	64.44	m/viaje
Recorrido total por Volquete (Rtv=NtxRt)	1133.01	m
Número de Volquetes	2	
Recorrido total diario (Rtd=Rtv x N° Volquetes)	2266.02	m
Velocidad Volquete cargado (Vvc)	15	km/h
Velocidad Volquete descargado (Vvd)	35.00	km/h
Tiempo de recorrido Volquete (Trv= Rtdx((1/(2000*Vvc))+1/(2000*Vvd))))	0.11	h
Tiempo de carga del volquete (Tcv)	0.3	h
Tiempo de descarga del volquete (Tdv)	0.08	h
Tiempo total de operación Volquete (Ttov=Trv+Tcv+Tdv)	0.49	h
Tiempo stand-by Volquete (Tsbv=Ppd-Ttov)	7.51	h
Costo horario de operación (Cho)	31	USD/h
Costo stand-by (Csv)	14	USD/h
Costo total de operación (Cto=ChoxTtov)	15.23	USD
Costo total stand-by (Ctsb=CsvxTsbv)	105.12	USD
Costo total diario Volquetes (Ctdv=Cto+Ctsb)	120.35	USD

<i>Costo total diario Faja transportadora</i>		
Parámetro	Magnitud	Unidad
Capacidad de procesar agregados de la planta (Cp)	40	Tn/h
Producción promedio por día (Ppd)	8	h
Total producción (Tp=CpxPpd)	320	Tn
Densidad material (pm)	1.4	Tn/m3
Volumen diario procesado(Vdp=Tp/pm)	228.6	m3
Capacidad Faja (Cf)	270	m3/hora
Tiempo total de operación Faja (Ttof=Vdp/Cf)	0.85	h
Tiempo stand-by Faja (Tsbf=Ppd-Ttof)	7.15	h
<i>Costos por hora por mantenimiento y operación de equipo</i>		
Costo Revisión de bastidores y polines de carga (Crbp)	0.90	USD/h
Costo Inpección de alineamiento (Cia)	0.30	USD/h
Costo Inspección de rodamientos (Cir)	0.26	USD/h
Costo Inspección de conexiones de motor (Cicm)	0.06	USD/h
Costo Cambio de banda por desgaste (Ccbd)	1.91	USD/h
Costo Cambio de Polines de retorno (Ccpr)	0.90	USD/h
Costo Cambio de Polea Motriz y de Cola (Ccpc)	0.77	USD/h
Costo total Mantenimiento Faja (Ctmf=Crbp+Cia+Cir+Cicm+Ccbd+Ccpr+Ccpc)	5.10	USD/h
Consumo energía eléctrica (Cee)	4.70	USD/h
Costo total Operación Faja (Ctof = Cee)	4.70	USD/h
Costo total diario Faja transportadora (Ctdv=TtofxCtof+TsbfxCtmf)	40.46	USD

COSTO DIARIO TOTAL DE UNA FAJA ES MENOR AL DE LOS VOLQUETES (FAJA: 40.46 USD, VOLQUETES: 120.35 USD)

Comparación Costos (USD/hora) transporte por Volqueta vs. Faja Transportadora diseñada						
Costos Volqueta (USD/hora)			Costos Faja transportadora (USD/hora)			Unidad (m3)
descripción	cantidad	tarifa por hora	descripción	cantidad	tarifa por hora	
Alquiler de Equipo	1	40	Revisión de bastidores y polines de carga	1	2.70	30
Operador	1	5	Inpección de alineamiento	1	0.90	
			Inspección de rodamientos	1	0.77	
			Consumo energía eléctrica	1	4.70	
			Inspección de conexiones de motor	1	0.17	
			Cambio de banda por desgaste	1	5.73	
			Cambio de Polines de retorno	1	2.70	
			Cambio de Polea Motriz y de Cola	1	2.32	
Total		45	Total		20	

Costo de producción por metro cúbico - transporte Volqueta

Equipos							
descripción	cantidad	tarifa	Factor de utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Cargador	1	50	0.25	12.5	0.42	7.38	30
Volqueta	1	45	0.15	6.75	0.23	3.99	
Excavadora	1	70	0.4	28	0.93	16.53	
Retroexcavadora	1	50	0.45	22.5	0.75	13.29	
Triturado	1	80	0.8	64	2.13	37.79	
				subtotal	4.46		

Mano de Obra							
descripción	cantidad	tarifa	Factor de utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Guardias	1	10	0.2	2	0.07	1.18	30
Ayudante	1	8	0.45	3.6	0.12	2.13	
Operario	1	20	0.45	9	0.30	5.31	
Administrador	1	18	0.5	9	0.30	5.31	
				subtotal	0.79		

Materiales							
descripción	unidad	cantidad	Factor de utilización	Unitario	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Guardias	m3	1	0.8	0.5	0.40	7.09	30
				Total	5.65	USD	

	%	USD/m3
Total Costos Directos	1	5.65
Costos Indirectos	0.5625	3.18
Utilidades	0.2825	1.60
Fiscalización	0.2325	1.31
Impuestos	0.1125	0.64
Precio Unitario	1.19	6.72
Valor Propuesto	1.8	12.37

USD/m3

Costo de producción por metro cúbico - transporte mediante Faja

Equipos							
descripción	cantidad	tarifa	Factor de utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Cargador	1	50	0.25	12.5	0.42	7.38	30
Faja Transportadora	1	20	0.15	3	0.10	1.77	
Excavadora	1	70	0.2	14	0.47	8.27	
Retroexcavadora	1	50	0.45	22.5	0.75	13.29	
Triturado	1	80	0.8	64	2.13	37.79	
				subtotal	3.87		

Mano de Obra							
descripción	cantidad	tarifa	Factor de utilización	Costo Hora	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Guardias	1	10	0.2	2	0.07	1.18	30
Ayudante	1	8	0.45	3.6	0.12	2.13	
Operario	1	20	0.45	9	0.30	5.31	
Administrador	1	18	0.5	9	0.30	5.31	
				subtotal	0.79		

Materiales							
descripción	unidad	cantidad	Factor de utilización	Unitario	Costo Unitario	%	Unidad (m3)
Guardias	m3	1	0.8	0.5	0.40	7.09	30
				Total	5.05	USD	

	%	USD/m3
Total Costos Directos	1	5.05
Costos Indirectos	0.5625	2.84
Utilidades	0.2825	1.43
Fiscalización	0.2325	1.17
Impuestos	0.1125	0.57
Precio Unitario	1.19	6.01
Valor Propuesto	1.8	11.07

USD/m3

Resumen costo (USD) por metro cúbico transporte Volqueta vs. Faja

	T. Volqueta	T. Faja
Total Costos Directos	5.65	5.05
Costos Indirectos	3.18	2.84
Utilidades	1.60	1.43
Fiscalización	1.31	1.17
Impuestos	0.64	0.57
Precio Unitario	6.72	6.01
Valor Propuesto (USD/m3)	12.37	11.07

USD/m3

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Costos que pueden adquirir por los productos de venta.

Porcentaje de costos de producción de material

Trituración de Piedra				
Item	Costo	Tiempo	Volumen	Costo Horario (USD)
Piedra triturada	0.5 USD	1	40	20
Agregados				
	Tiempo	Volumen	Producción	Costo
Balasto	1	25	50	10
Ripio	1	15	30	6
Polvo de piedra	1	10	20	4
		50		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38.

Costo de mantenimiento anual

EQUIPO	Descripción	ENERO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	FEBRERO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	MARZO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	ABRIL	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	MAYO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	JUNIO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	JULIO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	AGOSTO	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	SEPTIEMBRE	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	OCTUBRE	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	NOVIEMBRE	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL	DICIEMBRE	C/MO	C/MAT-SERV	C/TOTAL
		TOLVA	Inspecciones de mesa de material																									6	50	15	65																		
	Inspecciones de motor electrico	20	25	20	45					30	25	20	45					1	25	20	45					1	25	20	45						1	25	20	45											
	Lubricación de rodamientos													12	50	250	300																							15	50	250	300						
	Limpieza de Feeder	21	50	30	80					20	50	30	80					20	50	30	80					20	50	30	80									23	50	30	80								
	Inspecciones de Faja de transmisión Potencia	22	20	150	170													15	20	150	170																					18	20	150	170				
	Cambio de Faja de transmisión	5	20	150	170					10	20	150	170					15	20	150	170					22	20	150	170													5	20	150	170				
	Revisión de motor electrico																		5	150	130	280																											
	Limpieza de Crusher					10	100	50	150					12	100	50	150					3	100	50	150			10	100	50	150																		
	Inspección de Muelas Fijas									15	100	75	175														18	100	75	175																			
	Inspección de Muelas Moviles									16	100	75	175														19	100	75	175																			
	Lubricación de rodamientos									17	100	75	175														20	100	75	175																			
	Inspección de tornillería	15	100	75	175					25	100	75	175					25	100	75	175					25	100	75	175																				
	Cambio de Banda por desgaste																	10	450	4000	4450																												
	Revisión de bastidores (polines de carga)					15	100	250	350					18	100	250	350					8	100	250	350			5	100	250	350																		
	Cambio de Polea motriz y de Cola	10	100	800	900																																												
	Inspección de alineamiento	12	100	250	350																																												
	Inspección de rodamientos	13	100	200	300																																												
	Cambio de Polines de retorno					7	100	600	700																																								
	Inspección de conexiones con el motor									7	20	25	45																																				
	Inspección de resortes					20	100	500	600					20	100	500	600					20	100	500	600																								
	Revisión de motor electrico	18	25	20	45					28	25	20	45					3	25	20	45					3	25	20	45																				
	Inspección y cambio de cardan					22	50	250	300																																								
	Inspección de Mallas (1er Nivel)									10	50	250	300															1	50	250	300																		
	Inspección de Mallas (2do Nivel)									10	50	250	300															1	50	250	300																		
	Inspección de Mallas (3er Nivel)									10	50	250	300															1	50	250	300																		
	Inspección de tornillería	25	100	75	175					12	100	75	175					3	100	75	175					15	100	75	175																				

Fuente: Elaboración propia

Capítulo VIII:

Análisis y comparación de equipos

Según lo visto anteriormente, se puede determinar que los equipos actualmente utilizados en la empresa, tienen muchas fallas ya que muchas de esas máquinas son importadas o compradas de empresas chinas o de segunda mano, dando como resultado que la planta tenga muchas perdidas al momento de realizar el proceso de mantenimiento.

Por este motivo, se va a realizar el análisis de otras marcas de forma descriptiva para así dar una pequeña comparación y con esto ver la posibilidad de implementar mejores equipos de trabajo así reduciendo los gastos y perdidas que se darán en el proceso productivo.

Para esto revisaremos los mismos equipos utilizados en la planta, pero analizando otras marcas y empresas que lo fabrican, tales como:

- Metso – Nordberg
- Universal – McLanahan
- Comesa

Estas serán las marcas que compararemos con la actual que es de Rexion, en el caso de las chancadoras de quijada.

Chancadoras de quijadas		
Marca	Comparación con la Chancadora de quijadas	País
Metso-Nordberg	Esta chancadora de quijadas, presenta las características de que sus placas de chancado y alimentación, al ser de material más resistente, en comparación con la otra chancadora, esto generara reducción en los gastos a tener en el mantenimiento.	Finlandia
Universal-Mclanahan	Estas chancadoras, en comparación con la actual, presenta una cámara de chancado mas profunda, que le permite tener mejor eficiencia en el proceso del chancado, además que poseen en su estructura una mejora, para reducir los desgastes y fallas que puedan producir mayor mantenimiento.	Estados Unidos
Comesa		Perú

Conclusiones

- La implementación de la faja transportadora, optimizó el circuito de chancado de la planta de agregados fondo del río, se minimizó el tiempo de paradas por mantenimiento.
- Se pudo determinar las fallas y sus principales causas, así como las consecuencias generadas por estas, las cuales afectaban la producción.
- Los diseños y propuestas que se han implementado lograron reducir las paradas por atascamiento y tiempos de transporte de materias en el proceso de chancado.
- El plan de mantenimiento permitió a la planta tener un mejor control del mantenimiento preventivo, reduciendo así fallas que requieran reparaciones y produzcan largos periodos de paradas, permitiendo a su vez el uso de indicadores para poder evaluar los beneficios de generados por su implementación. Se incrementó la disponibilidad de planta de un 83.46% a un 88.97% , lo cual es un incremento de 5.51% .

Recomendaciones

- Se encuentran problemas de atascos de material en la trituradora de mandíbulas, para eliminar estos atascos es necesario clasificar el material hasta diez pulgadas de tamaño como máximo
- La implementación de fajas transportadoras, implica un incremento de peligro para personal que opere y trabaje cerca a estos equipos, se debe tener en cuenta el tema de seguridad.
- El mantenimiento de los equipos genera una adquisición de stock de repuestos, es necesario construir una bodega amplia que nos permite almacenar los repuestos que puedan necesitarse en la planta de agregados.
- El uso de nuevos equipos implica una capacitación y habilitación respectiva para el personal a cargo de operar los equipos.
- La conectividad de los motores debe estar protegida, además las conexiones deben estar hermetizadas mediante estándares IP.
- Se deberá controlar los servicios implementados por el plan de mantenimiento para lograr los objetivos, en caso contrario la inversión no generará resultados.
- Poner mucho énfasis en el tema de seguridad, la planta de agregados fundo alto del rio solo cuenta con señalización la cual no es no muy adecuada para para este tipo de procesos, no cuenta con la suficiente logística de seguridad y salud ocupacional pertinente; falta darle mayor énfasis a esta parte para prevenir futuros accidentes.

Bibliografía

- Acevedo R, H., & Guerra T., R. (2005). Factibilidad técnica y económica de la explotación de un yacimiento de Caliza en la Región Metropolitana. Santiago.
- Garcés Sánchez, F. (2013). El Granito. España.
- Aguirre Zaquinaula, N. (2013). *Estudio de las vibraciones de una chancadora de Quijada, del Laboratorio de Ingeniería de Minas de la PUCP*. Lima.
- Alca Huamani, E., Maldonado Candela, R. J., & Reátegui García, D. (2015). *Propuesta de mejora en la producción de un planta de concreto*. Lima: Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
- B.W.D., Y., W. S, M., & C., G. (S.F.). *Atlas De Rocas Metamórficas Y Sus Texturas*. Mexico.
- Carrasco Huaman, N. (2017). *Calculos Y Diseño Para La Fabricacion De Una Hidro-Zaranda Para La Recuperacion De Finos En La Minería*. Arequipa.
- CONTITECH. (S.F.). Mnuual de ingenierías Bandas transportadoras.
- Duque Escobar, G. (2017). *Manual de Geología para ingenieros*. Colombia.
- Esquerria Serna, A., & Castro Hernandez, D. (2018). *Basalto Como Agregado En Concreto Para Construcción De Bermas Y Cunetas En Vías Terciarias*. Colombia.
- Gamonal de la Torre, R. A. (2017). *Diseño De Una Máquina Chancadora De Piedra De 40 Tn/Hr, Para La Producción De Agregado De Construcción En La Empresa Hpm Ubicada En El Distrito De Chiclayo, Provincia De Chiclayo, Departamento De Lambayeque*. Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.

- Gaspar Balta, R. (2014). *Evaluación De Las Fajas Transportadoras Para El Incremento En La Capacidad De Carga Del Circuito Conveyor En Shougang Hierro Perú S.A.A. .* Huancayo.
- Gutierrez Barriga, F. W. (2014). *Propuesta de optimizacion de la produccion en la planta de agregados core material de la empresa concretos SUPREMIX S.A.-Proyecto CVPUE mediante la tecnica de simulacion.* Arequipa.
- Huamani Valencia, E. (2014). *Tecnologia De Bandas Transportadoras.* Arequipa.
- Jabbour, G., Márquez, R., & Guerra, I. (2009). Un modelo para la clasificación de areniscas s.
- Ladera Saldaña, I. (2018). *Mantenimiento preventivo de la planta de agregados, en la Empresa Concremax S.A. del Proyecto Toromocho.* Huancayo.
- Ladera Saldaña, I. A. (2018). *Mantenimiento Preventivo De La Planta De Agregados, En La Empresa Concremax S.A. Del Proyecto Toromocho.* Huancayo.
- Lopez, J., & Bellos, L. (2006). *Texturas y Estructuras de las Rocas Igneas: Significado Petrológico e Implicancias en las Condiciones de Formacion de las Rocas.*
- Méndez , J. (2008). *Caracteristicas Geologicas Y Geoquimicas De Dolomitas, Dolomias Y Otras Facies Calcareas Del Cretacico Y Holoceno.* Venezuela.
- Meza Requena, Y. (2019). *Mantenimiento De La Planta Terex E150p Para La Producción De Asfalto En El Proyecto Del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú-Brasil.* Huancayo.

- Meza Requena, Y. (2019). *Mantenimiento De La Planta Terex E150p Para La Producción De Asfalto En El Proyecto Del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú-Brasil*. Huancayo.
- Montoya Marquez, L. A. (2015). *Optimización De Los Procesos En El Área De Mantenimiento Para Mejorar La Productividad De Una Planta Productora De Cemento Portland*. Arequipa: Universidad Católica Santa María.
- Montoya Marquez, L. A. (2015). *Optimización De Los Procesos En El Área De Mantenimiento Para Mejorar La Productividad De Una Planta Productora De Cemento Portland*. Arequipa: Universidad Católica Santa María.
- Orellana Flores, A. M. (2013). *Optimización De Indicadores De Mantenimiento Para Incrementar La Productividad En La Planta Chancadora De Agregados De La Empresa Multicosailor • Iscaycruz*. Huancayo.
- Parisaca Valdez, C. O. (2015). *Evaluación del circuito de chancado y optimización de su performance de planta de oxidos tintaya - antapaccay*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.
- TECSUP . (2017). *Manual de herramientas para la gestión de mantenimiento*.
- TECSUP VIRTUAL. (2017). *Gestión de mantenimiento*.
- TEREX. (2014). *Manual de Zarandas*.
- Vallejo Velásquez, J. (2014). *MANUAL DE GEOLOGÍA*. Colombia.

Anexos

Anexo 01 Especificaciones Trituradora de Mandíbula



PE trituradora de mandíbula



La serie del producto tiene las características tales como el cociente grande del machacamiento, la fineza uniforme de granos, la estructura simple, el funcionamiento confiable, el mantenimiento fácil y el coste económico de operación y así sucesivamente. Se utiliza ampliamente para muchos los campos tales como la minería, la fundición, los materiales de construcción, las carreteras, los ferrocarriles, la conservación del agua, la industria química y así sucesivamente que se dedica a la pulverización de todos los materiales con la fuerza compresiva aplastante no es más de 350 MPa y esté es el equipo preferido de aplastamiento inicial para el sistema completo de la línea de machacamiento.

Ventajas y características

- Placa de palanca corta
- Bajasuspensión
- Ángulo de la oscilación grande
- Vida larga de servicios

Main Technical Parameters

Modelo	Dimensión depuertade laingestión (mm×mm)	Tamaño máximo de granulosidad de alimentación (mm)	Capacidad de procesamiento fuerte (t/h)	Velocidad del eje excéntrico (r/min)	Potenciadel motor (kW)	Alcancedelajustede puerta deladescarga (mm)	Peso (t)
PE-250×400	250×400	210	5-30	300	15	20-60	2.8
PE-400×600	400×600	340	16-85	275	30	40-100	6.5
PE-500×750	500×750	425	45-130	275	55	50-100	10.1
PE-600×900	600×900	500	50-160	250	55-75	65-160	15.5
PE-750×1060	750×1060	630	52-180	250	110	80-140	28
PE-800×1060	800×1060	650	85-185	250	110	100-200	30
PE-870×1060	870×1060	670	181-210	250	110	200-260	30.5
PE-900×1200	900×1200	750	140-280	200	110-132	195-265	50
PE-1000×1200	1000×1200	850	160-390	200	110-132	195-265	51
PE-1200×1500	1200×1500	1020	300-780	180	160	150-300	100.9
PEX-250×750	250×750	210	8-30	330	22	25-60	4.9
PEX-250×1000	250×1000	210	16-68	330	30-37	25-60	6.5
PEX-250×1200	250×1200	210	20-78	330	37	25-60	7.7
PEX-300×1300	300×1300	250	20-118	330	55	20-90	11

5
www.athegsurperu.com

Anexo 02 Formatos

Tabla 39

Registro diario de Actividades

PLANTA DE AGREGADOS					
REGISTRO DIARIO DE ACTIVIDADES					
Fecha:		Inspector:		Elaborado:	
Movilización:				Conductor:	
Otros:					
MAQUINARIA					
HOROMETRO		INICIAL		FINAL	
Combustible					
Repuestos					
Adquisiciones					
Jornada de Trabajo					
	Horas Trabajo		Suplementarias		Extraordinarias
PRODUCCIÓN					
Material Recibido:		Material Triturado:			
Novedades:					
MATERIAL DE PRODUCCIÓN					
Tonelaje:		Destino:			
Novedades:					
PERSONAL A CARGO					
Trabajadores		Administrador:		Operador	
Novedades:					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:					

Fuente. Elaboración propia

Tabla 40

Informe de Análisis de Averías

PLANTA DE AGREGADOS			
INFORME DE ANALISIS DE AVERIAS			
Fecha:		Inspector:	Elaborado:
Movilización:			Conductor:
Otros:			
PROBLEMA			
Selección del Sistema			
Identificación del problema			
Características del Problema			
CAUSAS			
ANALISIS			
Análisis	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
Tipo de Análisis			
DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN:			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 41

Informe de Producción

PLANTA DE AGREGADOS										
INFORMA DE PRODUCCIÓN										
Revisor por:		Aprobado por:		Elaborado por:		Fecha:		Fecha:		
Fecha	MATERIAL INGRESADO PIEDRA	EGRESO DE MATERIAL (POLVO)	EGRESO DE MATERIAL BALASTO	EGRESO MATERIAL (3/4 ")	SUMATORIA DE TIEMPOS DE FALLA Y PERCANCES	TIEMPO DE TRABAJO	BALASTO PRODUCIDO	PRODUC CÓN 3/4"	POLVO PRODUCIDO	
UNIDAD	m3	m3	m3	m3	Hfs.	Hfs.	m3	m3	m3	
TOTAL										

Tabla 42*Formato de Orden de Trabajo (OT)*

ORDEN DE TRABAJO			
PLANTA DE AGREGADOS			
TALLER MECÁNICO			NRO:
Solicitado por:			
Autorizado por:			
Fecha de Pedido:			
DESCRIPCIÓN DE TAREA			
Realizado Por:			
REPUESTOS REQUERIDOS			
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	
TRABAJADORES INVOLUCRADOS			
HERRAMIENTAS UTILIZADAS			
OBSERVACIONES			

Fuente. Elaboración propia

Tabla 43

Puntos de inspección de trituradora de mandíbulas

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		PM-00	
RE-MT-000-000			
Versión : 001 / Año 2020		Nro(hrs):	
EQUIPO	CRUSHER	TIME ESTIMADO	
MARCA		MECÁNICO	
INICIO		FECHA	
FIN		HORÓMETRO	
ACTIVIDADES PRELIMINARES AL MANTENIMIENTO			OBSERVACIÓN
1	Llenar ATS		
2	Usar equipo de protección personal		
3	Ubicar equipo de forma estable		
4	Apagar equipo		
5	Realizar bloqueo (candado y tarjeta de bloqueo)		
6	Aplicar bloqueos y/o rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos		
7	Acordone el área de trabajo con cinta y conos de seguridad		
MATERIALES E INSUMOS		Código EDP	Número de Parte
Unit	Cantidad	(✓)	
1	Trapo industrial		
2	Grasa		
3	Filtro de combustible		
4	Filtro de combustible racor		
5	Filtro separador de agua		
6	Aceite de motor		
7	Filtro de aceite de motor		
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (✓)	V. ENCONTRADO
RECOMENDACIÓN			
Crusher			
Muelas Fijas			
1	Inspección de estado muelas		
2	Reparación de zonas dañadas		
3	Reemplazo de muelas		
4	Inspección de dureza de material		
Muelas Móviles			
1	Inspección de estado muelas		
2	Reparación de zonas dañadas		
3	Reemplazo de muelas		
4	Inspección de dureza de material		
Motor Eléctrico			
6	Inspección de conexiones eléctricas		
7	Inspección de alineamiento de conexión		
8	Inspección fugas de energía		
9	Revisión de cables sulfatados		
10	Inspección de aseguramiento de cables		
11	Cambio de conectores finales		
12	Revisión de condensador de arranque		
13	Inspección de bobinado		
14	Engrase de partes móviles		
15	Limpieza de estator y rotor		
16	Inspección de base de soporte de motor		
	Inspección de faja de transmisión		
Reductor			
17	Inspección de conexiones eléctricas		
18	Inspección de alineamiento de conexión		
Guardas de Seguridad			
21	Inspección estructural de guardas		
22	Cambio de enmallado por daños		
23	Inspección de espacios protegidos		
24	Inspección de posible caída de material		
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO			
1	Retirar el rotulado y bloqueos después de terminado el trabajo		
2	Inspeccionar que se instalaron todas las guardas de protección que se retiraron		
3	Verificar ausencia de personal para el arranque del equipo		
5	Inspeccionar y descartar posibles fugas		
6	Llenar la documentación necesaria archivar e informar		
CONTROL AMBIENTAL			
1	Recolectar piezas inservibles en un lugar apropiado, para su posterior desecho.		
2	Levantar y clasificar todos los elementos inflamables		
4	Recuperar el aceite usado en cilindros.		
5	Evitar y controlar derrames de aceite.		
OBSERVACIONES			
CARGO	NOBRE Y APELLIDO	CONFORMIDAD	PROYECTO
Operador de equipo			
Mecánico a Cargo del PM			
Residente de proyecto			
Supervisor mantto			
Gestor de mantenimiento			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Informe de Mantenimiento preventivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		PM-00				
RE-MT-000-000						
Versión : 001 / Año 2020		Revisión:				
EQUIPO: CRUSHER	TIENE ESTIMADO:					
MARCA:	MECÁNICO: L. Huarcaya					
INICIO: 07:00 hrs	FECHA: 26-06-2020					
FIN: 18:20 hrs	HORÓMETRO: 9642					
ACTIVIDADES PRELIMINARES AL MANTENIMIENTO			OBSERVACIÓN			
1	Llenar ATS					
2	Usar equipo de protección personal					
3	Ubicar equipo de forma estable					
4	Ajugar equipo					
5	Realizar bloqueos (candado y tarjeta de bloqueo)					
6	Aplicar bloques y/o rótulos individuales a los controles, interruptores, válvulas y otros dispositivos					
7	Acordarse el área de trabajo con cinta y conos de seguridad					
MATERIALES E INSUMOS		Código EDP	Número de Parte	Unid.	Cantidad	(✓)
1	Grasa industrial			Kg	9.33	
2	Grasa			lit		
3	Filtro de combustible			Pea		
4	Filtro de combustible rasor			Pea		
5	Filtro separador de agua			Pea		
6	Aceite de motor			lit		
7	Filtro de aceite de motor			Pea		
DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD		REALIZADO (✓)	V. ENCONTRADO	RECOMENDACIÓN		
Crusher						
Muecas Fijas						
1	Inspección de estado muecas	✓				
2	Reparación de zonas dañadas	✓				
3	Reemplazo de muecas	✓				
4	Inspección de dureza de material	✓				
Muecas Móviles						
1	Inspección de estado muecas	✓				
2	Reparación de zonas dañadas	✓				
3	Reemplazo de muecas	✓				
4	Inspección de dureza de material	✓				
Motor Eléctrico						
6	Inspección de conexiones eléctricas	✓				
7	Inspección de alineamiento de conexión	✓				
8	Inspección fugas de energía	✓				
9	Revisión de cables sueltos	✓				
10	Inspección de aseguramiento de cables	✓				
11	Cambio de conectores finales	✓				
12	Revisión de condensador de arranque	✓				
13	Inspección de bobinados	✓				
14	Engrase de partes móviles	✓				
15	Limpieza de estator y rotor	✓				
16	Inspección de base de soporte de motor	✓				
	Inspección de faja de transmisión	✓				
Reductor						
17	Inspección de conexiones eléctricas	✓				
18	Inspección de alineamiento de conexión	✓				
Guardas de Seguridad						
21	Inspección estructural de guardas	✓				
22	Cambio de esmalado por daños	✓				
23	Inspección de espacios protegidos	✓				
24	Inspección de posible caída de material	✓				
ACTIVIDADES POSTERIORES AL MANTENIMIENTO						
1	Retirar el candado y bloques después de terminado el trabajo					
2	Inspeccionar que se instalara todas las guardas de protección que se retiraron					
3	Verificar asistencia de personal para el arranque del equipo					
4	Inspeccionar y descartar posibles fugas					
5	Llenar la documentación necesaria archivar e informar					
CONTROL AMBIENTAL						
1	Reciclar piezas inservibles en un lugar apropiado, para su posterior desecho.					
2	Levantar y clasificar todos los elementos inflamables					
3	Recusar el aceite usado en cilindros					
4	Evitar y controlar derrames de aceite.					
OBSERVACIONES						
CARGO	NOBRE Y APELLIDO	CONFORMIDAD	PROYECTO			
Operador de equipo						
Mecánico a Cargo del PM	Lino Huarcaya Galdo	Conforme				
Residente de proyecto						
Supervisor mantenimiento	Jaime Santibañan S.	✓				
Gestor de mantenimiento						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 45

Informe de orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO		
PLANTA DE AGREGADOS		
TALLER MECÁNICO		NRO:
Solicitado por:		
Autorizado por:		
Fecha de Pedido:		
DESCRIPCIÓN DE TAREA		
Realizado Por:	Revisión y Engrase G. Gonzalo	
REPUESTOS REQUERIDOS		
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD
	Polea 18" lachos posteriores	03
TRABAJADORES INVOLUCRADOS		
G. Gonzalo	Tec. Mec.	
J. Zurita	Tec Mec.	
HERRAMIENTAS UTILIZADAS		
OBSERVACIONES		
Se realiza revision de manera visual, en centrando los perfiles en los rodamientos		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46

Informe de planta de agregados

PLANTA DE AGREGADOS					
REGISTRO DIARIO DE ACTIVIDADES					
Fecha:	30-06-2020	Insoector:	J Santisteban	Elaborado:	
Revisión:				Conductor:	
Otros:					
MAQUINARIA					
HOROMETRO	9880	INICIAL	30-06-2020	FINAL	30-06-2020
Combustible					
Repuestos					
Adquisiciones					
Jornada de Trabajo					
10hrs	Horas Trabajo		Suplementarias		Extraordinarias
PRODUCCIÓN					
Material Recibido:	60 TN	Material Triturado:	30 TN		
Novedades:	Ninguna				
MATERIAL DE PRODUCCIÓN					
Tonelaje:		Destino:			
Novedades:					
PERSONAL A CARGO					
Trabajadores		Administrador		Operador	
Novedades:					
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO:					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47

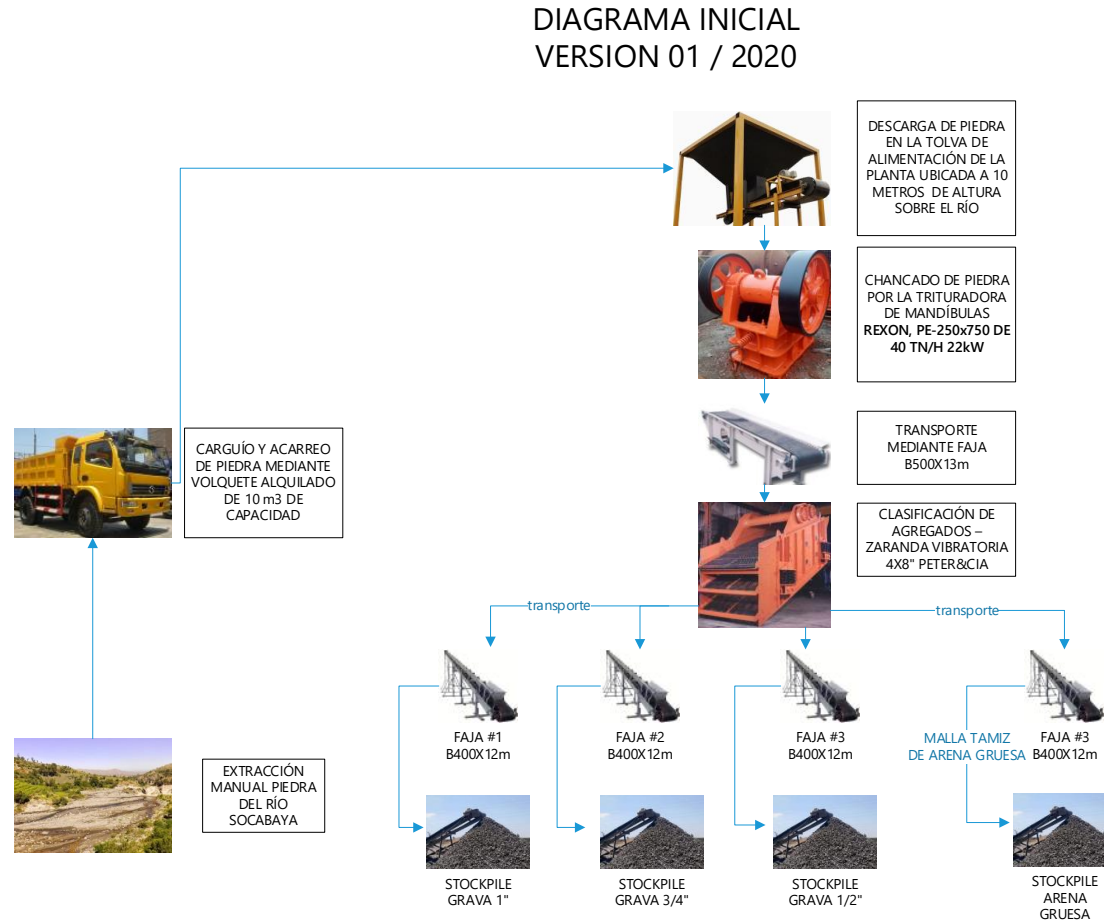
Informe de Análisis de Averías

PLANTA DE AGREGADOS			
INFORME DE ANALISIS DE AVERIAS			
Fecha:	25-05-2020	Inspector:	C. Quispe
Movilización:		Elaborado:	
Otros:		Conductor:	
PRORI FMA			
Selección del Sistema			
Identificación del problema	Obstrucción por material, sobresale.		
Características del Problema	Mala manipulación del equipo		
CAUSAS			
Exceso de material			
ANALISIS			
Análisis	1	Falta de capacitación a los operarios	
	2		
	3	Mejora en la limpieza y	
	4	mantenimiento de cubiertas de	
	5	entrada	
Tipo de Análisis			
DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN:			
Limpieza, ajuste y alineamiento			

Fuente: Elaboración propia

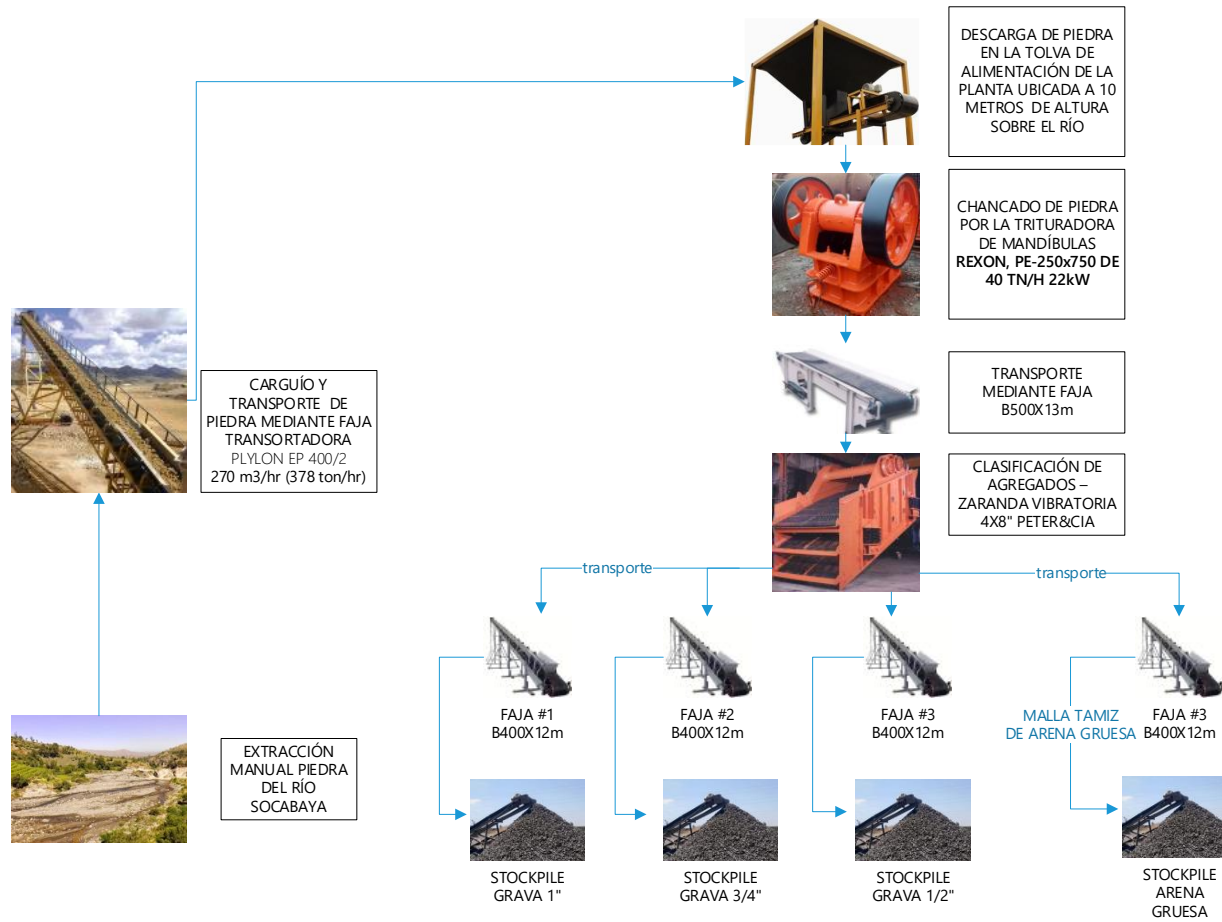
Figura 41.

Diagramas de flujo Inicial y Final (propuesta de diseño de faja transportadora para reemplazo de transporte mediante volquetes de material)



Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA FINAL PROPUESTO VERSION 01 / 2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 42.

Plano de la Planta de Agregados Fundo alto del Río Socabaya – Plano Esquemático

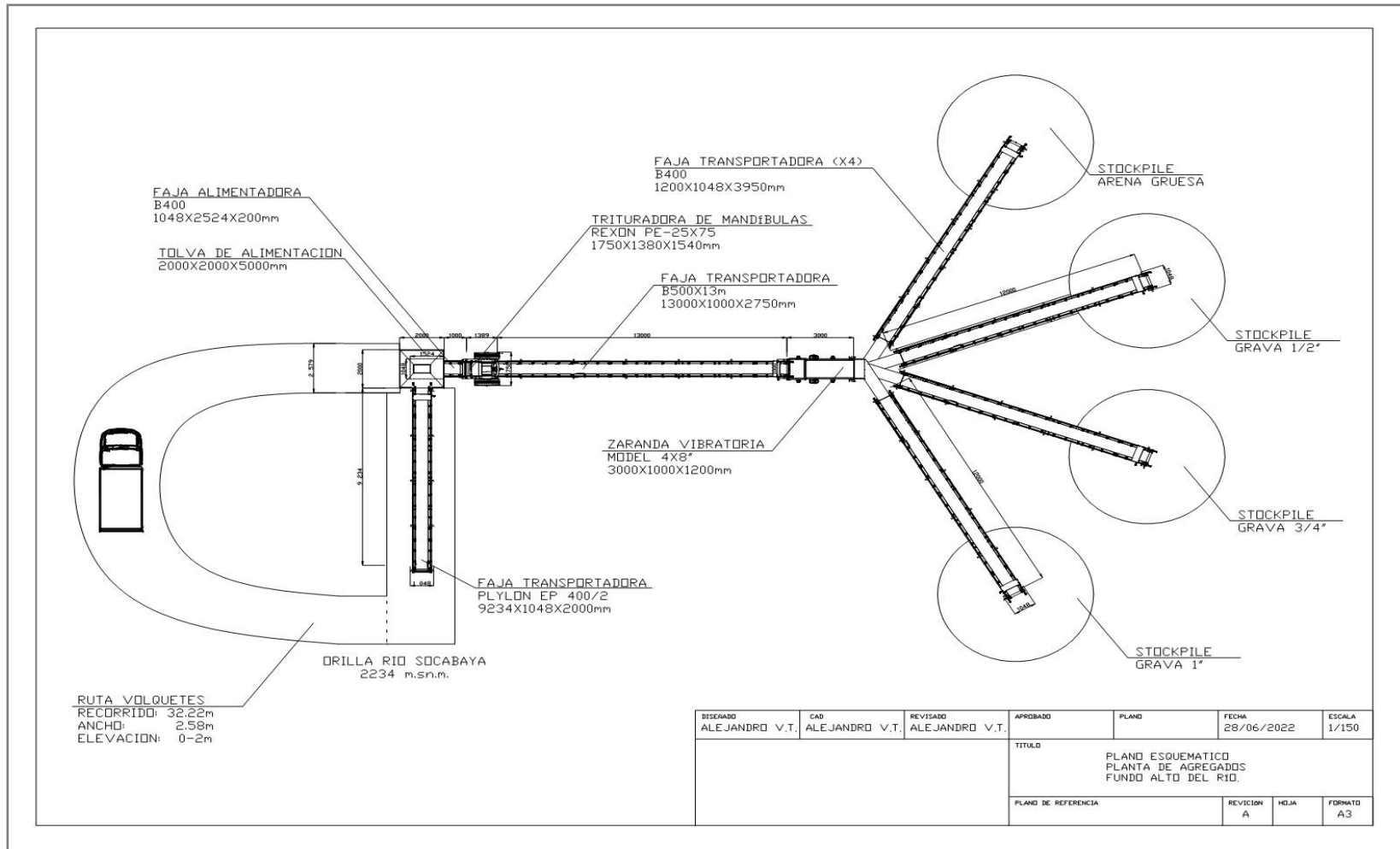


Figura 43.

Plano de la Planta de Agregados Fundo alto del Río Socabaya – Vista Isométrica

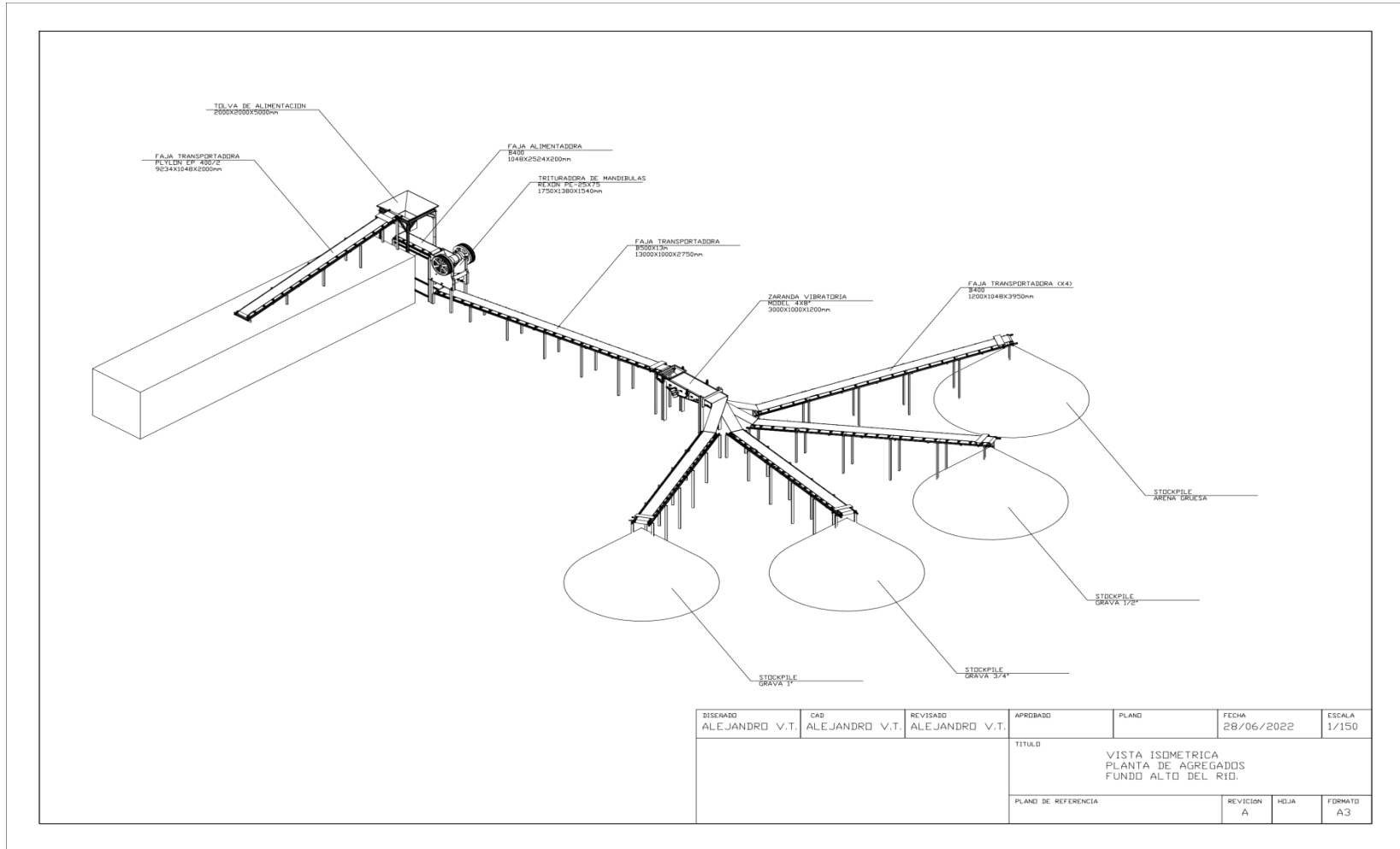


Figura 44.

Plano de la Planta de Agregados Fundo alto del Río Socabaya – Vista Superior

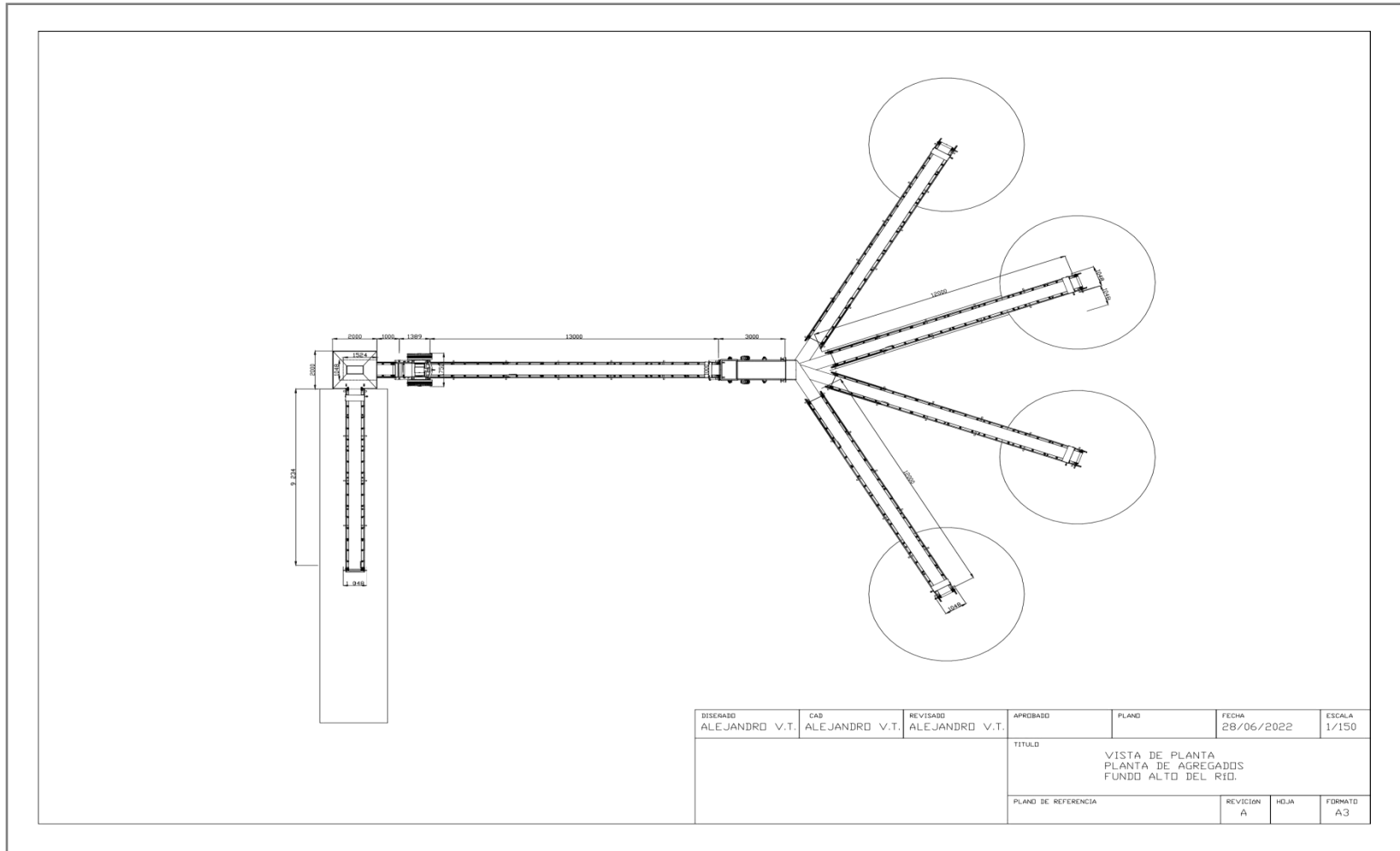


Figura 45.

Plano de la Planta de Agregados Fundo alto del Río Socabaya – Vista Lateral Izquierda

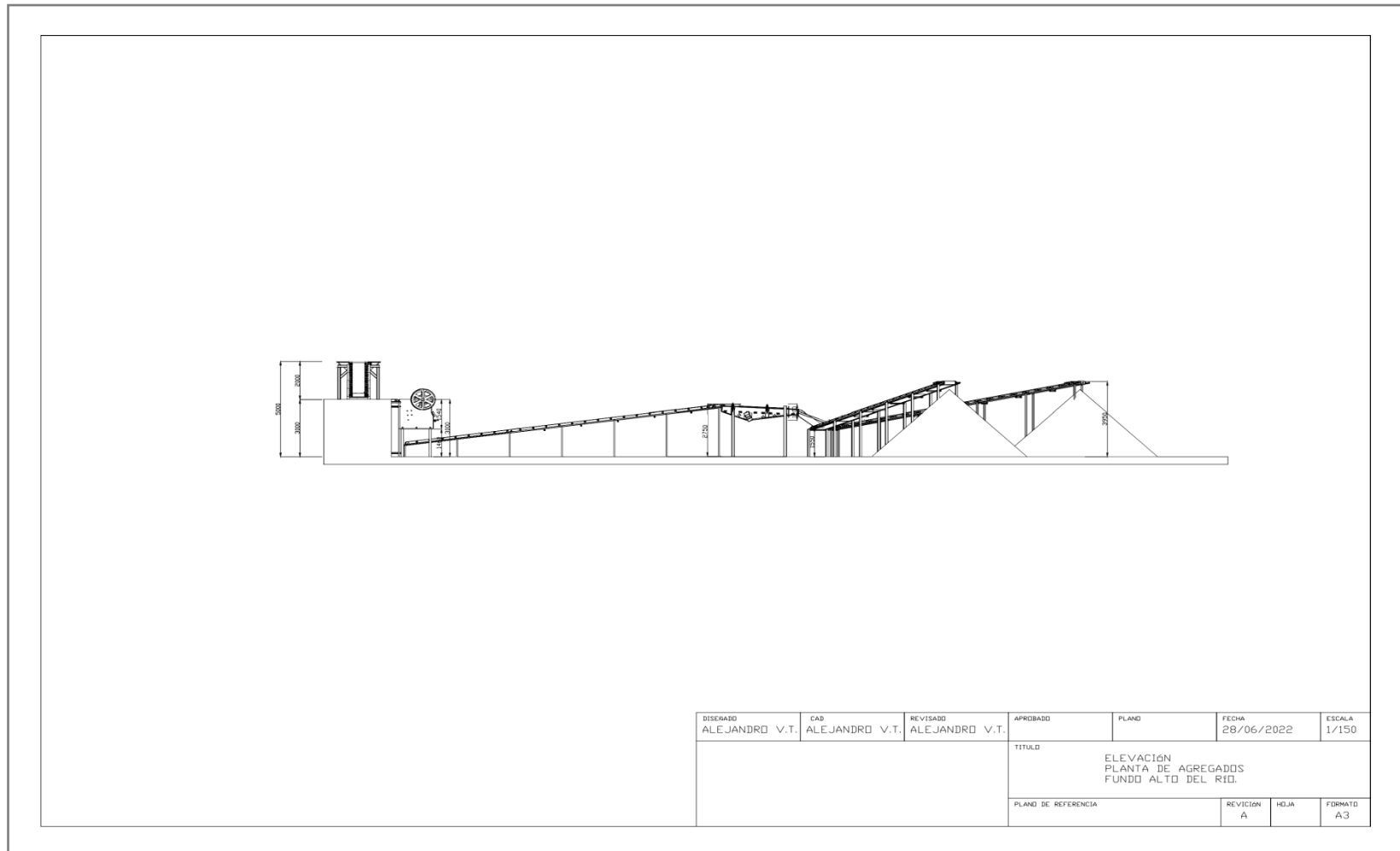
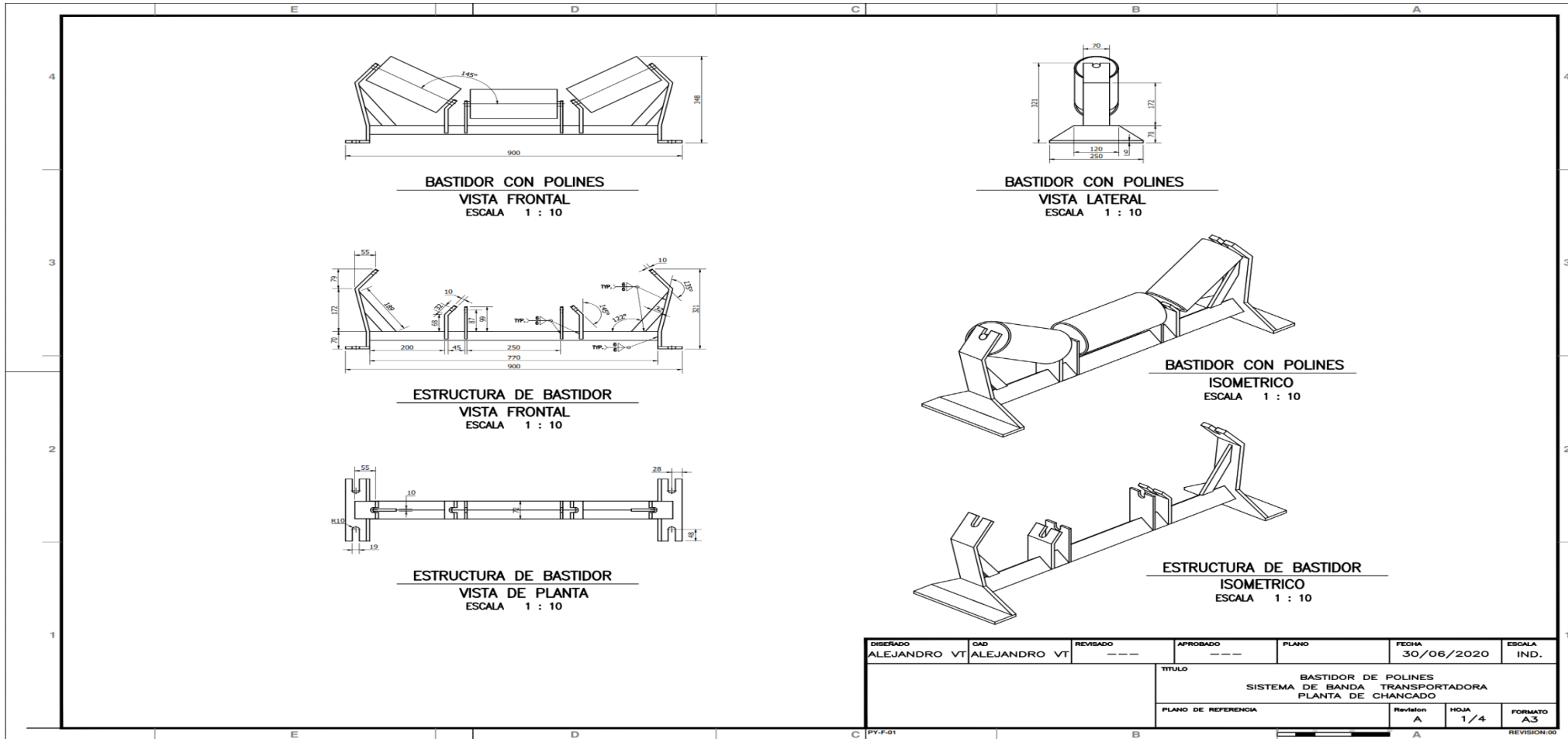


Figura 46.

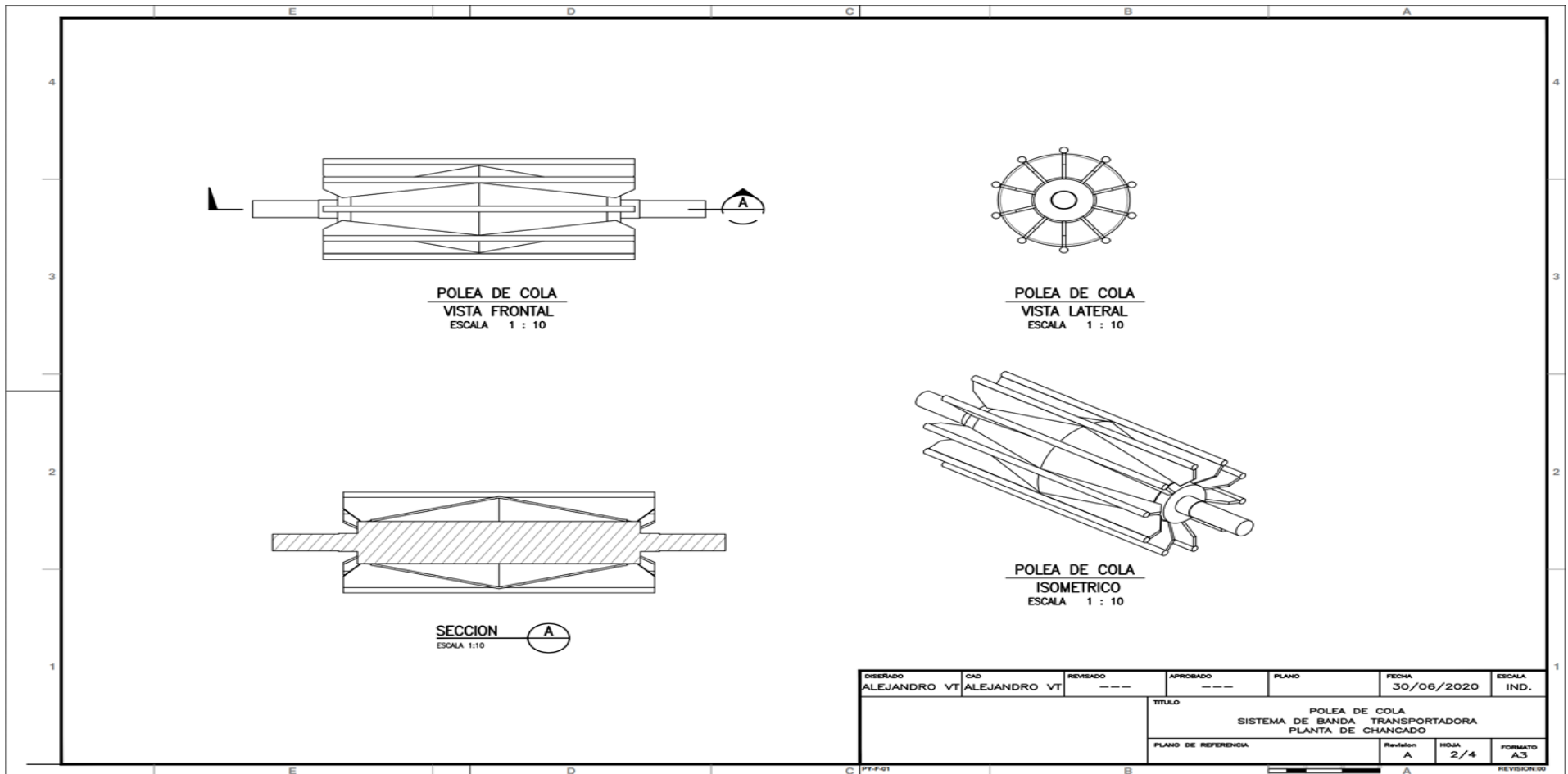
Plano de bastidor de polines - Sistema de banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 47.

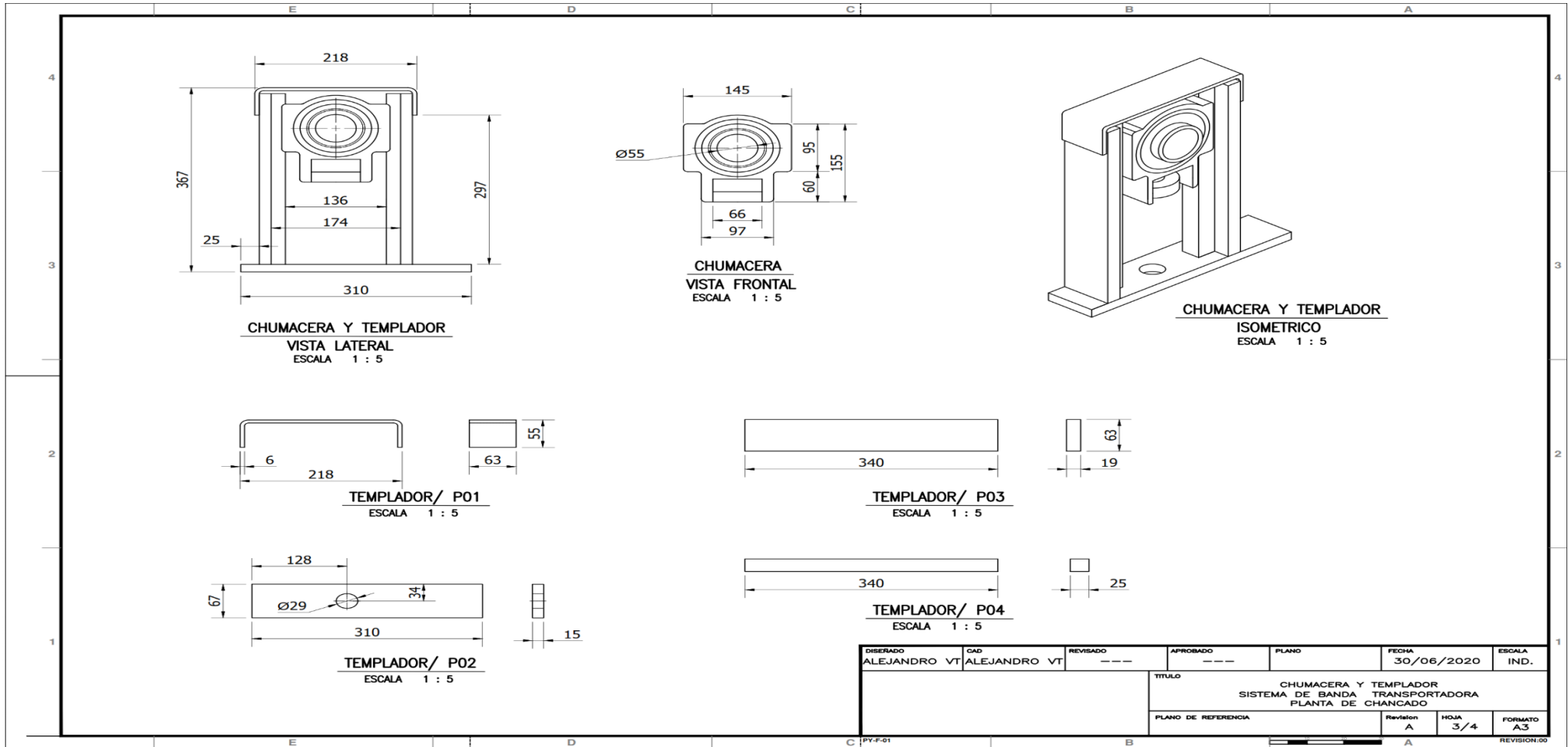
Plano de polea de cola - Sistema de banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 48.

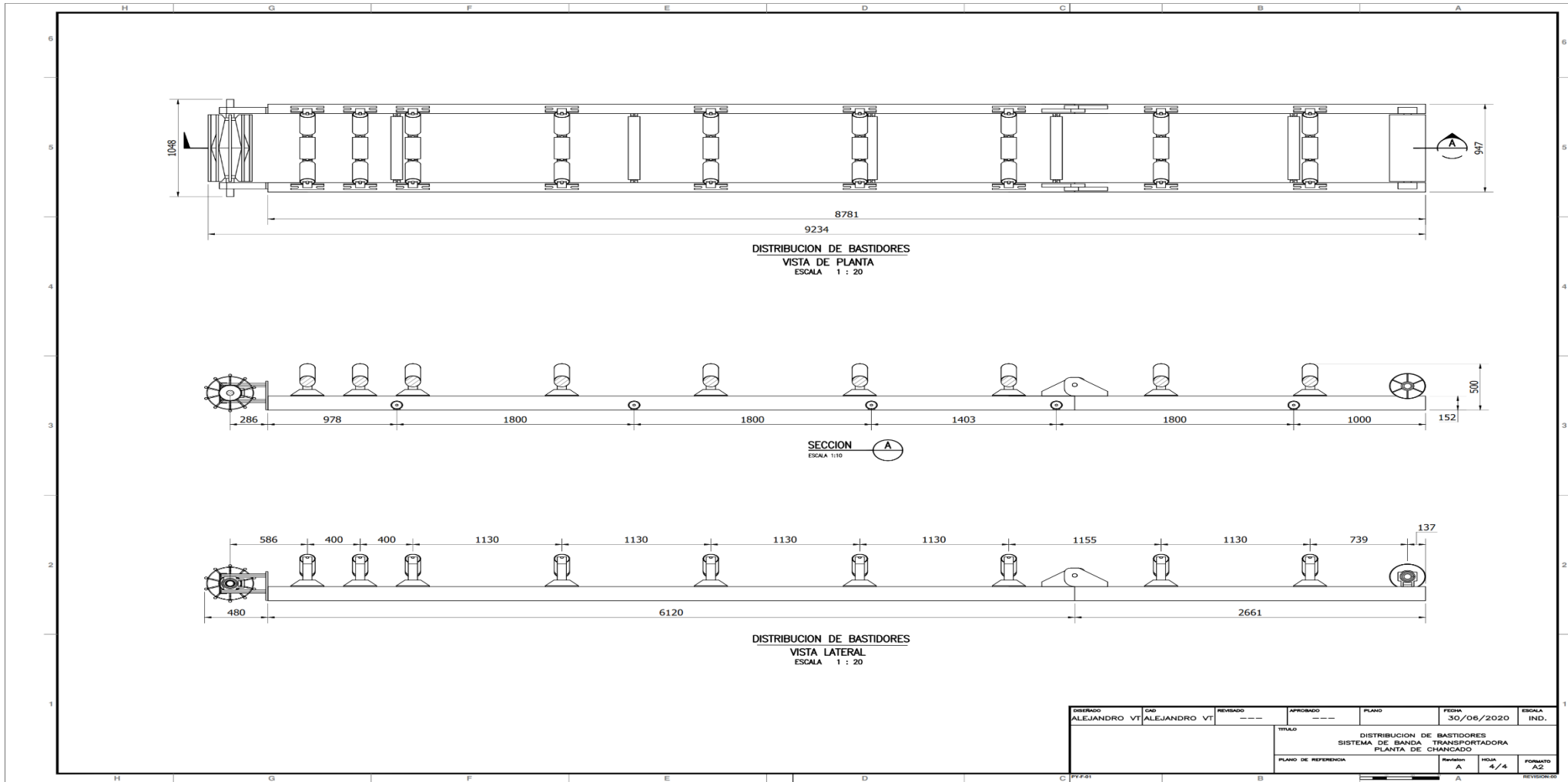
Plano de polea de cola - Sistema de banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 49.

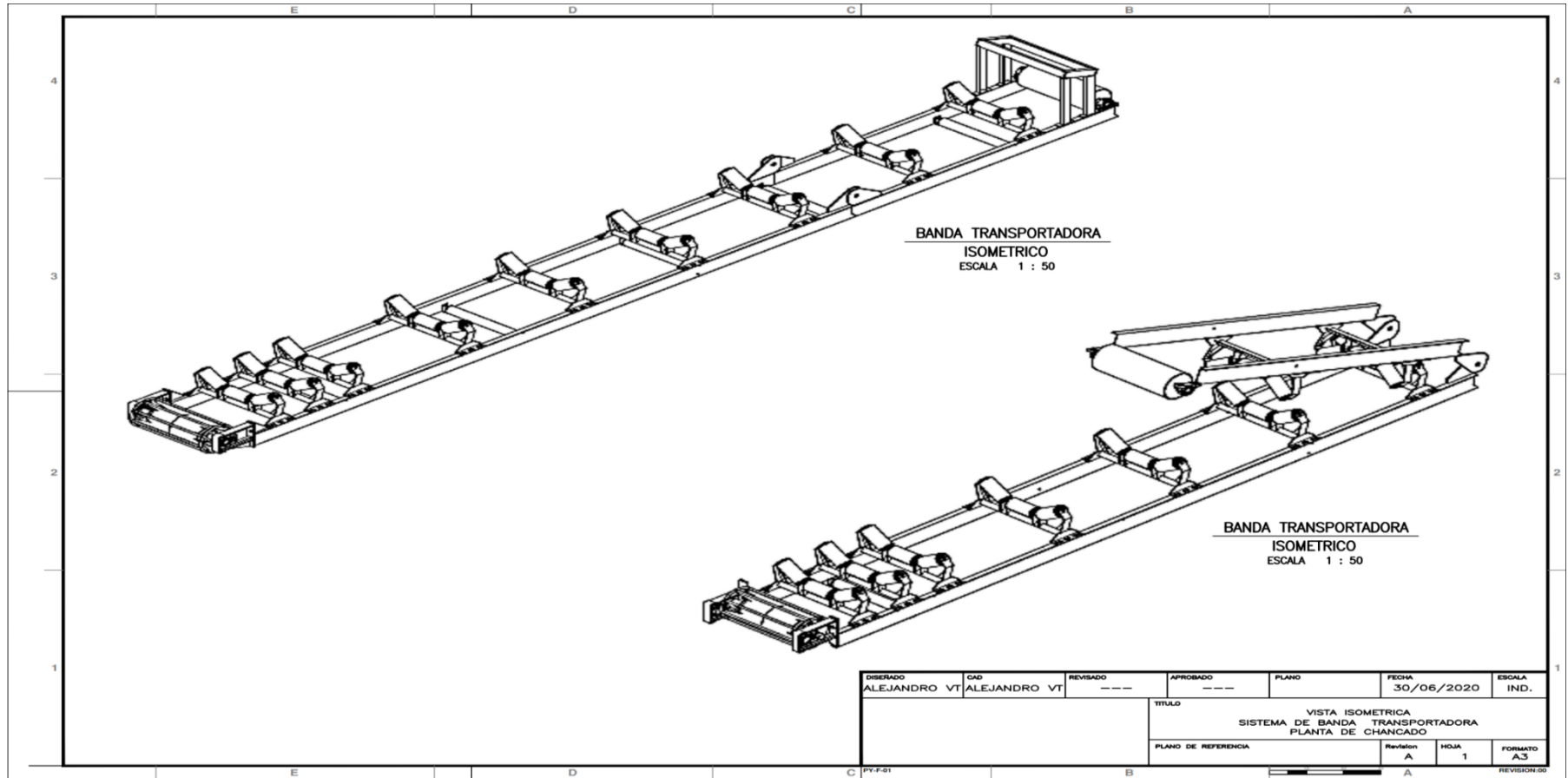
Sistema de banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 50.

Sistema de banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Figura 51.

Rodillo de banda transportadora

DIRTEX RODILLOS DE FABRICACION ESTANDAR

	FORMAS	NOMENCLATURA	APLICACIONES
RODILLOS TRIPLES		CNT	Carga Normal Triple
		CIT	Carga Impacto Triple
		CAT	Carga Autoalineante Triple
RODILLOS SIMPLES		CNS	Carga Normal Simple
		CIS	Carga Impacto Simple
		CAS	Carga Autoalineante Simple
RODILLOS DE RETORNO		RNS	Retorno Normal Simple
		RAS	Retorno Autoalineante Simple
		RDP	Retorno Discos Pesados
		RVD	Retorno "V" Discos Pesados
ESPECIALES		RAD	Retorno Autoalineante Discos
		CGT	Carga Garland Triple
EL EJECUCION		CTT	Carga Transición Triple
		CNE	Carga Normal con Eje
		CIE	Carga Impacto con Eje

*Reservados para licencia y propiedad y marca gélida de rodillos importados

DATOS PARA IDENTIFICACION (EJEMPLO)

IMPORTANTE:
Al hacer un pedido, indique "Juegos" cuando además de él o los rodillos incluyen soportes o bastidores.

DIRTEX		LISTA DE RODILLOS DE FABRICACION ESTANDAR				
SERVICIO	SERIE	Clase "DIRTEX"	Diámetro Ø Rodillo (Pulg.)	Ø Rodillo (mm)	Ejes Ø (mm)	Anchura (mm)
Liviano	LB	B	3.5	90	17	18 x 40
			4.5	114		
			4.5	114		
Mediano	MC	C	5.0	127	20	18 x 80
			6.0	152		
Mayor	MD	D	6.0	152	25/20	24 x 72
			6.0	152		
Mayor Plus	MP	DIRTEX	6.0	152	25	30 x 72
			7.0	178		
Pesado	PE	E	8.0	202	30	36 x 96
			7.0	178		
Pesado Super	PSF	F	7.0	178	40	30 x 96
			8.0	202		

* Conveyor Equipment Manufacturers Association - U.S.A.

SUMINCO

SOCIEDAD ANONIMA

DIRTEX

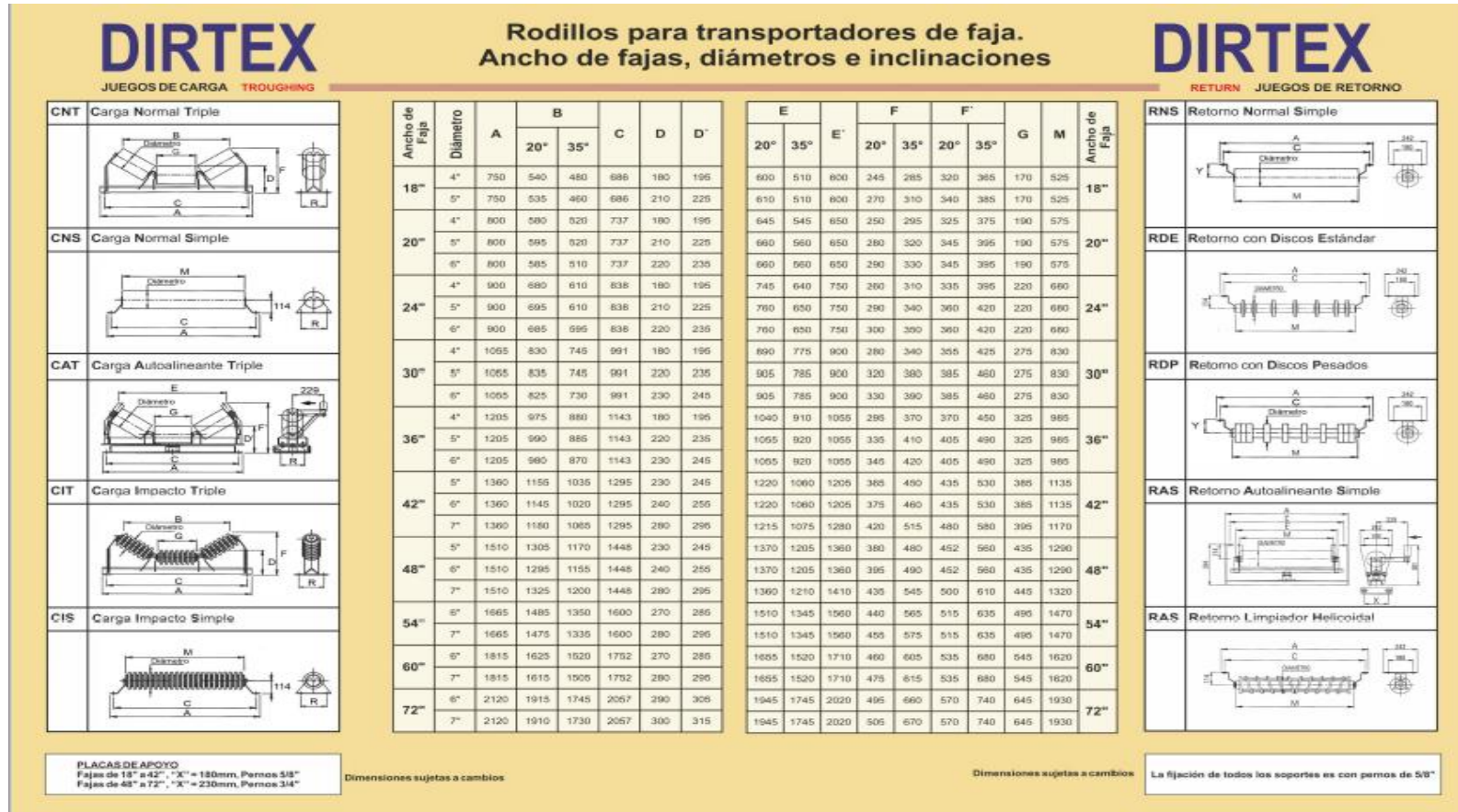
RODILLOS PARA TRANSPORTADORES DE FAJA

Handling® POLEAS, LIMPIADORES, CUBIERTAS, TENSORES DE FABRICACIÓN ESTANDAR

Fuente: DIRTEX

Figura 52.

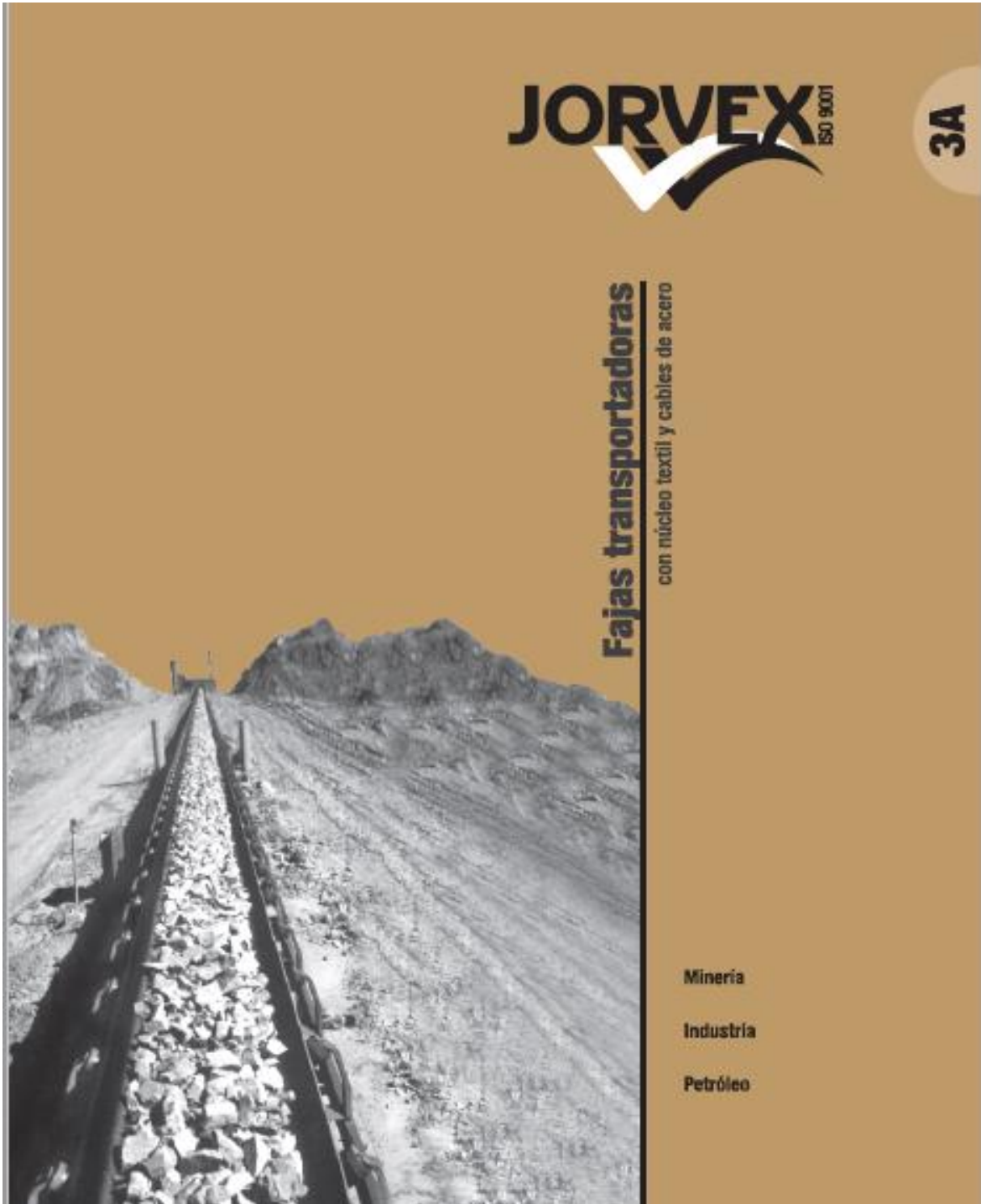
Rodillo de banda transportadora



Fuente: DIRTEX

Figura 53.

Especificaciones técnicas de faja transportadora



Fuente: JORVEX

Figura 54.

Estructura de las fajas transportadoras 1

Estructura de las Fajas Transportadoras

La estructura de una faja es sencilla. La observación de una sección de faja muestra el conjunto de tejidos superpuestos, protegido, normalmente, por sus caras libres, con coberturas protectoras.

El número de tejidos—comúnmente llamados “Lanas” y su tipo, así como el espesor y naturaleza de las coberturas, determinan las características de la faja.



- 1) Cubierta Superior
- 2) Núcleo (Lanas)
- 3) Capas elásticas intermedias
- 4) Cubierta inferior
- 5) Borde (moldeado cementado)

TEJIDO

El tejido está destinado a absorber los esfuerzos longitudinales y transversales a que está sometida la faja. Por tanto, las características del mismo, tipo de fibra utilizado en su textura, resistencia mecánica de las fibras, peso, etcétera, son determinantes de las posibilidades de aplicación de la faja.

El progreso técnico-industrial ha acelerado enormemente la oportunidad de adoptar fibras textiles, naturales o sintéticas, que, debidamente combinadas, dan lugar a tejidos que poseen las características idóneas para su utilización en la fabricación de fajas transportadoras.

COBERTURA

Tiene como misión, tal como se ha indicado anteriormente, proteger el conjunto de tejidos superpuestos contra la acción del material transportado, asegurar el rozamiento necesario entre la faja y el tambor motor, y entre la faja y el material transportado. Por la primera razón, el recubrimiento de la parte superior de la faja es siempre de espesor superior al de la cara inferior, la cual no está en contacto con el material transportado.

El material que forma las coberturas de las fajas ha ido evolucionando paralelamente con el descubrimiento de nuevos compuestos y con las necesidades, cada vez más exigentes, de las empresas usuarias.

Criterio de Selección de una Faja Transportadora

En definitiva, el empleo del tipo adecuado de la faja será un factor decisivo en la valoración global de una instalación, pero para llegar a establecer cuál es en cada caso el tipo correcto de faja, habrá sido preciso considerar una serie de factores.

PRODUCTO A TRANSPORTAR

Es obvio que lo primero a considerar es si el transportador está diseñado para transportar cargas aisladas o bien productos a granel.

En el caso de cargas aisladas, es importante considerar el posible rozamiento entre faja y producto transportado.

Si se trata de transportar productos a granel son datos imprescindibles a tener en cuenta: el peso específico aparente del material a transportar, su granulometría, su configuración y dureza; características que incidirán de forma directísima en el comportamiento de la faja en puntos tan comprometidos como, por ejemplo, las zonas de carga y descarga.

Fuente: JORVEX

Figura 55.

Estructura de las fajas transportadoras 2

Fajas transportadoras



CAPACIDAD DE TRANSPORTE

En segundo lugar deberá valorarse adecuadamente la cantidad de producto que se desea transportar por período de tiempo; habitualmente se especifica en t/h para productos a granel. La especificación para cargas aisladas no está firmemente establecida, dependiendo del tipo y frecuencia de cargas. No obstante, y en cualquier caso, este dato es primordial para la determinación del tipo a emplear.

La determinación de la capacidad de transporte exige manipular adecuadamente los valores de la velocidad deseada, el ancho de la inclinación del transportador, la configuración de la cuna de deslizamiento y desde luego, el peso específico aparentemente del material a transportar.

TENSIÓN DE TRABAJO

La Faja de un transportador está sometida a una serie de esfuerzos que deben ser absorbidos por la resistencia de la propia faja.

Aparte del peso del material a transportar destacamos entre estos esfuerzos por su relevancia:

- El peso propio de la faja.
- Los rozamientos de los elementos móviles del transportador.
- Los rozamientos con la cuna de deslizamiento.
- Los eventuales rascadores, faldones, desvíos, etc.
- Las cargas y descargas.

Cada uno de estos esfuerzos debe ser cuidadosamente valorado y la suma de todos ellos nos indicará el esfuerzo total a que está sometida la faja trabajando en pleno rendimiento.

Dividiendo este esfuerzo total por el ancho de la faja se obtiene la “tensión de trabajo”, parámetro expresado generalmente en PIW que establece de forma concreta la resistencia mecánica que debe tener la faja que se está estudiando.

CARACTERÍSTICAS DE LA COBERTURA

Por último, la cobertura de la faja sufre un cúmulo de agresiones provocadas por los fenómenos físicos y químicos que intervienen en un transporte del tipo que estudiamos, y que son originados no sólo por las características del elemento a transportar, sino por las del ambiente que rodea la instalación y por las características técnicas del transportador.

Señalamos los más importantes:

FENÓMENOS FÍSICOS

Térmicos
Temperatura del producto a transportar, Temperatura ambiente.

Mecánicos
Abrasión por la acción del producto a transportar.
Adherencia entre la cobertura y el producto a transportar, que provoca variaciones de alineación de la faja. Flexión por el obligado enrollamiento en los tambores de envío y motor y eventualmente, en contrarrollos o desvíos, que someten a la faja y a su cobertura a un esfuerzo de fatiga, que determina de forma irreversible su duración. Es imprescindible respetar siempre los diámetros mínimos de enrollamiento. Los ácidos, aceites, grasas, sales, humedad, hidrocarburos, detergentes.
Como puede verse, la elección de una faja exige una decisión fruto del estudio de todos los problemas o condicionantes que concurren en el caso.

Fuente: JORVEX

Figura 56.

Estructura de las fajas transportadoras 3

FENÓMENOS QUÍMICOS

Tienen siempre su origen en la acción agresiva del ambiente o del producto transportado sobre la faja y en especial sobre su cobertura.

Aparentes ahorros iniciales suelen traducirse en mayores costos a medio o largo plazo, pues si el tipo de faja aplicado no es el correcto, sólo la sustitución total de la faja es una solución eficaz.

03. PLYLON® / PLYLON EP®

Informaciones y características Técnicas de las fajas transportadoras PLYLON®/ PLYLON EP®

1. REDUCIDO ESTIRAMIENTO

Por el hecho de poseer hilos de gran tenacidad, en el sentido longitudinal en la construcción de las carcasa, las Fajas PLYLON EP® presentan un reducido estiramiento. Lo cual permite su utilización en transportes más largos.

2. MAYOR CAPACIDAD DE CARGA

Las Fajas transportadoras PLYLON® / PLYLON EP® son construidas de tejidos sumamente resistentes; portando una capa extra de goma entre las telas. Lo cual permite un soporte mayor de carga, aún en grandes anchas.

3. MAYOR FLEXIBILIDAD: DIÁMETROS DE POLEAS REDUCIDAS

Por resistir a las elevadas tensiones de trabajo con menor número de telas, estas Fajas presentan flexibilidad mayor. Consecuentemente, pueden trabajar con poleas de diámetro menores, lo cual resultará en una economía mayor que significa un costo inicial más bajo del equipo.

4. MEJOR ACANALAMIENTO

Debido a la construcción de su carcasa de nylon / nylon y poliéster / nylon, las Fajas transportadoras PLYLON® pueden transportar materiales con mayor peso específico en poleas de carga hasta 45°.

5. MAYOR ADHESIÓN

Debido al tratamiento de las telas por el proceso exclusivo ST, por tener una camada extra de goma entre las mismas, las Fajas PLYLON® presentan excelente adhesión entre sus componentes. Exhibiendo la ventaja de no presentar separación entre las telas cubiertas / telas.

6. GRAN RESISTENCIA A LOS CORTES

Debido a la consistencia de su tejido, estas Fajas poseen una excelente resistencia a cortes y daños producidos por la eventual penetración de algún material entre la correa y la polea.

7. EXCELENTE RESISTENCIA A LOS IMPACTOS

En virtud del tipo de construcción de su carcasa, las Fajas Transportadoras PLYLON® poseen una gran resistencia a los impactos, sin la necesidad del uso de Breakers o tejidos auxiliares, en las condiciones normales de diseño y operación, bajo las cuales han sido especificadas.

8. GRAN RESISTENCIA A LA HUMEDAD

Ya que su carcasa está construida de poliéster y nylon y siendo ambos materiales totalmente resistentes a la humedad, las Fajas Transportadoras PLYLON® son totalmente impermeables al paso de la humedad. Por lo tanto, no existe la posibilidad de que la carcasa se llegue a deteriorar.

Fuente: JORVEX

Figura 57.

Informe técnico sobre la faja transportadora



Fajas transportadoras

SERIE EP 125

INFORMACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON				
Tipo PLYLON®		EP 250/2	EP 400/3	EP 500/4
Número de telas		2	3	4
Empalmes mecánicos	kN/m de ancho	23.0	35.0	46.0
	lb/pul de ancho	131.0	200.0	263.0
Empalmes vulcanizados	kN/m de ancho	25.0	40.0	50.0
	lb/pul de ancho	143.0	228.0	286.0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	3.0	4.7	6.4
	Lb/m2	0.6	0.9	1.3
Peso de Cubierta 1/32 pul				
Espeor B o stacker	Kg/m2	0.9	0.9	0.9
Espesor de la carcasa	mm	2.1	3.3	4.5
	pulg	0.1	0.1	0.2
Indice de impacto	Lb-pulg	3200	4700	5400

Obs.: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet.

ANCHO MÁXIMO DE LA FAJA PARA POLINES DE CARGA HASTA 45'						
Tipo PLYLON®		EP 250/2		EP 400/3		EP 500/4
Kg/ m3	lb/ft3	mm	pul	mm	pul	mm pul
0-730	0-45	800	32	1050	42	1200 48
730-1690	45-105	650	26	1000	40	1050 42
1690-2650	105-165	500	10	800	32	900 36
2650-3300	165-200	450	18	650	26	750 30

Fuente: JORVEX

Figura 58.

Ancho mínimo de la banda transportadora



Fuente: JORVEX

Figura 59.

Ancho máximo de la banda transportadora

INFORMACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON						
Tipo PLYLON®		EP 315/2	EP 500/3	EP 630/4	EP 800/5	EP 1000/6
Número de telas		2	3	4	5	6
Empalmes mecánicos	kN/m de ancho	28.0	42.0	56.0	70.0	84.0
	lb/pul de ancho	160.0	240.0	320.0	400.0	480.0
Empalmes vulcanizados	kN/m de ancho	34.0	52.0	70.0	88.0	106.0
	lb/pul de ancho	194.0	297.0	400.0	502.0	605.0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	4.4	5.9	6.7	8.5	10.3
	Lb/ft2	0.9	1.2	1.4	1.7	2.1
Peso de Cubierta 1/32 pul						
Espeor B o stacker	Kg/m2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Espeor de la carcasa	mm	3.8	4.4	4.7	6.1	7.4
	pulg	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
Índice de impacto						
	Lb-pulg	4300	5400	6500	7200	8000

Obs.: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet.

ANCHO MÁXIMO DE LA FAJA PARA POLINES DE CARGA HASTA 45°											
Tipo PLYLON®		EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP 800/3		EP 1000/6	
Kg/ m3	lb/ft3	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
0-730	0-45	1050	42	1200	48	1350	54	1500	60	1800	72
730-1690	45-105	900	36	1050	42	1200	48	1350	54	1600	63
1690-2650	105-165	750	30	900	36	1050	42	1200	48	1350	54
2650-3300	165-200	600	24	750	30	900	36	1050	42	1200	48

ANCHO MÍNIMO DE LA FAJA PARA ACANALAMIENTO SOBRE POLINES										
Tipo PLYLON®	EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP 800/3		EP 1000/6	
Ángulo de los polines	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
22°	300	12	500	20	600	24	700	28	750	30
35°	350	14	600	24	700	28	800	32	900	36
45°	500	20	750	30	800	32	900	36	1000	40

Fuente: JORVEX

Figura 60.

Diámetro mínimo de las poleas

DIÁMETRO MÍNIMO DE LA POLEA MOTRIZ EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN APLICADA										
Tipo PLYLON®	EP 315/2		EP 500/3		EP 630/4		EP 800/3		EP 1000/6	
Tensión	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
Más de 80%	400	16	450	18	500	20	600	24	750	30
Entre 60% y 80%	350	14	400	16	450	18	500	20	600	24
Entre 40% y 60%	300	12	350	14	400	16	450	18	500	20
Bajo de 40%	250	10	300	12	350	14	400	16	450	18
Poleas de cola y contacto	250	10	300	12	350	14	400	16	450	18

Fuente: JORVEX

Figura 61.

Informe técnico sobre la faja transportadora 2



SERIE EP 200						
INFORMACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON						
Tipo PLYLON®		EP 400/2	EP 630/3	EP 800/4	EP 1000/5	EP 1250/6
Número de talas		2	3	4	5	6
Empalmes mecánicos	kN/m de ancho	38.0	57.0	76.0	95.0	-
	lb/pul de ancho	220.0	330.0	440.0	560.0	-
Empalmes vulcanizados	kN/m de ancho	48.0	72.0	96.0	120.0	144.0
	lb/pul de ancho	270.0	405.0	540.0	675.0	822.0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m ²	4.9	6.1	6.4	8.1	8.8
	Lb/ft ²	1.0	1.2	1.3	1.6	2.0
Peso de cubierta 1/32 pul	Kg/m ²	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Espeesor de la stacker	mm	4.1	5.1	5.2	6.6	8.0
Espeesor de la carcasa	mm	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3
Índice de impacto	Lb-pulg	5400	6900	7600	8300	9000

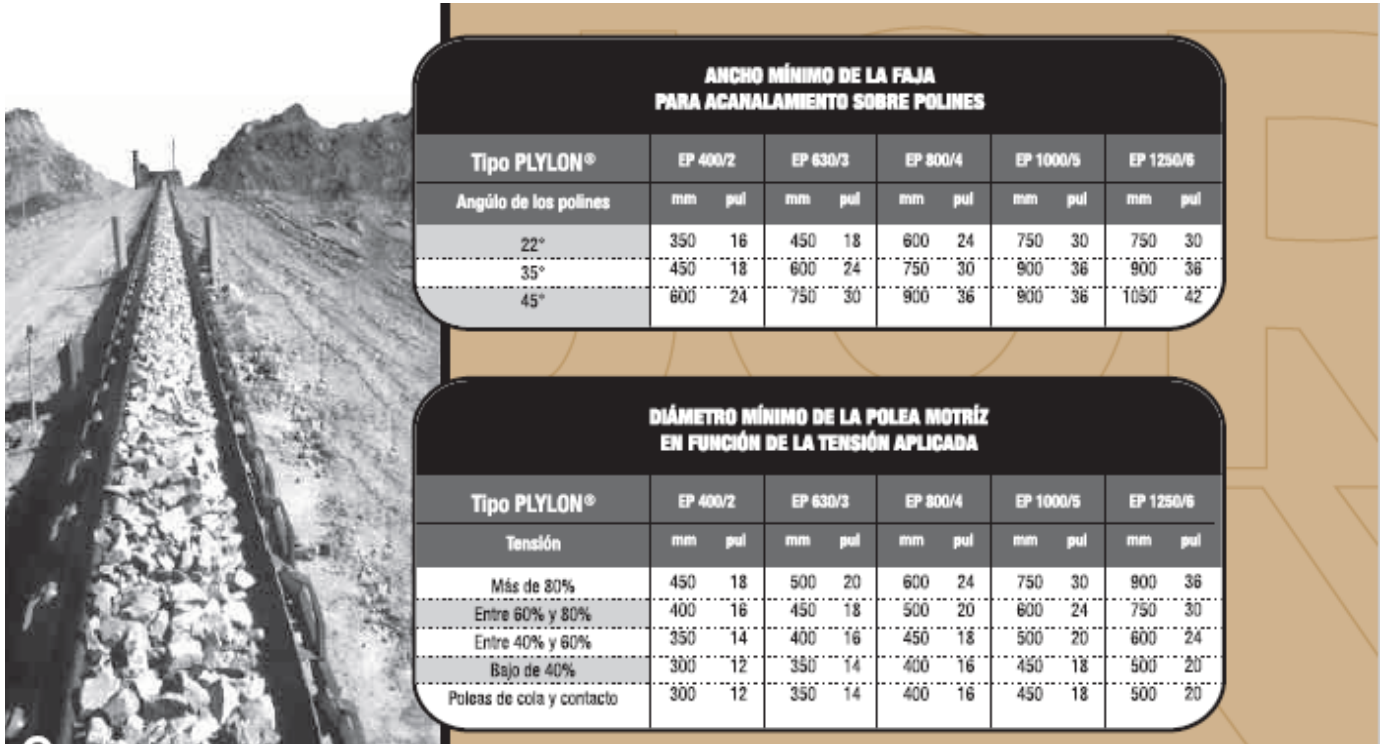
Obs.: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet.

ANCHO MÁXIMO DE LA FAJIA PARA POLINES DE CARGA HASTA 45°											
Tipo PLYLON®		EP 400/2	EP 630/3	EP 800/4	EP 1000/5	EP 1250/6					
Kg/ m ³	lb/ft ³	mm	pul	mm	pul	mm	pul				
0-730	0-45	1200	48	1600	63	1800	72	2200	84	2200	84
730-1690	45-105	1200	42	1500	60	1600	63	1800	72	2200	84
1690-2650	105-165	900	36	1350	54	1500	60	1600	63	1800	72
2650-3300	165-200	800	32	1200	48	1350	54	1500	60	1600	63

Fuente: JORVEX

Figura 62.

Ancho mínimo de la banda transportadora



Fuente: JORVEX

Figura 63.

Ancho máximo de la banda transportadora

SERIE EP 250						
INFORMACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS FAJAS TRANSPORTADORAS POLIESTER / NYLON						
Tipo PLYLON®		EP 500/2	EP 800/3	EP 1000/4	EP 1250/5	EP 1600/6
Número de telas		2	3	4	5	6
Empalmes mecánicos	kN/m de ancho	48.0	72.0	95.0	-	-
	lb/pul de ancho	280.0	411.0	540.0	-	-
Empalmes vulcanizados	kN/m de ancho	52.0	80.0	104.0	130.0	160.0
	lb/pul de ancho	300.0	457.0	600.0	750.0	914.0
Peso aproximado de la carcasa	Kg/m2	5.7	6.0	7.1	9.0	11.0
	Lb/ft2	1.2	1.3	1.4	1.8	2.2
Peso de Cubierta 1/32 pul						
Espeor B o stacker	Kg/m2	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Espeor de la carcasa	mm	4.6	5.3	5.6	7.1	8.6
	pulg	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
Índice de impacto	Lb-pulg	6500	8000	9000	9800	10500

Obs.: Para empalmes mecánicos, recomendamos las grampas Flexco, Minet.

ANCHO MÁXIMO DE LA FAJA PARA POLINES DE CARGA HASTA 45°											
Tipo PLYLON®		EP 500/2		EP 800/3		EP 1000/4		EP 1250/5		EP 1600/6	
Kg/ m3	lb/ft3	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
0-730	0-45	1200	48	1600	63	1800	72	2200	84	2200	84
730-1690	45-105	1200	48	1500	60	1600	63	1800	72	2200	84
1690-2650	105-165	1050	42	1350	54	1500	60	1600	63	1800	72
2650-3300	165-200	900	36	1200	48	1350	54	1500	60	1600	63

ANCHO MÍNIMO DE LA FAJA PARA ACANALAMIENTO SOBRE POLINES										
Tipo PLYLON®	EP 500/2		EP 800/3		EP 1000/4		EP 1250/5		EP 1600/6	
Ángulo de los polines	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
22°	450	18	600	24	750	30	900	36	-	36
35°	600	24	750	30	900	36	1000	40	1050	42
45°	750	30	900	36	1000	40	1050	42	1200	48

DIÁMETRO MÍNIMO DE LA POLEA MOTRÍZ EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN APLICADA										
Tipo PLYLON®	EP 500/2		EP 800/3		EP 1000/4		EP 1250/5		EP 1600/6	
Tensión	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul
Más de 80%	500	20	600	24	700	28	750	30	900	36
Entre 60% y 80%	450	18	500	20	600	24	650	26	750	30
Entre 40% y 60%	400	16	450	18	500	20	600	24	650	26
Bajo de 40%	350	14	400	16	450	18	500	20	600	24
Poleas de cola y contacto	350	14	400	16	450	18	500	20	600	24

Fuente: JORVEX

Figura 64.

Fajas transportadoras Flexsteel ST

Fajas transportadoras

Fajas transportadoras FLEXSTEEL ST

Un producto superior técnicamente

Durante más de 50 años, generaciones de ingenieros de Goodyear han participado en el diseño y la aplicación de fajas transportadoras reforzadas con acero. Esta experiencia acumulada se traduce en una de las más novedosas tecnologías, por la cual se obtiene un producto de diseño superior y un desempeño óptimo para nuestros clientes.

Las fajas transportadoras Flexsteel están hechas con tres componentes básicas, cada uno de los cuales es fundamental para el desempeño de la banda, a saber:

CABLE DE ACERO GALVANIZADO CON ZINC

Goodyear diseña y selecciona el cable que usa para la construcción con lo cual proporciona la mejor especificación para cada aplicación dada. Los cables, elaborados de múltiples filamentos de alambre, se construyen de manera que ofrecen una muy gran flexibilidad, estiramiento bajo y diseños de empalme de alta resistencia y gran eficiencia. El revestimiento de galvanizado de zinc ofrece un agente de enlace entre el cable y la goma aislante al tiempo que constituye una importante barrera contra la corrosión.

ALMA DE CAUCHO DE GOMA AISLANTE

La muy amplia experiencia de Goodyear en la tecnología de composición del caucho nos ha permitido desarrollar un caucho de enlace de goma aislante de calidad superior que penetra y se adhiere a los cables de acero, dando por resultado excelente capacidad de adhesión, resistencia a la corrosión y eficiencia en el empalme.

CUBIERTAS EXTERIORES DE CAUCHO

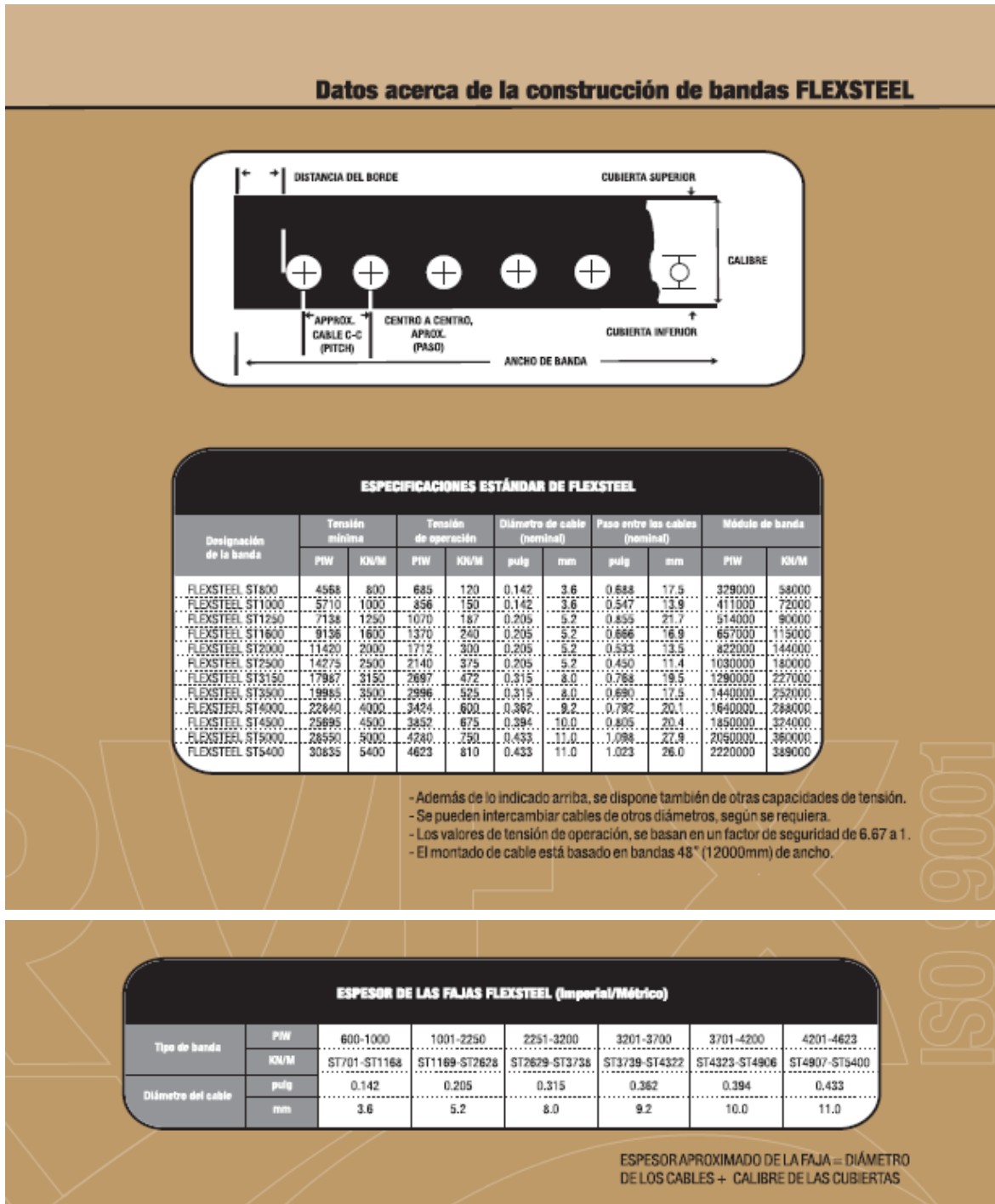
Los componentes de tecnología avanzada en las cubiertas superior e inferior de Goodyear están diseñados para proteger al miembro del cable de acero que le da a la banda su resistencia contra severas condiciones ambientales que se dan en la mayoría de las aplicaciones de transporte. Se dispone de componentes con resistencia especial contra la abrasión, las cortaduras irregulares, y los desgarramientos profundos, los altos impactos, las temperaturas bajo cero, el calor moderado, los efectos endurecedores del ozono y la propagación del fuego. Se dispone de componentes para servicios especiales que se usan en aplicaciones únicas tales como las arenas alquitranadas del Canadá que requieren de un componente que proteja tanto contra las bajas temperaturas como contra el aceite.

Los tres elementos de una banda transportadora Flexsteel:
Las cubiertas superior e inferior, la goma aislante y los cables de acero.

Fuente: JORVEX

Figura 65.

Dato de bandas transportadoras FLEXSTEEL



Fuente: JORVEX

Figura 66.

Síntomas en los sistemas de fajas transportadoras

Fajas transportadoras

Síntomas

Síntomas en los sistemas de fajas transportadoras

En el siguiente cuadro aparecen los diferentes síntomas que pueden presentar las fajas PLYLON® y las soluciones de acuerdo al cuadro de la página siguiente

A	SE DESCENTRA HACIA UNO DE LOS LADOS EN UN PUNTO ESPECÍFICO DEL TRANSPORTADOR.	5	4	1	2	3	44
B	SE DESCENTRA HACIA UNO DE LOS LADOS EN ALGUNOS PUNTOS ESPECÍFICOS DE LA FAJA. EL PROBLEMA VAJA A TRAVÉS DEL TRANSPORTADOR.	6	7				
C	SE DESCENTRA HACIA UNO DE LOS LADOS EN UNA GRAN EXTENSIÓN DEL TRANSPORTADOR O EN TODA SU LONGITUD.	39	8	5	1	2	3
D	SE DESCENTRA EN LOS POLINES DE RETORNO.	39	10	1			
E	SE DESALÍNEA EN LA POLEA MOTRIZ.	33	10	1	3		
F	SE DESLIZA SOBRE LA POLEA MOTRIZ.	34	33	31	10	4	
G	SE DESLIZA SOBRE LA POLEA MOTRIZ DURANTE LA PARTIDA.	34	31	33			
H	SE OBSERVA ESTIRAMIENTO EXCESIVO.	41	42	43	12	32	35
I	AGRIETAMIENTO DE LA CUBIERTA SUPERIOR.	13	14	15	16		
J	DESGASTE EXCESIVO Y PAREJO EN LA CUBIERTA SUPERIOR.	19	20	10	8	36	
K	DESGASTE SEVERO EN RODILLOS Y POLEAS.	4	9	10	17	11	27
L	RAMURAS O AGRIETAMIENTOS EN LA CUBIERTA INFERIOR.	4	10	9	33		
M	ENDURECIMIENTO O AGRIETAMIENTO DE LAS CUBIERTAS.	23	37				
N	LA CUBIERTA SUPERIOR PRESENTA ZONAS CON TEXTURA DIFERENTE MANCHAS O AGRIETAMIENTOS.	21					
O	EN LOS EMPALMES MÉCANICOS LA FAJA SE ROMPE ATRÁS DE LAS GRAPAS O ÉSTAS SE QUIEBRAN.	24	22	12	23		
P	EL EMPALME VULCANIZADO SUFRE DESLIZAMIENTO O FALLA.	38	30	12	17	25	
Q	DESGASTE EXCESIVO DE LOS CANTOS DE LA FAJA.	8	10	40	7		
R	ROTURAS TRANSVERSALES EN LOS CANTOS.	18	25	26			
S	RUPTURA LONGITUDINAL DEL NÚCLEO DE LA FAJA.	16	17				
T	SEPARACIÓN DE LAS TELAS DEL NÚCLEO.	29	30	23			
U	FATIGA LONGITUDINAL DEL NÚCLEO EN LA ZONA DE INTERSECCIÓN DE RODILLOS.	25	26	27	28	29	36
V	FORMACIÓN DE BURBUJAS BAJO LAS CUBIERTAS.	45	21				

Fuente: JORVEX

Figura 67.

Tipos de cubiertas



Fajas transportadoras



TIPOS DE CUBIERTAS

RMA Norma que distingue calidades de caucho con resistencias a la abrasión y corte (Rubber Manufactory Automotriz)

COMPUESTOS

A. RESISTENTES A LA ABRASIÓN

"Stacker" Presenta excelente resistencia al ácido, cortes, desgarros y abrasión. Óptimo rendimiento en el transporte de materiales con ángulos vivos, tales como minerales de hierro, manganeso, estaño cuarzo, etc. Formulada con caucho natural. Resiste a materiales con temperatura de hasta 65° (RMA-I). Índice de Abrasión 80 mm3.

"SURVIVOR RESISTENTE A LA ABRASIÓN" Compuesto con excelente resistencia a la abrasión (47 mm3 según ISO 4649 método B). Especialmente recomendado para minerales finos en correas de alta velocidad y/o ciclos cortos (alta frecuencia).

"Super 5" Excelente resistencia a la abrasión, cortes y desgarros. Óptimo desempeño en el transporte de materiales abrasivos que presente ángulos vivos, tales como pallets de material de hierro, manganeso, etc. Resiste materiales con temperaturas de hasta 65° C (Excede norma RMA-I). Índice de Abrasión 75 mm3.

"B" Óptima resistencia a cortes, desgarros y abrasión. Recomendada para materiales con abrasión media, tales como piedra, granito, escorias, arena, bauxita, carbón mineral, etc. Indicada también para usinas de cemento. Resistente a temperaturas de hasta 95° (RMA-II). Índice de Abrasión 100.

B. RESISTENTES A ACEITES

"Ors Chemigun" Recomendada donde exista la presencia de aceites minerales o vegetales. Resiste a temperaturas de hasta 80° C.

"Scor" Está especialmente compuesta para resistir la trementina contenida en las astillas de madera y moderadamente los granos oleosos tales como semillas de lino, algodón, maíz y soya. El compuesto Scor tiene conducción estática menor que un megohm de resistencia eléctrica. Su buena resistencia a la abrasión hace de esta correa, la indicada para transportar material moderadamente oleoso.

"MSHA SBR" El compuesto MSHA SBR está especialmente formulado par usarse en aplicaciones en las cuales se requieren correas transportadoras piroresistentes y autoextinguibles. El compuesto MSHA-SBR cuenta con la designación 28-3 de la secretaría de seguridad y salud en minas de EE.UU. Es comparable con el compuesto "B" en cuanto a la resistencia a la abrasión.

C. RESISTENTES A LA TEMPERATURA

"B740 A" Excelente calidad para resistir al transporte de materiales calientes y abrasivos, recomendada para ser usada en temperaturas de hasta 180° C para materiales aterronados y hasta 120° C para materiales desmenuzados o molidos.

"SOLAR SHIELD RESISTENTE A LA TEMPERATURA" Un compuesto con excelente resistencia a los materiales calientes. Indicada especialmente para transportar escoria de cemento y materiales similares que cubran la superficie de la correa y la expongan al calor de cocción. Bajo estas condiciones soporta temperaturas de hasta 200° C. Posee una camada especial de goma en el núcleo que proporciona buena flexibilidad.

Fuente: JORVEX

Figura 68.

Datos técnicos para diseño de banda transportadora

DATOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO BÁSICO DE EQUIPOS TRANSPORTADORES

IDENTIFICACIÓN

Empresa: _____ Fono: _____
 Equipo: _____ Fax: _____
 Contacto: _____ E-mail: _____

PERFIL DEL TRANSPORTADOR

Dibuje el perfil del transportador indicando las cotas en los cambios de inclinación y altura, largos de tramos, ubicación del sistema móvil y ubicación de las poleas y contrapesos a la posición de accesorios importantes.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

Descripción: _____

Densidad: t/m³ Humedad: %
 Temperatura: °C Tamaño máximo: mm
 Agresividad química: _____ Ángulo de reposo: °

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES

Capacidad: T/MH Altura total: m
 Velocidad(*): m/s Dist. Entre centros: m
 Ancho de la correa: mm Tipo de tensor (*): Gravitacional (G):
 Ángulo de inclinación: ° Tornillo (T):

REVISIÓN DE LA SELECCIÓN DE CORREAS EN OPERACIÓN

Potencia instalada (*) Hp Diámetro de polea móvil: mm
 Ángulo de abrazamiento: ° Revestimiento polea móvil: Sí No
 Menor diám. Poleas deflectoras: mm Tipo de poleas: _____
 Ángulo de poleas: ° Máxima tensión de operación: kN/m PW

***ESPECIFICACIONES DE LA CORREA INSTALADA**

Ancho: mm pulg
 Capacidad de tensión: kN/m PW
 Espesores de cubierta: x mm x mm x pulg x pulg
 Tipo de cubierta: _____ Tipo de carita: _____
 Longitud de correa: m (incluye largo para empalmes)

(*) Datos indispensables para evaluar la correa en operación

Fuente: JORVEX

Figura 69.

Certificación para bandas transportadoras

JORVEX
S.R.L.

Certificación ISO 9001:2000

JORVEX Y COMPAÑÍA S.R.L. es reconocida en el mercado peruano como líder en la distribución y comercialización de productos de calidad y garantía, en el sector minero, pesquero, petrolero, de construcción, eléctrico, metal-mecánico e industria en general.

Desde 1971 compartimos con nuestros clientes la evolución y crecimiento de nuestra empresa, servicios y productos.

Los cables y conductores eléctricos han sido el pilar de nuestra línea de comercialización, luego incluimos los cables de acero, conductores de aluminio, cables de potencia, fajas transportadoras, tuberías de PVC, y polietileno. Hemos crecido inaugurando agencias en Arequipa, Chimbote y Chiclayo, y mantenemos un sostenido crecimiento.

Cantamos con un stock permanente en todos nuestros productos para una rápida atención.

Nuestros clientes reciben como valor agregado a su compra, asesoría técnica, calidad competitiva al mejor precio y financiamiento del mercado.

Nuestra filosofía está orientada a la satisfacción total del cliente. Logro conseguido gracias al compromiso de la gerencia y a nuestra cultura organizacional que promueve la innovación y el aprendizaje continuo de nuestros trabajadores.

Ubicación de oficinas y almacenes

- Lima**
Av. Tingo María 311 Breña
Tel.: (01) 417-0100,
Fax : (01) 431-3374
e-mail: ventas@jorvex.com
web: www.jorvex.com
Av. Argentina 1069 Lima
Teléfono (01) 433-5503.
- Arequipa**
Francisco La Rosa Calle 13 Mz. 1
Lote A-2
Parque Industrial
Teléfono: (054) 285-509 / 288-305
e-mail: arequipa@jorvex.com
- Chimbote**
Enrique Meiggs 1217
Tel.: (043) 351-980,
Fax : (043) 352-141
e-mail: chimbote@jorvex.com
- Chiclayo**
Francisco Cúneo Salazar 801
Urb. Palanca
Tel.: (074) 270192
Fax : (074) 227780
e-mail: chiclayo@jorvex.com

www.jorvex.com

Alcance de la certificación:
Comercialización de conductores eléctricos, cables de acero y aluminos, tuberías de PVC y polietileno y fajas transportadoras - Otros cables.

ISO 9001
Net

Fuente: JORVEX

Figura 70.

Rodillo y poleas de banda transportadora





CHANCADORA DE QUIJADA MARCA: REXON MODELO: PE-250X750

ESPECIFICACIONES CARACTERISTICAS Y FICHA TECNICA

Modelo: PEX-250 × 750

Apertura de alimentación (mm) 250 × 750

Max tamaño de alimentación (mm) 210

Rango de ajuste de la abertura de descarga (mm) 25 – 60

Capacidad de procesamiento (t / h) 13 – 35

Velocidad de rotación del eje excéntrico (r / min) 330

Potencia del motor (kw) 6P 22

Peso total (t) 5.5

Dimensiones(L × W × H) (mm) 1380 × 1750 × 1540

-- --